

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО.
БИОЛОГИЯ. ХИМИЯ
Научный журнал

Том 1 (67), № 2

Журнал «Ученые записки Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия»
является историческим правопреемником журнала «Ученые записки
Таврического университета», который издается с 1918 г.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2015

Печатается по решению Ученого совета Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 17 от 4 декабря 2015 г.

Редакционный совет журнала
«Ученые записки Крымского федерального университета
имени В. И. Вернадского. Биология. Химия»:

Главный редактор – Чуян Елена Николаевна, д.б.н, проф.

Раздел «Биология»:

1. Ивашов Анатолий Васильевич, д. б. н, проф.
2. Коношенко Светлана Владимировна, д. б. н, проф.
3. Коренюк Иван Иванович, д. б. н, проф.
4. Котов Сергей Федорович, к. б. н., доц.
5. Лебедева Наталья Николаевна, д. б. н., проф.
6. Павленко Владимир Борисович, д. б. н., проф.
7. Симчук Андрей Павлович, д. б. н., проф.
8. Темурьянц Наталья Арменаковна, д. б. н., проф., (редактор раздела «Биология»)

Раздел «Химия»:

9. Гришковец Владимир Иванович, д. х. н., проф., (редактор раздела «Химия»)
10. Еременко Игорь Леонидович, академик РАН
11. Земляков Александр Евгеньевич, д. х. н., проф.
12. Новоторцев Владимир Михайлович, академик РАН
13. Панюшкин Виктор Терентьевич, д. х. н., проф.
14. Федоренко Александр Михайлович, д. х. н., проф.
15. Чирва Василий Яковлевич, д. х. н., проф.
16. Шульгин Виктор Федорович, д. х. н., проф.

Подписано в печать 07.12.2015. Формат 70x100 1/16
30 усл. п. л. Заказ № НП/9

Отпечатано в издательском отделе КФУ имени В. И. Вернадского
295007, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4
<http://sn-biolchem.cfuv.ru>

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 2. С. 3–17.

УДК 574 [574.5] [579]

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ САНИТАРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУХТЫ ПЕСОЧНАЯ (РЕГИОН СЕВАСТОПОЛЯ)

*Алёмов С. В., Гусева Е. В., Соловьёва О. В., Тихонова Е. А., Бурдиян Н. В.,
Дорошенко Ю. В.*

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия
E-mail: odedesion67@mail.ru*

Приведены результаты комплексных исследований б. Песочная (Чёрное море, регион Севастополя), проведённых спустя 100 лет после первого описания этой бухты С. А. Зерновым. Полученные данные по уровню загрязнения донных осадков и прибрежных наносов (содержание хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов), численности бактерио-, мейо- и макрозообентоса и применение экологических индексов (BENTIX, AMBI, M-AMBI) позволили оценить акваторию в целом как благополучную и свободную от нефтяного загрязнения. Участок бухты, прилегающий к одноименному пляжу, по обнаруженным показателям бактериобентоса испытывает значительную антропогенную нагрузку. Используя данные по количественному и размерному составу митилидного обрастания, даны рекомендации по его оздоровлению.

Ключевые слова: хлороформ-экстрагируемые вещества, нефтяные углеводороды, бактериобентос, мейобентос, макрозообентос, митилиды, нефтяное загрязнение, экологическое состояние, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

На западном побережье Гераклеийского полуострова, где расположена основная часть г. Севастополя, находится небольшая, неглубоко вдающаяся в сушу бухта Песочная. Исторически она носила также названия Херсонесская бухта и бухта Шмидта. Херсонесской она называлась потому, что на её восточной стороне располагался древнегреческий город Херсонес Таврический. В 1895 г. врач Е. Э. Шмидт открыл на её берегах грязелечебницу, после чего бухта стала называться по его фамилии и называлась так до середины XX века. Сейчас она называется Песочная, что объясняется характером грунта её дна.

Впервые она была описана более 100 лет назад С. А. Зерновым (Зернов, 1913): «...бухта вся заполнена песком, кроме восточных и западных берегов. Песок в начале бухты – крупный гравий и битая ракуша, а внутрь её идёт плотный, очень мелкий серый песок, скаловый и из битой ракуши; мы его постоянно берём для устройства плотного, песчаного, не мутящегося дна в аквариумах». Из макрофитов

исследователи отметили цистозирю и зостеру, организмы макрозообентоса были представлены червями нефтисами, моллюсками – церициум и насса (трития, нассариус), ракообразными – упогебия, встречались ланцетники [1].

Впоследствии исследования б. Песочной проводились только в 1973 г. на трёх станциях [2]. Как и в начале века, дно бухты было заполнено песчаным грунтом, с зарослями морской травы вблизи берегов. Донные осадки были представлены песком с натуральной влажностью 31,2–36,3 %. Содержание хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) в донных осадках составило 0,06–0,11 г*100 г⁻¹ сух. осадка, что соответствует незагрязнённым грунтам. Две станции, расположенные в западной части бухты, отнесены к биоценозу *Tritia reticulata* (*Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758)), также там была встречена и *Moerella tenuis* (*Tellina tenuis* da Costa, 1778). На более мелководной (6,5 м) станции отмечено 3 вида – указанные выше и *Diogenes pugilator* (Roux, 1829) – при общей численности организмов 140 экз.*м⁻² и биомассе 31,3 г*м⁻². Мористее, на глубине обнаружено 5 видов макрозообентоса (те же *N. reticulatus* и *M. tenuis*, а также *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758), *Politiitapes aureus* (Gmelin, 1791) при общей численности 50 экз.*м⁻², биомассе 15,94 г*м⁻². На третьей станции в юго-восточной части бухты на глубине 6 м доминировала *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), на втором месте стоит *Moerella donacina* (Linnaeus, 1758). Всего на этой станции было отмечено 5 видов макрозообентоса при численности 120 экз.*м⁻² и биомассе 27,2 г*м⁻².

В июне-августе 2013 г. начался следующий этап в изучении бухты Песочная. Были проведены исследования химического состава (белок, углеводы, липиды и нефтяные углеводороды) перифитона макрообрастаний гидротехнических сооружений пляжей бухты. Показано [3], что в перифитоне концентрации белка составили 12–20 мг*100 мг⁻¹, углеводов – в пределах 2 мг*100 мг⁻¹, липидов – 2–3 мг*100 мг⁻¹, количество хлороформ-экстрагируемых веществ составило 2–3 мг*100 мг⁻¹, нефтяных углеводородов (НУВ) – в среднем 0,2–0,3 мг*100 мг⁻¹. Показатели содержания белка и соединений липидно-углеводородного комплекса довольно высокие и указывают на наличие в бухте органического загрязнения, но, поскольку концентрации НУВ незначительные, не нефтяного характера.

В настоящее время б. Песочная интенсивно используется в рекреационных целях. Также нужно отметить наличие канализационного аварийного коллектора, проложенного в середине прошлого века. В связи с этим в 2013–2015 гг. проведено исследование бактерио- и зообентоса бухты, а также содержания органических соединений в донных осадках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал отбирали в бухте Песочная (рис. 1) в течение 2013–2015 гг. как с борта маломерного судна (донные осадки, макро- и мейобентос), так и с берега (прибрежные наносы, митилидное обрастания).

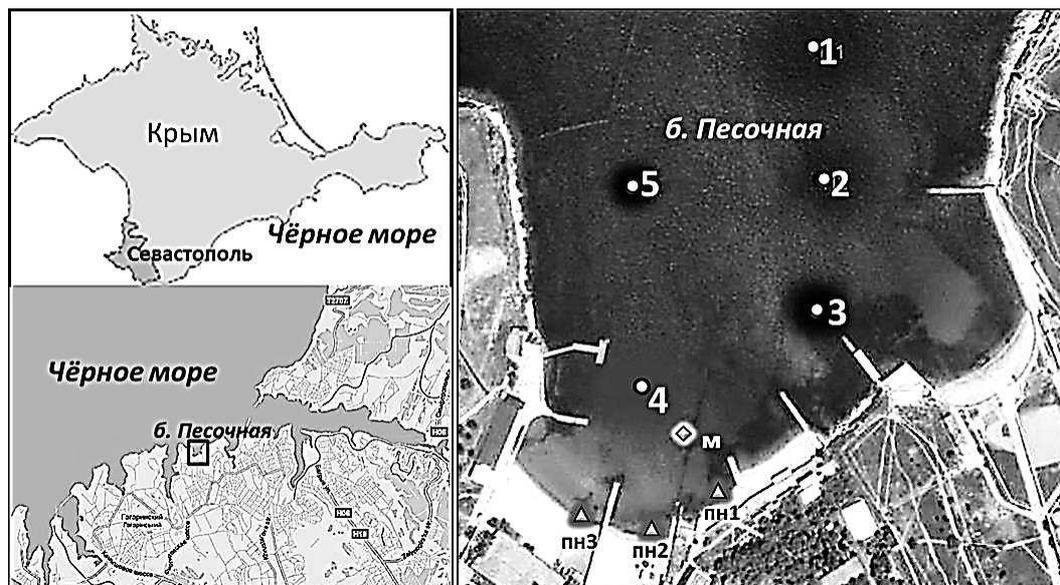


Рис. 1. Схема расположения станций в б. Песочной. Цифрами показаны номера станций отбора проб донных осадков, мейо- и макрозообентоса (2014 г.), пн – проб прибрежных наносов (2013 г.), м – отбора митилидного обрастания (2015 г.).

Пробы донных осадков на глубинах 3–12 м отбирали с помощью дночерпателя с площадью захвата 0,038 м². Для определения концентраций хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов в донных осадках и прибрежных наносах отбор проб донных осадков осуществляли дночерпателем Петерсена с глубин 6–12 м и ручным пробоотборником на урезе воды в акватории бухты Песочная. В соответственно подготовленных воздушно-сухих пробах морского грунта определяли количество ХЭВ весовым методом и НУВ методом инфракрасной спектроскопии [4, 5].

Для изучения бактериобентоса прибрежных наносов пробы отбирали шпателем и стерильно помещали в склянки с притёртыми пробками. В лаборатории определяли численность гетеротрофных и нефтеокисляющих [6], а также сульфатредуцирующих, тионовых и денитрифицирующих групп бактерий [6–8], морфологические, культуральные и физиолого-биохимические свойства которых изучали согласно руководствам [6, 8, 9–11]. В настоящей работе приведена часть исследований бактериобентоса б. Песочной, за летний сезон 2013 г., в период максимальной рекреационной нагрузки на бухту.

Для исследования макрозообентоса на каждой станции донные осадки отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,038 м² в трёх повторностях. Пробы промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм и фиксировали этиловым спиртом. Обработку фиксированного материала проводили в лабораторных условиях. Определяли видовой состав по [12–14], численность и сырой вес организмов макрозообентоса (фиксированных). Организмы макрофауны

определяли на уровне видов. Взвешивание двустворчатых моллюсков проводили после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

Расчет значений индекса разнообразия Шеннона (H') и индекса выровненности Пиелю (J') выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5. Для определения экологического статуса акватории проведён расчёт экологических индексов с помощью соответствующего программного продукта, доступного на официальных сайтах Технологического центра AZTI Tecnalia (<http://www.azti.es>) и Греческого центра морских исследований (Hellenic Centre for Marine Research, <http://www.hcmr.gr>). При определении экологического статуса акватории учитывали граничные значения индекса H' , AMBI, M-AMBI для Чёрного моря, рекомендованные группой экспертов по интеркалибрации [15].

Для исследования мейобентоса из монолита грунта, поднятого дночерпателем на борт судна, вырезали 3 образца, которые смешивали. Пробу промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм для удаления организмов макробентоса. Фильтрат отмучивали через мельничный газ № 76 и фиксировали этанолом. Пробы микроскопировали с определением основных групп мейобентоса с подсчётом численности каждой. Полученные результаты пересчитывали на 1 м².

Перифитон снимали ручным пробоотборником с металлической коллекторной трубы с площади 0,0256 м² в трёх повторностях. В лаборатории из него выделяли митилид, которых подсчитывали, измеряли длину и взвешивали. Данные пересчитывали на 1 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Донные осадки и прибрежные наносы. Было исследовано по 3 образца донных осадков (ст. 1–3, рис. 1) и прибрежных наносов (пн1–пн3, см. рис. 1) из б. Песочной на содержание хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов. Результаты приведены в таблицах 1 и 2. Обнаруженные концентрации ХЭВ соответствуют I уровню загрязнения морских грунтов [16] – ниже 0,005 г*100 г⁻¹, что свидетельствует о незагрязнённости нефтяными углеводородами донных осадков по линии ст. 1 – ст. 3 и прибрежных наносов пляжа.

Таблица 1.
Содержание ХЭВ и НУВ в донных осадках б. Песочная, 2014 г.

Номер станции	Глубина, м	ХЭВ, г*100 г ⁻¹	НУВ, мг*100 г ⁻¹
1	12	0,0065	2,9
2	9	0,0090	5,6
3	6	0,0065	4,0

Таблица 2.
Содержание ХЭВ и НУВ в прибрежных наносах б. Песочная, 2013 г.

Номер станции	Глубина, м	ХЭВ, г*100 г ⁻¹	НУВ, мг*100 г ⁻¹
пн1	0	0,0070	1,6
пн2	0	0,0075	2,2
пн3	0	0,0105	2,7

Бактериобентос прибрежных наносов. На рис. 2 и 3 представлена динамика численности бактерий в прибрежных наносах б. Песочной.

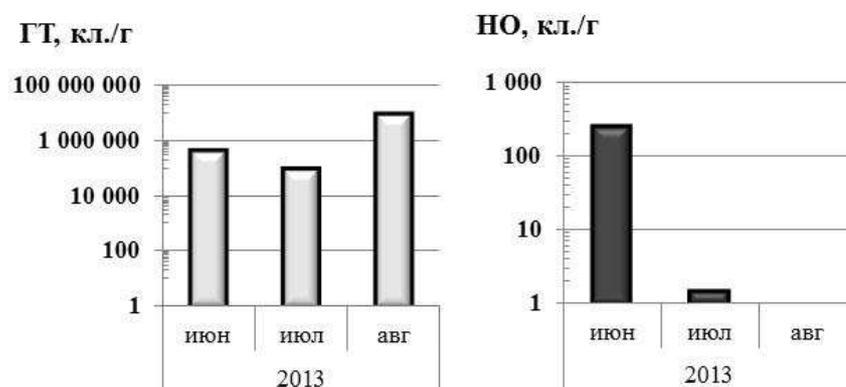


Рис. 2. Динамика численности гетеротрофных (ГТ) и нефтеокисляющих (НО) бактерий в прибрежных наносах б. Песочная.

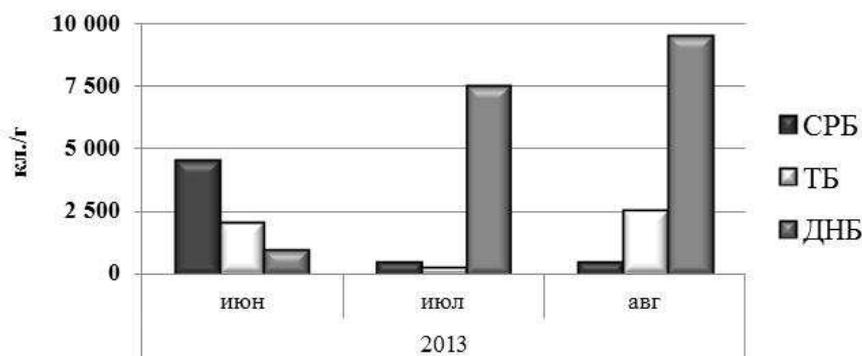


Рис. 3. Динамика численности сульфатредуцирующих (СРБ), тионовых (ТБ) и денитрифицирующих (ДНБ) бактерий в прибрежных наносах б. Песочная.

Анализ полученных данных показывает, что в прибрежных наносах в исследуемый период времени при значительной численности гетеротрофных бактерий ($9,5 \cdot 10^3 - 9,5 \cdot 10^6$) численность нефтеокисляющих низкая ($0,4 - 2,5 \cdot 10^2$), что может свидетельствовать о наличии органического загрязнения, не носящего нефтяного характера. Это подтверждается данными по анаэробной бактериофлоре – ростом в течение летнего сезона количества денитрификаторов.

Мейобентос. Исследования мейобентоса бухты Песочная впервые проведены в 2014 г., более ранние данные по этому району отсутствуют. На пяти станциях обнаружено 12 таксономических групп высокого ранга (от отряда до класса) мейобентосных организмов, 5 из которых относятся к представителям постоянного

компонента данной размерной группировки – эвмейобентосу, 7 – к его временному компоненту – псевдомейобентосу (рис. 4). Максимальная численность мейобентоса обнаружена на ст. 4, минимальная – на ст. 5 (табл. 3).

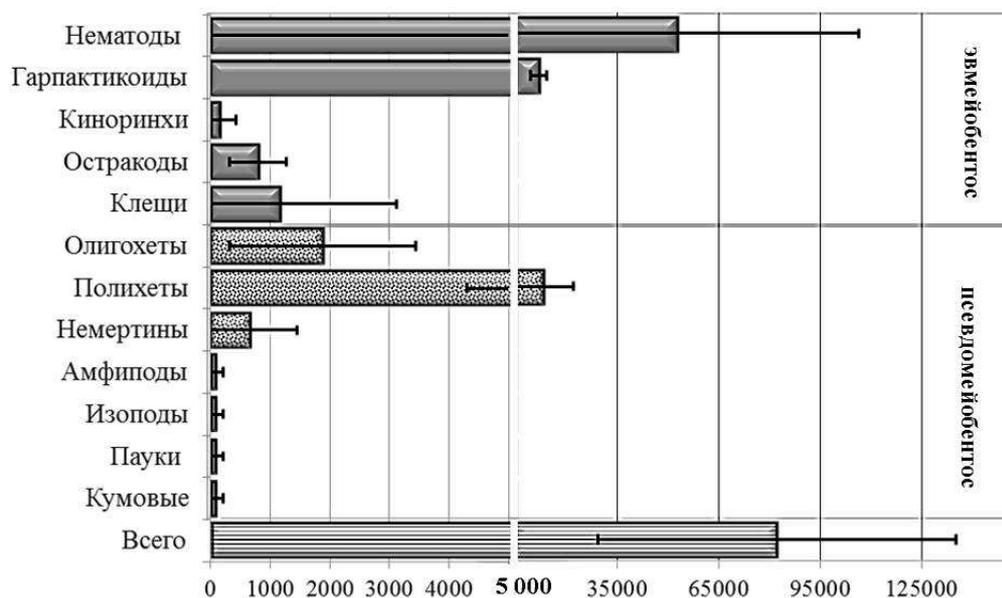


Рис. 4. Средняя численность (со стандартным отклонением) мейобентоса б. Песочная по таксономическим группам с разбивкой на постоянный и временный компоненты.

На всех станциях, кроме ст. 5, доминируют нематоды, составляя от 32,8 до 90,8 %. На втором месте по численности, кроме ст. 4 и 5, находятся полихеты. Гарпактикоиды встречаются на всех станциях: 6,1–50,7 % от общей численности. Остальные группы, как эвмейобентоса, так и псевдомейобентоса представлены в б. Песочной незначительно (рис. 4). Обнаруженные плотность и, в особенности, таксономическое разнообразие характерны для чистых районов акватории Севастополя [17, 18].

Таблица 3.
Плотность поселения и таксономическое разнообразие мейобентоса по станциям в б. Песочная

Показатель	ст. 1	ст. 2	ст. 3	ст. 4	ст. 5
Количество групп	7	8	7	4	6
Численность, экз.*м ⁻²	121 322	56 328	42 968	165 374	24 192
$A_{эв} / A_{псевдо}$ *	3,3	2,73	2,1	37,2	2,0
$Nem/Harp$ **	4,39	2,43	1,56	14,86	0,15

* соотношение численности организмов эвмейобентоса/псевдомейобентоса

** нематодно-копеподный индекс

Специалистами, изучающими распределение мейобентоса в условиях различной загрязнённости донных осадков, осторожно используется так называемый «нематодно-копеподный индекс» – соотношение численности этих двух групп (табл. 4) [19–22]. Применение его усложняется разнообразием условий обитания мейобентосных организмов [23], однако в сходных условиях использование его возможно [24].

Предыдущими многолетними исследованиями нами [17, 18, 24] было обнаружено, что в регионе Севастополя значение данного индекса ниже 10 свидетельствует об отсутствии в донных осадках исследуемой станции загрязнений, в особенности нефтяными углеводородами. Показатель ст. 4, вкуче с высокой долей нематод в общей численности мейобентоса и наименьшим таксономическим разнообразием (см. табл. 3), свидетельствует, скорее всего, о большей загрязнённости данного участка в сравнении с остальными. Совокупность показателей на остальных станциях свидетельствует о благополучии экологического состояния биоценозов данного региона.

Макрозообентос. На 5-ти исследованных станциях отмечено 29 видов макрозообентоса, в числе которых 13 видов Mollusca (10 видов Bivalvia и 3 вида Gastropoda), 3 – Crustacea, 12 – Polychaeta, также на двух станциях присутствовал ланцетник (*Branchiostoma lanceolatum* [Pallas, 1774]). Таксономическое разнообразие по станциям представлено на рис. 5.

Численность макробентоса варьировала от 632 до 2116 экз.*м⁻², биомасса – от 13,5 до 65,2 г*м⁻² (табл. 4). По численности на ст. 2 и 3 преобладали полихеты – 53 и 87 % соответственно, на остальных – двустворчатые моллюски – 65–76 %. По биомассе на всех исследованных участках доминируют моллюски – от 88 до 99 %. Максимальные значения биомассы моллюсков отмечены на ст. 5, 3 и 1 – 41,5, 43,9 и 64,5 г*м⁻² соответственно. При этом на большинстве станций доминирует сестонофаг *Chamelea gallina* и только на ст. 5 – плотоядная гастропода *Nassarius reticulatus*. Из полихет наибольшие показатели численности наблюдались у *Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869), биомассы – у *Cirriformia tentaculata* (Montagu, 1808), *Ophelia limacina* (Rathke, 1843) и *Perinereis cultrifera* (Grube, 1840). Вклад ракообразных в общую численность не превышает 2 %, в общую биомассу – 5 %. На ст. 1 ракообразные не отмечены. Наиболее распространены в исследованном районе двустворчатые моллюски *Ch. gallina*, *Gouldia minima* (Montagu, 1803) (встречены на всех станциях), на трёх станциях отмечены *Diogenes pugilator*, *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *P. kefersteini*. Эти виды характерны для прибрежных биоценозов на незагрязнённых участках побережья Крыма.

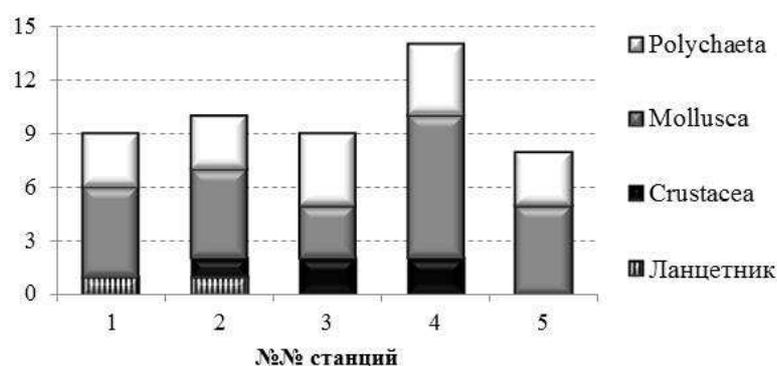


Рис. 5. Число видов макрозообентоса разных таксонов на станциях в б. Песочная.

Таблица 4.
Численность и биомасса макрозообентоса разных таксонов в б. Песочная

Таксоны	№№ станций				
	ст. 1	ст. 2	ст. 3	ст. 4	ст. 5
	Численность, экз.*м ⁻²				
Crustacea	0	32	42	18	18
Polychaeta	253	379	1832	114	211
Gastropoda	0	95	0	18	35
Bivalvia	705	200	242	482	479
Прочие	11	11	0	0	0
Всего	968	716	2116	632	742
	Биомасса, г*м ⁻²				
Crustacea	0	0,019	1,001	0,111	0,617
Polychaeta	0,589	0,556	0,139	0,270	0,474
Gastropoda	0	1,459	0	5,137	37,886
Bivalvia	64,516	10,440	43,855	18,312	3,576
Прочие	0,102	1,025	0	0	0
Всего	65,207	13,499	44,995	23,830	42,553

Таким образом, исследованный участок характеризуется как достаточно высоким видовым разнообразием, так и значительной численностью, что близко к показателям для незагрязнённых акваторий региона Севастополя, где численность макробентоса, как правило, превышает 1000 экз.*м⁻², а биомасса 50–100 г*м⁻² [25].

Показатели видового разнообразия в целом достаточно сходны на всех станциях (рис. 6). На ст. 3 отмечено снижение значений индекса Шеннона (как по биомассе, так и по численности), что связано с высокой численностью на данном участке полихеты *Protodorvillea kefersteini* (более 75 % от общей численности макробентоса) и биомассы *Chamelea gallina* (85% от общей биомассы).

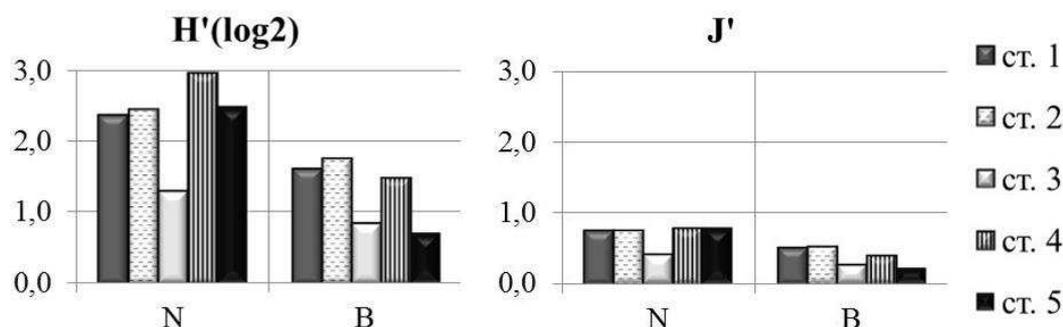


Рис. 6. Значения индекса видового разнообразия Шеннона (H') и индекса выравненности Пилоу (J'), рассчитанные по численности (N) и биомассе (B) видов макрозообентоса.

Экологические индексы BENTIX [26], AMBI [27], определяемые по соотношению численности чувствительных и устойчивых к загрязнению видов, в целом характеризуют экологическое состояние данной акватории как «высокое» (табл. 5). Вместе с тем многокомпонентный индекс M-AMBI [28], учитывающий также богатство видов и показатель разнообразия (индекс Шеннона), на большинстве участков оценивает экологическое состояние как «среднее».

Таблица 5.
Значения экологических индексов и соответствующая им классификация экологического качества акватории

№№ ст.	BENTIX	Классификация	AMBI	Классификация	M-AMBI	Классификация
1	5,26	HIGH	0,70	HIGH	0,53	Moderate
2	3,88	HIGH	1,19	HIGH	0,52	Moderate
3	2,84	HIGH	1,28	GOOD	0,41	Moderate
4	5,44	HIGH	0,40	HIGH	0,64	Good
5	4,68	HIGH	0,82	HIGH	0,54	Moderate

Мидии и митилястеры. Получены данные о численности и размерном составе митилидного обрастания. Средняя численность мидий на единицу площади (1 м²) составила 9,1 тыс. экз., митилястеров – 193,4 тыс. экз. По размерам как среди

мидий, так и среди митилястеров доминировали моллюски длиной до 10 мм (53 и 56 % соответственно), размерная группировка до 20 мм представлена 37 и 44 % от общей численности соответственно, более крупные экземпляры встречены единично (рис. 7).

Расчёт суточного объёма биофильтра проводился по [29] для мидий и по [30] для митилястеров. Вклад мидий составил $1,7 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$, митилястеров – $148,1 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$ с единицы площади, суммарный – $149,8 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$. Наиболее активный вклад в фильтрацию морской воды вносят в исследуемом биоценозе моллюски размерами 11–20 мм (48,5 % от объёма биофильтра всех мидий и 88,3 % от сходного показателя – митилястеры) (рис. 7). Доля всех мидий в суммарной суточной мощности биофильтра митилидного обрастания – 1,0 %, митилястеров – 99 %.

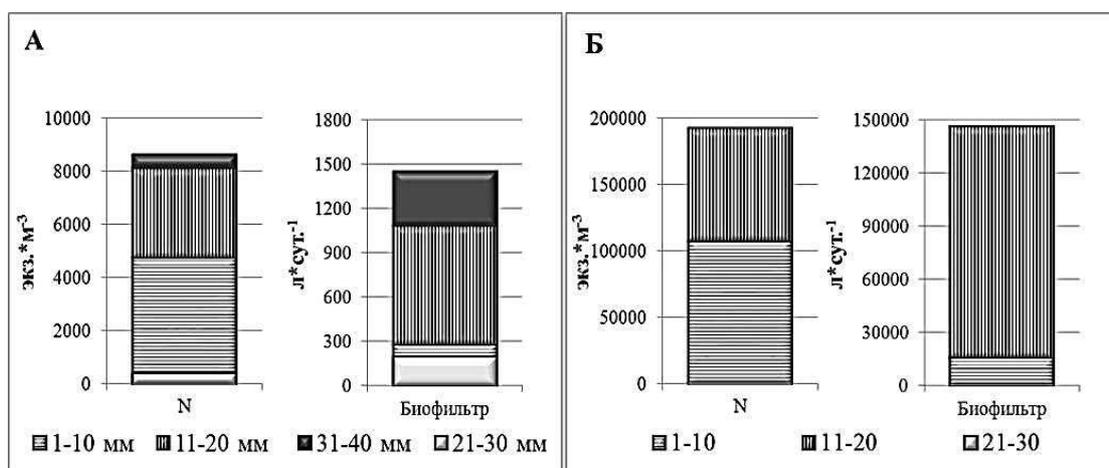


Рис. 7. Вклад разных размерных группировок мидий (А) и митилястеров (Б) в общую численность поселений и мощность биофильтра.

Расчёты и рекомендации. Как видно по характеристикам мейобентоса на ст. 4 и данным по микробиологии прибрежных наносов, значительная антропогенная нагрузка в большей степени сказывается на мелководном (до 3 м глубины) участке бухты Песочная, где расположен одноимённый пляж (напротив ст. 4) (рис. 8). Здесь мало зарослевых сообществ, которые занимают остальное побережье, а донные осадки представлены мелким песком. На основе полученных данных мы рассчитали площадь, которую в этом районе должны занимать моллюски-фильтраторы, чтобы обеспечивать суточное очищение морской воды.

Принимая приближённо объём морской воды как половину параллелепипеда, мы получили 21450 м^3 и, соответственно, площадь дна под ним – 14300 м^2 . Обитающие на трубе коллектора митилиды и, в донных осадках, другие виды моллюсков-фильтраторов (например, *Chamelea gallina*) могут пропускать через популяцию, при обнаруженной плотности поселений на единицу площади, 150 м^3 морской воды в сутки. Для того, чтобы рассчитанный объём воды этого участка бухты был профильтрован 1 раз в сутки, необходимо не менее 143 м^2 поверхности,

покрытой митилидами, чего в современных условиях нет. Поэтому мы рекомендуем использование систем гидробиологической очистки (искусственные рифы) морской воды для улучшения санации акватории. Так, нашими предшествующими исследованиями [31] установлено, что на 1 м² СГО через год после её размещения мощность биологической фильтрации может превышать 250 м³*сут⁻¹, а через три года – 450 м³*сут⁻¹. Следовательно, установка СГО с площадью поверхности носителя не менее 50 м² через 3 года будет полностью перекрывать потребность в биологической очистке морской воды в указанной части акватории, а с увеличенной до 80 м² – справится с негативными последствиями антропогенной нагрузки уже через год.



Рис. 8. Участок б. Песочная, прилегающий к пляжу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах комплексных санитарно-биологических исследований, можно сделать вывод о современной экологической обстановке в б. Песочной, оценив её в целом как благополучную. На это указывают как показатели загрязненности прибрежных наносов и численность в них различных групп бактерий в 2013 г., так и результаты исследования донных осадков и зообентоса, проведенных в 2014 г. Обнаруженные высокие качественно-количественные показатели и таксономическое разнообразие бентосных многоклеточных организмов, незначительное содержание нефтяных углеводородов в донных осадках и прибрежных наносах, низкие титры нефтеокисляющих бактерий свидетельствуют об отсутствии нефтяного загрязнения данной акватории. Однако значительная численность анаэробных бактерий в прибрежных наносах пляжа летом 2013 г., интенсивно используемого в рекреационных целях, может указывать на возрастание антропогенной нагрузки на акваторию бухты в летнее время года. Также в 2014 г. на участке, расположенном вблизи канализационного аварийного коллектора, показатели мейобентоса (низкое таксономическое разнообразие и

повышенные значения нематодно-копеподный индекса) указывают на возможное загрязнение органическими соединениями донных осадков этой части бухты. В качестве мер по улучшению санитарного состояния бухты предложено размещение систем гидробиологической очистки/искусственного рифа с поверхностью носителя, пригодного для обрастания моллюсками-фильтраторами не менее 50 м².

Список литературы

1. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря / С. А. Зернов // Записки Императорской Академии Наук. – СПб., Тип. Имп. АН. – 1913. – Т. 32., № 1. – 304 с.
2. Миловидова Н. Ю. Изменения донных биоценозов Севастопольских бухт за период 1913 по 1973 гг. / Н. Ю. Миловидова // Биология моря. – 1975. – Вып. 35. – С. 117–124.
3. Муравьева И. П. Химический состав перифитона с макрообрастаний гидротехнических сооружений рекреационной зоны Севастополя (Чёрное море) / И. П. Муравьева, Т. О. Миронова // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского (Серия «Биология, химия»). – 2013. – Том 26 (65), № 3. – С. 144–151.
4. Методические указания РД 52.10.556-95. «Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси». – М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 56 с.
5. Кирюхина Л. Н. Химическая и микробиологическая характеристика донных осадков севастопольских бухт в 2003 г. / Л. Н. Кирюхина, О. Г. Миронов // Экология моря. – Севастополь, – 2004. – Вып. 66. – С. 53–58.
6. Практикум по микробиологии / Под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
7. Бурдиян Н. В. Сульфатредуцирующие, тионовые, денитрифицирующие бактерии в прибрежной зоне Чёрного моря и их роль в трансформации нефтяных углеводородов: автореф. дис. канд. биол. наук: спец. 03.00.18 «Гидробиология» / Н. В. Бурдиян. – Севастополь, 2011. – 24 с.
8. Романенко В. И. Экология микроорганизмов пресных водоёмов / В. И. Романенко, С. И. Кузнецов. – Л.: Наука, 1974. – 194 с.
9. Каравайко Г. И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд / Г. И. Каравайко, С. И. Кузнецов, А. И. Голомзик – М: Наука, 1972. – 248 с.
10. Микромир в санитарно-биологических исследованиях / Под ред. О. Г. Миронова – Севастополь: Манускрипт, 1995. – 95 с.
11. Сорокин Ю. И. Микрофлора грунтов Чёрного моря / Ю. И. Сорокин // Микробиология. – 1962. – 31. Вып. 5. – С. 899–903.
12. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1968. – Т. 1. – 437 с.
13. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1969. – Т. 2. – 536 с.
14. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1972. – Т. 3. – 340 с.
15. WFD intercalibration technical report. Part 3. – Coastal and Transitional Waters. Sect. 2 - Benthic invertebrates // JRC Scientific and Technical Reports, 2009. – P. 19–108. (http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library).
16. Миронов О. Г. О предельно-допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Чёрного моря / О. Г. Миронов, Н. Ю. Миловидова, Л. Н. Кирюхина // Гидробиол. журнал. – 1986. – 22, № 6. – С. 77–78.
17. Гусева Е. В. Мейобентос илистых донных осадков некоторых севастопольских бухт (Чёрное море) в период с 1994 по 2003 год / Е. В. Гусева // Экология моря – Вып. 66. – 2004. – С. 37–41.
18. Гусева Е. В. Мейобентос Балаклавской бухты (Чёрное море) / Е. В. Гусева // Экология моря – Вып. 73. – 2007. – С. 28–30.
19. Воробьёва Л. В. Мейобентос украинского шельфа Чёрного и Азовского морей / Л. В. Воробьёва – Киев: Наукова думка, 1999. – 298 с.

20. Raffaelli D. G. Pollution Monitoring with Meiofauna, Using the Ratio of Nematodes to Copepods / Raffaelli D. G., Mason C. F. // *Mar. Poll. Bull.* – 1981. – 12, N 5. – P. 159–163.
21. Warwick R. The Nematode/Copepod Ratio and Use in Pollution Ecology / Warwick R. // *Mar. Poll. Bull.* – 1981. – 12, N 10. – P. 329–333.
22. Mazzola A. Initial Fish Farm Impact on Meiofaunal Assemblages in Coastal Sediments of Western Mediterranean / Mazzola A., Mirto C., Danovaro R. // *Mar. Poll. Bull.* – 1999. – 38, N 12. – P. 1126–1133.
23. Гусева Е. В. Влияние нефтяного загрязнения на мейобентосное сообщество (экспериментальные данные) / Е. В. Гусева // *Экология моря* – Вып. 66. – 2004. – С. 33–36.
24. Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под общ. ред. О. Г. Миронова: ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 192 с.
25. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке: монография / О. Г. Миронов, Л. Н. Кирюхина, С. В. Алёмов. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
26. Simboura N. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index / Simboura N., Zenetos A. // *Mediterr. Mar. Sci.* – 2002. – 3, N 2. – P. 77–111.
27. Borja A. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments / Borja A., Franco J., Pérez V. // *Mar. Poll. Bull.* – 2000. – 40, N 12. – P. 1100–1114.
28. Muxika I. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive / Muxika I., Borja A., Bald J. // *Mar. Poll. Bull.* – 2007. – 55. – P. 16–29.
29. Печень-Финенко Г. А. Фильтрационная активность мидий в условиях Севастопольской бухты / Г. А. Печень-Финенко // *Гидробиол. журн.* – 1992. – Т. 28, № 5. – С. 44–50.
30. Петров А. Н. Изучение респираторной и фильтрационной активности у двух видов моллюсков в зависимости от экологических особенностей мест обитания / А. Н. Петров, Н. К. Ревков // *Проблемы современной биологии* / МГУ им. М. В. Ломоносова, биол. фак-т. – М., 1987. – С. 48–50. – Деп. В ВИНТИ, май 1987. – № 66252 – В87.
31. Eremeev V. N. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean peninsula: problems, preservation and restoration pathways / V. N. Eremeev, A. R. Boltachev, B. G. Aleksandrov, S. V. Alyomov, Yu. A. Zagorodnya, E. P. Karpova, L. A. Manzhos, V. V. Gubanov / NASU, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas NAS Ukraine. – Sevastopol, 2012. – P. 81–85.

THE RESULTS OF COMPLEX SANITARY-BIOLOGICAL RESEARCHES OF THE PESOCHNAYA BAY (BLACK SEA, SEVASTOPOL REGION)

Alyomov S. V., Guseva E. V., Solovyova O. V., Tikhonova E. A., Burdiyan N. V., Doroshenko Y. V.

*Institute of Marine Biological Research A.O. Kovalevsky RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: tihonova@mail.ru*

The results of complex research of Pesochynaya bay (Black Sea, Sevastopol region) conducted after 100 years after the first description of this Bay by S. A. Zernov. The data about the contamination level of the sea bottom and coastal sediments (the concentration of chloroform-extracted substances and oil hydrocarbons) as well as bacteria, meiobenthos and macrozoobenthos number, and the application of environmental indexes (BENTIX, AMBI, M-AMBI) allowed to estimate the water area status as safe and free from oil pollution. The part of the bay near to the beach, according to detected parameters of bacteriobenthos suffers from significant anthropogenic pressure. On the ground of the

quantity and size of mytilidae fouling the recommendations for its improvement has been given. High qualitative and quantitative indicators and taxonomic diversity of benthic multicellular organisms, low content of oil hydrocarbons in sea bottom and coastal sediments, and low titers of oil-oxidizing bacteria evidenced of no oil contamination of the water area. However, a large number of anaerobic bacteria in the beach coastal sediments, heavily used for recreational purposes, may indicate the increase in the anthropogenic load on the waters of the bay in the summer time. As the measures to improve the sanitary conditions of the bay, offered installation of hydrobiological cleaning systems / artificial reef with the surface of a carrier suitable for filter-feeder mollusks, at least 50 m².

Keywords: chloroform-extractable substances, oil hydrocarbons, bacteriobentos, meiobenthos, macrozoobenthos, mytilids, ecological statement, the Black Sea.

References

1. Zernov S. A. The question of studying the life of the Black Sea. *Notes of the Imperial Academy of Sciences*. 32, 1. 304 p. (St. Petersburg, Typography by Emperor Academy of Sciences, 1913)
2. Milovidova N. Y. Changes to benthic biocoenoses Sevastopol bays for the period 1913 to 1973. *Biology of the Sea*. 35 (1975)
3. Muravyova I. P., Mironova T. O. Periphyton chemical composition from hydrotechnical construction macrofoulings in the recreational zone of Sevastopol (Black Sea). *Tavrida National V. I. Vernadsky University, Series «Biology, chemistry»*. 26 (65), 3 (2013).
4. Guidelines «Determination of pollutants in the marine bottom sediments and suspension», Federal hydrometeorology and environmental monitoring service of Russia. p. 18. (1996).
5. Kiryukhina L. N., Mironov O. G. Chemical and microbiological characteristics of bottom sediments of Sevastopol Bay 2003. *Ecology of the Sea*. 66 (2004)
6. Practical work on microbiology. 608 p. (Moscow: Publishing center "Academy", 2005)
7. Burdiyan N. V. Sulfate-reducing, thiobacteria and denitrifying bacteria in the coastal zone of the Black Sea and their role in oil hydrocarbon transformation: author. disser. 24 p. (Sevastopol, 2011)
8. Romanenko V. I., Kuznetsov S. I. Ecology of freshwater microorganisms. 194 p. (Leningrad, Nauka, 1974).
9. Karavaiko G. I., Kuznetsov S. I., Golomzik A. I. The role of microorganisms in the leaching of metals from ores. 248 p. (Moscow, Nauka, 1972).
10. Microcosm in the sanitary-biological studies. 95 p. (Sevastopol: Manuscript, 1995).
11. Sorokin Y. I. The bottom sediment microflora of the Black Sea. *Microbiology*. 31, 5 (1962)
12. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 1. 437 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1968)
13. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 2. 536 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1969)
14. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 3. 340 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1972)
15. WFD intercalibration technical report. Part 3. Coastal and Transitional Waters. Sect. 2 Benthic invertebrates. *JRC Scientific and Technical Reports*. 108. P. 19 (2009) (http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library).
16. Mironov O. G., Milovidova N. Yu., Kiryukhina L. N. About the maximum permissible concentrations of oil products in bottom sediments of the coastal zone of the Black Sea. *Hydrobiological journal*. 22. 6. (1986)
17. Guseva E. V. Meiobenthos from silty sediment in several Sevastopol Bays (the Black Sea) in the period from 1994 to 2003. *Ecology of the Sea*. 66 (2004)
18. Guseva E. V. Meiobenthos of Balaklavskaya Bay (Black Sea). *Ecology of the Sea*. 73 (2007).
19. Vorobyova L. V. Meiobenthos Ukrainian shelf of the Black and Azov Seas. 298 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1999)
20. Raffaelli D. G., Mason C. F. Pollution Monitoring with Meiofauna, Using the Ratio of Nematodes to Copepodes. *Marine Pollution Bulletin*. 12, 5 (1981)

21. Warwick R. The Nematode/Copepod Ratio and Use in Pollution Ecology. *Marine Pollution Bulletin*. **12**, 10 (1981)
22. Mazzola A., Mirto C., Danovaro R. Initial Fish Farm Impact on Meiofaunal Assemblages in Coastal Sediments of Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. **38**, 12 (1999)
23. Guseva E. V. Influence of oil pollution on meiobenthic community (experimental data). *Ecology of the Sea*. **66** (2004)
24. Sanitary-biological investigation in coastal area of Sevastopol region. 192 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2009)
25. Mironov O. G., Kiryukhina L. N., Alyomov S. V. Sanitary-biological aspects of the Sevastopol bays ecology in XX century. 185 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2003)
26. Simboura N., Zenetos A. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index. *Mediterranean Marine Science*. **3**, 2 (2002)
27. Borja A., Franco J., Pérez V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*. **40**, 12 (2000)
28. Muxika I., Borja A., Bald J., Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. **55** (2007)
29. Pechen-Finenko G. A. Filtration activity of the mussels under the Sevastopol bay. *Hydrobiological journal*. **28**, 5 (1992)
30. Petrov A. N., Revkov N. K. The study of respiratory and filtration activity of two species of mollusks depending on the environmental characteristics of habitat. *Problems of modern biology*. P. 48–50. (Moscow, Moscow State M. V. Lomonosov University, biological department, 1987)
31. Ereemeev V. N., Boltachev A. R., Aleksandrov B. G., Alyomov S. V., Zagorodnya Yu. A., Karpova E. P., Manzhos L. A., Gubanov V. V. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean peninsula: problems, preservation and restoration pathways. P. 81–85. (Sevastopol, 2012)

Поступила в редакцию 10.12.2015 г.

УДК 612.66

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЫХАНИЕМ

Буков Ю. А., Бурбанова О. Н.

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
E-mail: buddhaom@mail.ru*

Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, объединенные в единую кардиореспираторную систему, теснейшим образом взаимодействуют, обеспечивая гомеостатические свойства целостного организма. Учитывая высокую степень сопряженности функций кровообращения и дыхания, существует возможность через сознательное управление респирацией оказывать влияние на систему кровообращения. Исследования показали, что регулярные респираторные тренировки за счёт информативных и энергетических воздействий способствовали росту приспособительных возможностей системы кровообращения, оказывая стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования вне зависимости от возраста женщин.

Ключевые слова: гемодинамика, произвольное управление дыханием, гомеостатическое регулирование.

ВВЕДЕНИЕ

Система кровообращения является основной функциональной системой жизнедеятельности организма, участвующей в его энергообеспечении. В процессе онтогенетического развития сердце и сосуды подвергаются существенным морфофункциональным изменениям, которые в значительной мере ограничивают приспособительные возможности организма [1]. В этой связи одним из типичных для большинства людей является гемодинамический тип старения, поскольку наиболее выраженные изменения с возрастом возникают именно в системе кровообращения, а болезни сердца и сосудов в большей степени встречаются у пожилых людей. При этом, как отмечается в исследованиях [2], главным, решающим фактором сохранения здоровья, профилактики заболеваний системы кровообращения у этой категории людей является физическая активность [3, 4]. Низкие функциональные резервы системы кровообращения в молодом и среднем возрасте также могут являться лимитирующим фактором приспособительных реакций, поскольку ограничиваются возможности эффективной регуляции постоянства внутренней среды и энергетического обмена в организме. Поэтому чем выше функциональные резервы, тем меньше усилия требуются для адаптации [5]. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы, объединенные в единую кардиореспираторную систему, теснейшим образом взаимодействуют, обеспечивая гомеостатические свойства целостного организма. При этом процессы внешнего дыхания оказывают постоянное воздействие на сердечную деятельность. Для оценки

эффективности этих взаимодействий предлагается использовать ряд интегральных показателей [6–8]. Учитывая высокую степень сопряженности функций кровообращения и дыхания, существует возможность через сознательное управление респирацией оказывать влияние на систему кровообращения, что и послужило основной целью нашего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 118 женщин в трех возрастных группах. Каждая группа была разделена на подгруппы А и Б. Женщины подгруппы А вели обычный образ жизни, а женщины подгруппы Б в течение ряда лет регулярно занимались респираторным тренингом, используя элементы дыхательной гимнастики хатха йоги и респираторных упражнений. Разработанная программа респираторного тренинга включала в себя форсированное дыхание, задержки дыхания, активизацию диафрагмального дыхания, изменения параметров паттерна дыхания, статические и динамические дыхательные упражнения, что оказывало стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования.

Первую группу составили молодые женщины в возрасте 20–30 лет, вторую – женщины среднего возраста (46–60 лет) и в третью группу были включены женщины пожилого возраста (61–75 лет).

Кардиогемодинамика изучалась методом тетраполярной реографии с помощью реоплетизмографа ReoCom с компьютерной обработкой данных. Исследования проводились как в состоянии покоя, так и при выполнении стандартной физической нагрузки мощностью 100 Вт. Для женщин пожилого возраста использовали нагрузку 50 Вт. Фиксировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (чсс, уд/мин), ударный объем (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин), общее периферическое сопротивление сосудов ОПСС (дин.см.с⁻⁵). Артериальное давление измеряли методом Короткова. Расчетным методом определяли: среднее динамическое давление СДД (мм рт.ст.), пульсовое давление ПАД (мм рт.ст.), двойное произведение (ДП, отн.ед.), сердечный индекс СИ (л/мин/м²). Газовый состав вдыхаемого (F_I O₂, об.%) и выдыхаемого воздуха (F_EO₂, об.%) исследовали при помощи газоанализатора по кислороду ПГА-КМ. Величину утилизации кислорода ΔFO₂ (об.%) определяли по разнице между F_I O₂ – F_EO₂. Интегральный показатель эффективности кардиореспираторной системы (ИПЭ, усл.ед.) оценивали по отношению АДср к величине утилизации кислорода. Материалы исследования обработаны методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые показатели центральной гемодинамики обследуемых всех групп представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели центральной гемодинамики женщин трех возрастных групп в состоянии покоя и при физических нагрузках (X+Sx)

Пок/ли	условия	Молодой возраст (20-30 лет) n=19		Средний возраст (31-45) n=19		Пожилой возраст (61-75) n=19	
		А	Б	А	Б	А	Б
ЧСС (уд./мин)	1	79,8±5,1	68,2±3,9	76,9±2,5	65,1±2,3	79,5±3,2	65,0±3,0
	2	169,8±8,5	162,2±7,5	149,0±9,1	139,9±8,3	129,1±10,3	119,0±9,1
АДс (мм рт.ст.)	1	116,1±7,0	110,0±4,4	123,1±9,7	111,07±7,3	127,9±10,1	115,0±7,4
	2	140,8±7,6	132,6±6,37	150,9±9,9	135,2±9,8	145,3±9,2	137,0±8,7
АДд (мм рт.ст.)	1	66,9±4,3	70,0±3,1	79,0±2,1	75,0±2,4	81,1±2,9	76,0±4,0
	2	76,8±4,3	68,1±4,0	83,2±2,6	69,5±2,1	81,0±4,1	73,5±3,9
САД (мм рт.ст.)	1	82,9±5,1	83,3±4,3	93,7±2,0	87,0±1,8	96,7±2,6	89,0±2,0
	2	98,15±5,6	89,61±5,1	107,8±2,1	91,4±2,2	102,4±2,1	94,7±1,9
ПАД (мм рт.ст.)	1	49,9±3,1	40,0±4,2	44,8±1,1	36,1±1,1	46,9±1,2	39,0±1,2
	2	63,9±4,1	64,5±4,2	73,7±2,9	65,7±2,7	64,3±2,2	63,5±2,3
УО (мл)	1	52,8±2,9	58,6±3,1	45,0±1,5	63,1±2,2	39,0±1,4	54,1±1,2
	2	106,9±5,1	112,0±4,6	98,6±3,0	85,2±3,0	80,6±2,7	72,7±2,8
МОК (л/мин)	1	4,21±0,1	3,99±0,1	3,46±0,2	4,1±0,2	3,1±0,1	3,5±0,1
	2	18,2±0,6	18,1±1,04	14,69±0,9	11,92±0,7	10,4±0,5	8,7±0,1
СИ (л/мин/м ²)	1	2,43±0,1	2,45±0,1	1,93±0,1	2,51±0,1	1,7±0,1	2,14±0,1
	2	10,52±0,4	11,15±0,2	8,2±2,1	7,31±0,2	5,75±0,1	5,27±0,1
ОПСС (динс.см ⁵)	1	1237,5±51	1500,5±27,0	2148,2±51,0	1598,0±57,3	2357,2±60,1	1725,0±55,4
	2	857,9±34,74	623,2±47,5	1083,1±36,2	726,9±41,0	1132,0±42,2	807,0±45,2
ДП (усл.ед.)	1	92,6±3,8	75,0±1,4	94,6±3,0	72,3±2,1	101,7±3,6	74,8±2,3
	2	239,1±9,1	215,1±8,3	233,8±3,1	189,1±6,0	187,6±4,3	163,0±5,2
ИПЭ (усл.ед.)	1	33,2±2,8	23,5±2,4	42,6±3,0	30,6±2,8	50,9±3,7	36,0±2,6
	2	23,9±2,6	16,6±2,2	30,8±2,7	22,8±2,2	36,9±2,7	26,8±2,4
Вт/чсс (Вт/уд)		0,41±0,01	0,49±0,04	0,43±0,02	0,53±0,03	0,26±0,02	0,31±0,03

Примечание: 1 – покой, 2 – нагрузка; А – тренированные, Б – нетренированные

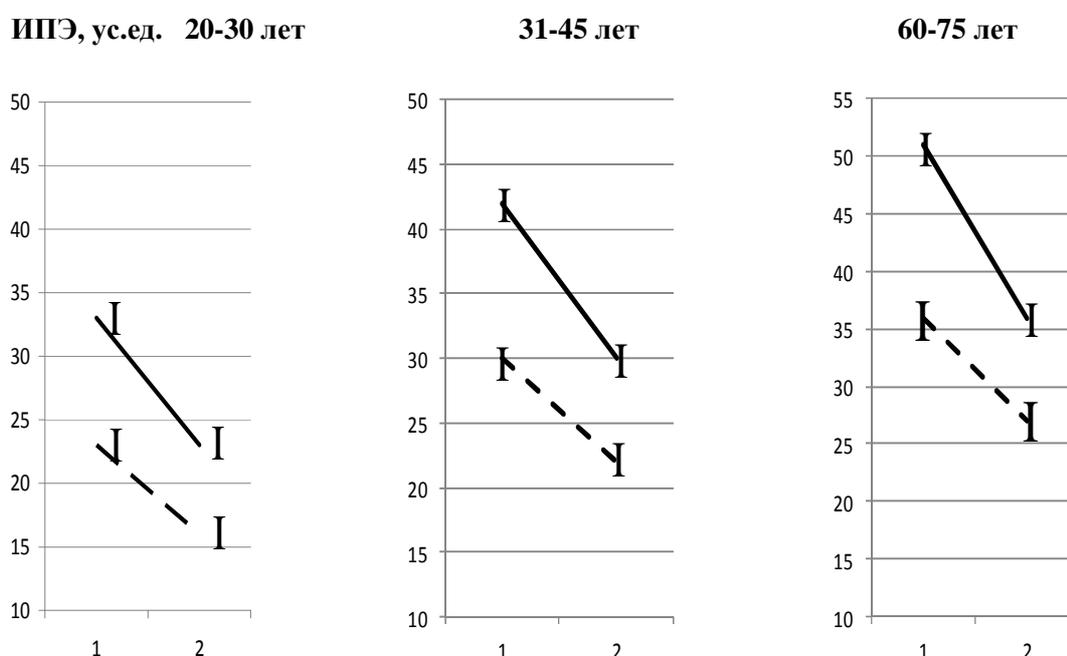
С целью оценки адаптационных резервов системы кровообращения анализировали показатели, отражающие уровень функционирования, возможности мобилизации и эффективности. Выявленная динамика параметров центральной гемодинамики женщин ведущих обычный образ жизни позволяет заключить, что основные возрастные изменения в системе кровообращения были связаны с резким снижением величины систолического объема с 52,8±2,0 мл в молодом возрасте до 39,0±1,4 мл у женщин пожилого возраста ($p<0,01$), ростом диастолического давления в среднем на 20,0 %, ($p<0,01$) и увеличением сосудистого сопротивления почти в два раза ($p<0,01$). Отмеченные изменения свидетельствуют, что возможности обеспечения кардио-гемодинамического гомеостаза с возрастом

снижаются, а уровень функционирования системы кровообращения как отражение функциональных резервов изменяется, при этом метаболический запрос миокарда возрастает. В этой связи следует отметить, что наряду с морфо-функциональными изменениями с возрастом корректировался и тип кровообращения, характеризующий качественные возможности к адаптации организма в целом. Если в молодом возрасте преобладал эукинетический тип кровообращения при котором показатели сердечного индекса равнялся в среднем $2,43 \pm 0,1$ л/мин/м², то у женщин среднего и пожилого возраста формировался гипокINETический тип кровообращения при котором значения СИ составляли $1,93 \pm 0,1$ и $1,70 \pm 0,15$ л/мин/м², ($p < 0,01$) соответственно. При этом показатели ОПСС с возрастом возрастали. Таким образом, изменения типа кровообращения в возрастном аспекте являлись отражением перестройки механизмов регуляции гемодинамики в организме в сторону сосудистой компоненты. Изменения в системе гомеостатического регулирования, в соответствии с этапами онтогенетического развития, определяли и формирование нового стационарного состояния, характеризуемого ограниченными возможностями по адекватному кровоснабжению тканей. Эти сдвиги нашли своё отражение в возрастной динамике уменьшения величины сердечного выброса: показатели МОК прогрессирующе снижались с $4,21 \pm 0,1$ л/мин в молодом возрасте до $3,46 \pm 0,2$ в зрелом и $3,10 \pm 0,1$ л/мин, ($p < 0,01$), у женщин пожилого возраста. Несомненно, важным в оценке эффективности системы кровообращения является определение уровней сопряженности основных регуляторов газового гомеостаза, интегральной характеристикой которой является показатель ИПЭ. Как следует из результатов исследования с возрастом возможности основных эффекторов, обеспечивающих эффективность всей транспортной системы, значительно снижались. Ведущими факторами, лимитирующими приспособительные возможности системы в данном случае, являлись реципрокные взаимосвязи между главными регуляторами, когда повышение среднего динамического давления с возрастом сопровождалось снижением показателей утилизации кислорода.

Адаптационные возможности мобилизации гемодинамики оценивались при выполнении стандартных физических нагрузок субмаксимальной мощности. Регуляция сердечного выброса во время проведения нагрузочного теста обеспечивалась во всех возрастных группах за счет хронотропного и инотропного резервов сердца. Показатели МОК на пике нагрузки составляли $18,20 \pm 0,6$ л/мин у молодых девушек, $14,69 \pm 0,90$ л/мин у женщин среднего возраста и $10,40 \pm 0,50$ л/мин у пожилых обследуемых. Наиболее высокая активность механизмов саморегуляции сердечной деятельности отмечалась у девушек. Для них характерны более высокие значения тахикардии и величины ударного объема сердца. Однако реакция системы кровообращения на физическую нагрузку соответствовала гипертоническому типу. Достаточно высокий уровень активации системы кровообращения был зафиксирован и у женщин среднего возраста. При этом величина мощности выполняемой работы на одно сердечное сокращение у них было максимальной по отношению к другим возрастным группами. У женщин пожилого возраста основные гемодинамические сдвиги бы связаны с незначительным ростом

систолического артериального давления при стабильных величинах диастолического давления. Несмотря на увеличение показателей систолического объёма, эффективность сердечной деятельности была низкой. Показатель Вт/пульс был наименьшим по отношению к другим возрастным группам. Физические нагрузки субмаксимальной мощности оказывали стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования, связанные с активизацией метаболических процессов. Вместе с тем эффективность адаптационно-регуляторных механизмов определялась адекватностью обеспечения кислородного запроса в соответствии с возможностями основных регуляторов кислородного режима организма. Возрастная динамика ИПЭ свидетельствует о снижении интегративных способностей всей кислород-транспортной системы в реализации приспособительного эффекта по мере увеличения возраста обследуемых. Наиболее низкими ресурсами гомеостатического регулирования обладали женщины пожилого возраста (рис 1).

Показатели эффективности КЭКРС женщин трех возрастных групп в покое и при физической нагрузке



Примечание: --- показатели покоя; --- показатели нагрузки
1 – нетренированные; 2 - тренированные

Рис.1. Показатели эффективности кардиореспираторной системы женщин трех возрастных групп в покое и при физических нагрузках

Одной из возможностей коррекции функционального состояния системы кровообращения является использование программ произвольного управления дыханием, когда через активизацию респираторной системы возможно целенаправленное влияние на механизмы регуляции гемодинамики. Предложенные комплексы респираторного тренинга, реализуемого в течение длительного времени, позволили за счёт информативных и энергетических воздействий значительно повысить приспособительные возможности системы кровообращения. Расширение возможностей гомеостатического регулирования определялось тренирующим влиянием экстракардиальных факторов на механизмы регуляции сердечной деятельности и сосудистый тонус. Во всех возрастных группах отмечено усиление отрицательного хронотропного эффекта, приводящего к снижению частоты сердечных сокращений в покое и усилению положительного инотропного эффекта, обуславливающего увеличение систолического объёма сердца. Регулирующие влияния на сердечную деятельность в итоге обеспечили рост сердечного выброса у женщин среднего возраста до $4,10 \pm 0,23$ л/мин, ($p < 0,05$), а у женщин пожилого возраста – до $3,50 \pm 0,10$ л/мин, ($p < 0,05$). При этом метаболический запрос миокарда снижался, о чём свидетельствует уменьшение показателей ДП во всех возрастных группах от 23,0 % у девушек, до 35,0 % у женщин пожилого возраста, ($p < 0,001$). Регулярные респираторные тренировки способствовали росту приспособительных возможностей организма вследствие изменения типа кровообращения на эукинетический, характеризуемый увеличением значений СИ в среднем на $0,58$ л/мин/м², ($p < 0,001$) и $0,44$ л/мин/м², ($p < 0,05$) у обследуемых среднего и пожилого возраста соответственно. При этом отмечалось снижение показателей периферического сопротивления сосудов. Отмеченные сдвиги в состоянии гемодинамики свидетельствовали об усилении роли сердечной компоненты в регуляции кровообращения, что является проявлением роста адаптационных возможностей и совершенствования механизмов регуляции кардио-гемодинамического гомеостаза. Таким образом, регулярные респираторные тренировки оказывали ярко выраженное кардиопротекторное и гипотензивное действие и, в связи с этим, могут быть использованы в профилактике и реабилитации кардиологических больных. У девушек под влияние респираторных тренировок тип кровообращения не изменился. Одним из важнейших эффектов произвольного управления дыханием следует признать повышение эффективности всей системы кислородного обеспечения организма. Учитывая общность закономерностей регуляции кровообращения и респираторных функций при повышении функционального запроса организма, респираторная тренировка способствовала формированию функциональной системы, эффективно обеспечивающей адаптационный запрос. Энергетические траты, связанные с реализацией этих функций, снижались, а эффективность регуляции кислородного режима организма повышалась. ИПЭ во всех возрастных группах уменьшился относительно показателей нетренированных женщин.

Произвольно управление дыханием оказывало тренирующее действие на систему кровообращения, повышая её функциональные резервы. Выполнение стандартной физической нагрузки сопровождалось проявлением эффекта

экономизации, связанного со снижением реактивности и уменьшением гемодинамических сдвигов. Тип реакции система кровообращения на физическую нагрузку определялся как нормотонический. Эффективность всей системы кислородного обеспечения организма значительно повысилась (рис. 1).

Таким образом, как следует из представленных результатов, у нетренированных женщин в состоянии относительного покоя эффективность механизмов кислородного обеспечения организма с возрастом снижается. Физическая нагрузка является стимулирующим фактором, способствующим активизации механизмов гомеостатического регулирования. Использование программ респираторного тренинга позволяли значительно повысить возможности основных эффекторов в регуляции кислородного запроса организма как в состоянии покоя, так при физических нагрузках. Особо высокие уровни эффективности функциональной системы кислородного обеспечения были достигнуты в результате регулярного респираторного тренинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанная программа произвольного управления дыханием, включающая в себя форсированное дыхание, задержки дыхания, активизацию диафрагмального дыхания, изменения параметров паттерна дыхания, статические и динамические дыхательные упражнения оказывает стимулирующее влияние на механизмы гомеостатического регулирования вне зависимости от возраста женщин.
2. Регулярные респираторные тренировки за счёт информативных и энергетических воздействий способствовали росту приспособительные возможности системы кровообращения. Расширение возможностей гомеостатического регулирования определялось тренирующим влиянием экстракардиальных факторов на механизмы регуляции сердечной деятельности и сосудистый тонус, формированием эукинетического типа кровообращения.
3. Регулярные респираторные тренировки оказывают ярко выраженное кардиопротекторное и гипотензивное действие и могут быть использованы в профилактике и реабилитации кардиологических больных.

Список литературы

1. Коркушко О. В. Резервные возможности основных функций сердечно-сосудистой системы при старении. / О. В. Коркушко, Ю. Т. Ярошенко // Проблемы старения и долголетия. – 2012. – 21, № 2. – С.119–152.
2. Быков А. Т. Анализ гемодинамики в позднем онтогенезе у лиц с различными режимами двигательной активности / А. Т. Быков, В. В. Мякотный, Л. С. Хадасевич, И. А. Зайцев // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – № 4. – С. 16–19.
3. Collins E. G. Can Ventilation-Feedback Training Exercise Tolerance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease? / E. G. Collins, W. E. Langbein // Am. J.Respir.Care Med. – 2008. – № 177(8). – P. 844–852.
4. Miller J. D. Expiratory threshold loading impairs cardiovascular function in health and chronic heart failure during submaximal exercise / J. D. Miller, S. J Nemaier // J. Appl Physiol. – 2006. – № 101(1). – P. 213–227.

5. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – Москва: Университет дружбы народов, 2006. – 281 с.
6. Анализ интегральных показателей респираторно-гемодинамической системы у студенток медицинского вуза первого года обучения. / Т. И. Тананакина, Д. Н. Борулько, О. С. Бесплахотная [и др.] // Украинский морфологический альманах. – 2013. – Т. 11, № 2. – С. 24.
7. Гринченко В. Т. Модель взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем. / В. Т. Гринченко, А. Г. Рудницкий // Акустический вестник. – 2006. – Т. 9, № 3. – С. 16–26.
8. Бородина М. А. Оценка кардиореспираторных взаимодействий на основе комплексного изучения гемодинамики малого круга кровообращения, респираторной функции, газового состава крови у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. / М. А. Бородина // Вестник новых медицинских технологий – 2011. – Т. XVIII, №2. – С. 413.

AGE FEATURES RANDOM HEMODYNAMIC EFFECTS OF BREATHING

Bukov Y. A., Burbanova O. N.

*Crimean Federal University. V.I. Vernadsky, Simferopol, Russia
E-mail: buddhaom@mail.ru*

The circulatory system is the main functional system of life of the human body. In the process of ontogenetic development of the heart and blood vessels are exposed to significant morphological changes, which are largely limited adaptive capacities.

Cardiovascular and respiratory systems, combined in a single cardiorespiratory system closely cooperate to ensure homeostatic properties of the whole organism. In this process of external respiration have a permanent impact on the heart. Given the high degree of conjugate functions of circulation and respiration, it is possible through conscious control of respiration influence on the circulatory system. As follows from the results in untrained women in a state of relative calm efficiency of mechanisms of oxygen supply of the body decreases with age. Physical activity is a stimulating factor contributing to the activation mechanisms of homeostatic regulation. Regular use of respiratory training program can significantly increase the possibility of the main effectors in the regulation of the body's oxygen request is at rest, so if you exercise.

The program developed voluntary control of breathing, including the forced breathing, breath retention, activation of diaphragmatic breathing, changes in breathing pattern parameters, static and dynamic breathing exercises have a stimulating effect on the mechanisms of homeostatic regulation *vnezavisimosti* on the age of women.

Studies have shown that regular exercise due to respiratory informative and energetic influences contributed to the growth of adaptive possibilities of the circulatory system.

Keywords: hemodynamics, voluntary breath control, homeostatic regulation.

References

1. Korkushko O.V., Yaroshenko Y.T. Redundant possible basic functions of the cardiovascular system during aging. *Problems of aging and longevity*, **21**, **2**, 119 (2012)
2. Bykov A.T., Mykotny V.V. Analysis of hemodynamics in late ontogeny in individuals with different modes of motor activity. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical training*, **4**, 16, (2011).

3. Collins E.G., Langbein W.E. Can Ventilation-Feedback Training Exercise Tolerance in Patients with Chonic Obstructive Pulmonary Disease, *Am. J.Respir.Care Med.*, **177(8)**, 844. (2008).
4. Miller J.D., Hemaer S.J. Expiratory threshold loading impairs cardiovascular function in health and chonic heart failure during submaximal exercise. *J. Appl Physiol.*, **101(1)**., 213 (2006).
5. Aghajanian N.A., Baevsky R.M. Problems of adaptation and teaching about health. *Moscow University of Friendship of Peoples*, 281 p. (2006).
6. Tananakin T.I., Borulko D.N. An analysis of integrated indicators respiratory hemodynamic system in medical school students the first year. *Ukrainian morphological Almanac.*, **11, 2**, 24 (2013).
7. Grinchenko V.T., Rudnicki A.G. Interaction model of the cardiovascular and respiratory systems. *Acoustic Bulletin.*, **9, 3**, 16 (2006).
8. Borodina M.A. Evaluation of cardiorespiratory interactions based on a comprehensive study of hemodynamics of the pulmonary circulation, respiratory function, blood gas in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Bulletin of new medical technologies.*, **13, 2.**, 413 (2011).

Поступила в редакцию 05.12.2015 г.

УДК [574.3+582.594](477.75)

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВОЗРАСТНЫХ СОСТОЯНИЙ И ОНТОГЕНЕЗ *HEDYSARUM TAURICUM* PALL. EX WILLD

Вахрушева Л. П., Абдулганиева Э. Ф.

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
E-mail: vakhl@inbox.ru*

Приводятся анатомо-морфологические признаки, необходимые для дифференциации регенеративных возрастных состояний (проростков, ювенильных, иматурных, виргинильных), генеративных (g_1 , g_2 , g_3) с выделением субсенильных и сенильных растений, и на основе полученных данных проводится периодизация онтогенеза *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd.

Ключевые слова: *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd., возрастные состояния, онтогенез.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение популяций растений является одной из базовых основ теоретической фитоценологии, решающей вопросы совместного произрастания видов в сообществах и многообразия взаимоотношений «ценопопуляция-фитоценоз» [1]. Фитопопуляционные исследования с необходимой точностью позволяют провести как диагностику состояния ценопопуляций видов, так и определить перспективы существования фитоценоза в целом при конкретном состоянии слагающих его популяций, определить реальную степень угрозы их существованию, прогнозировать реакцию растений на неблагоприятные воздействия среды обитания.

Наиболее неблагоприятными факторами окружающей среды на территории Крыма в настоящее время является комплексная антропогенная деструкция природных мест обитаний. *Hedysarum tauricum* приурочен в своем произрастании к щебнистым известняковым и мергелистым почвам, т. е. к землям, которые широко вовлекаются как в создание карьеров, так и используются для добычи строительных материалов.

Природоохранный статус вида *Hedysarum tauricum* на территории Крымского полуострова, согласно сводкам 1996 [2], оценивался как «довольно обильный», однако активное воздействие антропогенного фактора на места естественного произрастания привело к сильному сокращению численности вида, что обосновало необходимость включения данного объекта в Красную книгу Республики Крым и закрепление статуса «редкий вид».

Учитывая современный природоохранный статус *Hedysarum tauricum*, отсутствие сведений о возрастной дифференциации особей этого вида и данных о протекании его онтогенеза, нами были проведены исследования в сохранившихся сообществах по

выделению ключевых морфолого-анатомических признаков для дифференциации возрастных состояний *Hedysarum tauricum* и выделения онтогенетических периодов его жизненного цикла в вегетационные сезоны 2013–2015 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фитоценозы, в которых произрастает *Hedysarum tauricum*, были исследованы классическими геоботаническими методами [3, 4]. Данные о фитоценотической приуроченности показали, что *Hedysarum tauricum* в условиях Предгорья Крыма встречается как в составе ассоциаций *Hedysarietum scabioso linariosum* (Бахчисарайский район, с. Севастьяновка) и *Hedysarietum festucoso stipiosum* (Белогорский район, пгт Зуя), принадлежащих к типу растительности Tomillares [5], так и в фитоценозах типа растительности Steppa, в ассоциации *Stipeto teucrietum festucoso hedysariosum* (Бахчисарайский район, с. Севастьяновка) [5].

В пределах установленных ценопопуляций изучались морфологические признаки *H. tauricum*, пригодные для дифференциации возрастных состояний особей этого вида по общепринятым методам [6, 7, 1, 8]. Для уточнения цикличности развития побегов и подсчета возраста субсенильных и сенильных растений проводились анатомические исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологический анализ позволил выявить комплекс качественно-количественных признаков, которые легли в основу выделения в жизненном цикле копеечника крымского 4 онтогенетических периодов (латентный, прегенеративный, генеративный, постгенеративный), и подразделить их на 12 возрастных состояний.

Латентный период представлен семенами (*se*). Размножается копеечник крымский преимущественно семенами. Плод – боб, распадающийся при созревании на округло-эллиптические членики, покрытые прижатыми волосками, без шипиков и бугорков, на поверхности с сеточкой из ребрышек. Семена темно-коричневые округлой формы 3 x 3 мм.

Прегенеративный период

Проростки (р). В природных условиях появление первых проростков происходит в конце весны – начале лета, как правило, после периода интенсивных дождей. Более массовое прорастание семян приурочено к середине июля. У проростков хорошо развиты 2 супротивных сидячих семядольных листа. Они имеют округлую форму, чешуйчатые, желтоватые или коричневатые, по консистенции – кожистые, их длина и ширина почти одинаковы и соответствуют 3 x 4 мм. Спустя небольшой промежуток времени (5–7 дней) появляются следующие листья (третий и четвертый): хорошо развитые, зеленые, имеющие цельную овальной формы листовую пластинку с тупой верхушкой. Длина листовой пластинки составляет $9,6 \pm 0,5$ мм, ширина – $4,0 \pm 0,2$ мм. Длина черешка у найденных особей варьировала от 7 мм до 25 мм. В случае нормального развития через месяц проростки переходят в ювенильное возрастное состояние.

Ювенильные (j). У многих ювенильных особей могут сохраняться темно-коричневые кожистые семядоли и продолжают оставаться жизнеспособны 3-ий и 4-

ый черешковые листья. При нормальном прохождении фаз онтогенеза качественным отличием ювенильного возраста является развитие тройчатосложных листьев (5-го и 6-го). Междоузлия в этом возрастном состоянии сильно сближены, что создает впечатление супротивного листорасположения молодых листьев. Положение эпикотилия и гипокотилия перпендикулярно поверхности горизонта почвы.

Абсолютный возраст ювенильных растений соответствует 1–2 месяцам. К концу лета ювенильные особи достигают имматурного возрастного состояния.

Имматурное состояние. Анализ растений, принадлежащих к этой возрастной группе, показал, что здесь по качественно-количественным признакам можно выделить три подвозраста: im_1 , im_2 , im_3 .

У особей im_1 сохраняются 2 тройчатосложных листа и появляются 2 непарноперистосложных листа с 2-мя парами листочков. Эпикотиль и гипокотиль располагается по вертикальной линии.

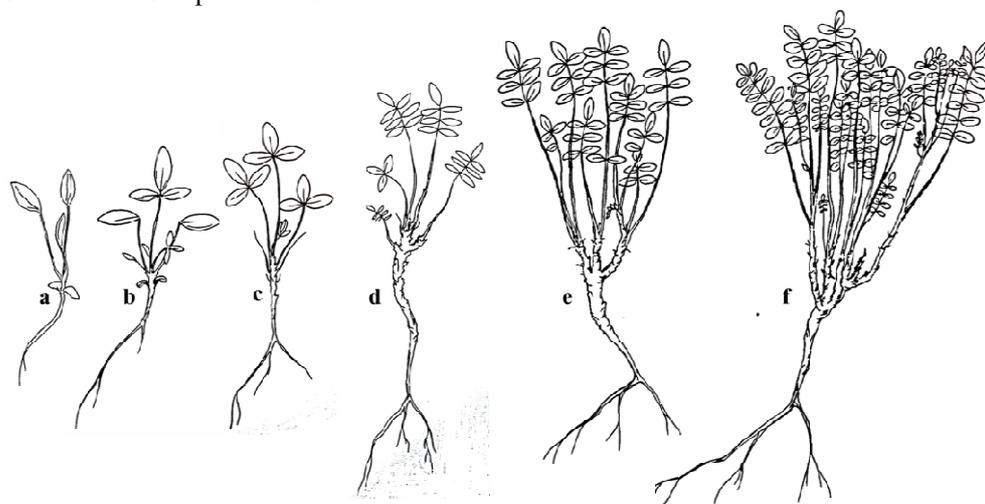


Рис. 1. Схема регенеративных возрастных состояний *Hedysarum tauricum* а – проросток (p); б – ювенильная особь (j); в – молодая имматурная (im_1); д – средневозрастная имматурная (im_2); е – зрелая имматурная (im_3); ф – виргинильная (v) [Рис. Заднепровская А. В.].

Имматурные особи средней группы (im_2) развивают еще 2–4 листа уже с 3-мя парами листочков. К этому возрасту отмирают листья проростков, но при основании побега сохраняются тройчатосложные листья. Эпи- и гипокотиль располагаются под тупым углом друг к другу. В области корневой шейки начинают возникать боковые побеги, у которых последовательно развиваются листья, характерные для молодых имматурных особей (im_1).

У зрелых имматурных особей (im_3) интенсивно развиваются боковые побеги, число которых достигает 3-х, редко 4-х. Они имеют моноподиальное ветвление и укороченные междоузлия, в узлах которых появляются листья с 4–5 парами листочков. Высота растения достигает 7–10 см. Таким образом, новообразованиями

для зрелого имматурного возраста является увеличение количества боковых побегов и появление листьев с 4–5-ю парами листочков. На стадии зрелой имматурной особи растение уходит в перезимовку. Продолжительность этого возраста составляет 3–4 месяца.

У растений *виргинильного возраста* (v) четко выражено чаще всего коленчатое взаиморасположение эпи- и гипокотилия. Это наблюдается практически у всех особей, произрастающих на крутых склонах. Если поверхность места обитания ровная, то эта коленчатость выражена слабее. Виргинильные особи, как правило, уже не развивают главный побег, он улиткообразно скручивается и засыхает, а боковые побеги продолжают дальнейшее развитие, междоузлия их удлиняются, и на каждом побеге к уже сохранившимся листьям возраста im_3 добавляются 2–3 листа с 5–8 парами листочков. Длина побегов составляет 15–25 см. До конца вегетационного периода 2-го года они находятся в виргинильном возрастном состоянии, а их развитие заключается только в формировании дополнительных боковых побегов. В этом виде растение уходит во 2-ю перезимовку и к 3-му году жизни при благоприятных условиях формирует молодое генеративное растение.

Генеративный период

Молодые генеративные (g_1) растения, высотой 25–40 см, у них развивается до 7–8 генеративных побегов и до 5–6 вегетативных, окончательно формируется типичный габитус вида. На одном цветonoсном побеге в пазухах сложных листьев образуются 1–3 соцветия – кисть с акропетально распускающимися мотыльковыми цветками. Оба типа боковых побегов развиваются только один вегетационный сезон (моноциклически), поэтому к весне следующего года они полностью отмирают, что подтверждается проведенными нами анатомическими исследованиями. Главный корень утолщается, основания одревесневших многолетних побегов формируют каудекс. В этом возрастном состоянии растение находится 2–3 года.

Зрелые генеративные (g_2) растения имеют высоту 40–50 см, большая часть их побегов – генеративные, число которых в этом возрасте составляет 20–40 побегов. Каждый из них формирует по 3–7 соцветий. Число пар листочков в составе сложного листа может достигать 9–11. Диаметр основания куста – 20–40 см. Образуется мощный каудекс. Переход в следующее возрастное состояние происходит через 7–10 лет.

Зрелые генеративные (g_3) продолжают развивать генеративные побеги, число которых может достигать 50–150, высотой 40–55 см, изредка вырастающих до 60 см. Диаметр основания куста значительно увеличивается (45–80 см) за счет ежегодного отмирания травянистой части и частичного или полного расщепления каудекса на 4–5 партикул, которые еще сохраняют связь с материнским растением. Длительность этого состояния – 10–12 лет.



Рис. 2. Схема генеративных и сенильных возрастных состояний *Hedysarum tauricum*
 g – молодая генеративная (g_1); h – средневозрастная генеративная (g_2); i – зрелая генеративная (g_3); j – субсенильная (ss); k – сенильная (s); l – поливариантное развитие особей ss состояния [Рис. Заднепровская А. В.].

Сенильный период

У особей **субсенильного возраста** (ss) происходит резкое снижение генеративной функции. Это проявляется в уменьшении числа цветonoсных побегов до двух-трех, и формировании соцветий с небольшим количеством цветков (4–5), а также в увеличении числа вегетативных побегов, число которых со временем будет только возрастать. Однако эти побеги имеют в несколько раз меньшую высоту, чем в возрасте g_3 , практически не ветвятся и имеют не более 3–4 листьев. Высота растений ss возраста – не более 30 см. Продолжаются процессы партикуляции, интенсивность которых зависит от погодных условий и условий микрорельефа территории. Продолжительность субсенильного возраста составляет 3–5 лет.

Сенильные (s) особи в популяциях немногочисленны. Сильно выражены процессы образования партикул и расщепления каудекса и главного корня. Заметнее обозначаются признаки сенильности, уже имевшие место у субсенильных

особей: утончаются надземные побеги, сохраняется их слабое ветвление, листья развиваются в числе 1–2 или вовсе не образуются. Максимальное нахождение особей в это возрастном состоянии – 2–3 года.

Анатомическое строение

Для подтверждения моноциклического развития генеративных побегов было проведено изучение их анатомической структуры. Однолетние побеги *Hedysarum tauricum* снаружи покрыты эпидермой с толстой кутикулой. Под эпидермой расположен один слой прозрачных клеток. Затем следуют клетки первичной коры, верхние слои которой выполняют фотосинтезирующую функцию (хлоренхима). В ребрах под эпидермой находится 3–4 слоя механической ткани – колленхимы. Проводящая система изначально имеет пучковый тип строения. Участки первичной флоэмы, располагающиеся дугами над первичными проводящими пучками, одревесневают и выполняют механическую функцию. Камбий между пучками формирует прочную механическую ткань, которая объединяет ксилемные участки проводящих пучков в единое кольцо. Участки ксилемы первичного проводящего пучка ограничены крупными широкопросветными сосудами. Сердцевина в центре разрушается, образуя полость, но остается хорошо выраженная перимедулярная зона (рис. 3, А).

Определение возраста растений генеративного и постгенеративного периодов проводилось с помощью подсчета годичных колец у основания главного корня (рис. 3, Б).

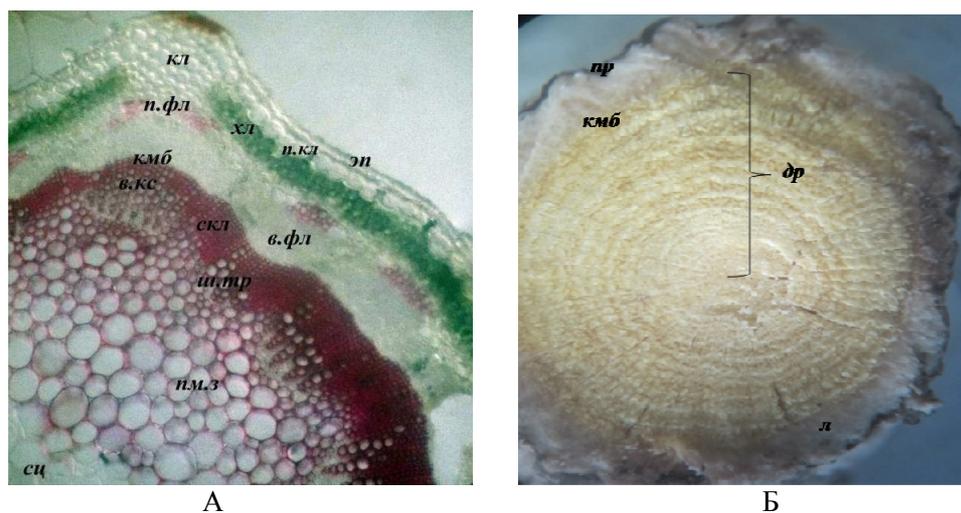


Рис. 3. А. Поперечный срез моноциклического генеративного побега *Hedysarum tauricum*. Обозначения: в.к.с – вторичная ксилема; в.фл. – вторичная флоэма; кл – колленхима; к.м.б – камбий; п.фл – первичная флоэма; п.м.з – перимедулярная зона сердцевины; скл – склеренхима; сц – сердцевина; хл – хлоренхима; ш.тр – широкопросветные трахеиды метаксилемы; эп – эпидерма;

Б. Спил корня зрелой генеративной особи (g_2). *Обозначения:* др – древесина; кмб – камбий; л – луб; пр – пробка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Морфологическими критериями дифференциации прегенеративных возрастных состояний *Hedysarum tauricum* являются: изменение структуры листа из простого с цельной листовой пластинкой до тройчатосложного и непарноперистосложного; увеличение числа пар листочков в составе сложного листа; возрастание числа боковых побегов и удлинение междоузлий.
2. Растения генеративного возраста (g_1 , g_2 , g_3) отличаются количеством побегов (вегетативных и генеративных), диаметром куста, числом пар листочков в составе сложного листа, появлением каудекса.
3. Субсенильные и сенильные растения характеризуются уменьшением числа генеративных побегов (до 2–3), снижением количества цветков в соцветии (до 4–5), уменьшением числа листьев при увеличивающемся количестве слабо сформированных вегетативных побегов, расщеплением каудекса и корня, появлением партикул.
4. Онтогенез *Hedysarum tauricum* – полный: в ходе него реализуются механизмы, как нормального, так и поливариантного развития; в случае нормального развития онтогенез проходит за 27–36 лет.
5. При благоприятных условиях у особей возрастного состояния g_3 задерживаются процессы старения, достигается максимальный виталитет и сокращается длительность постгенеративного периода.

Список литературы

1. Уранов А. А. Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения) / А. А. Уранов, А. Г. Богданова, Н. М. Григорьева. – М.: Наука, 1975. – 136 с.
2. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. – Второе изд. – Ялта: ГНБС, 1996. – 86 с.
3. Работнов Т. А. Фитоценология / Т. А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 296 с.
4. Шенников А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников. – Ленинград: ЛГУ, 1964. – 447 с.
5. Вахрушева Л. П. Пространственная структура и ценотическая приуроченность *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd. в предгорном Крыму / Л. П. Вахрушева, Э. Ф. Абдулганиева // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе (Симферополь, 24–26 октября 2013 г.)» – Симферополь, 2013. – 426 с.
6. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 266 с.
7. Смирнова О. В. Динамика ценопопуляций растений / О. В. Смирнова, И. М. Ермакова, Л. Е. Гатцук. – М.: Наука, 1985. – 207 с.
8. Ценопопуляции растений: развитие и взаимоотношения. – Москва: Наука, 1977. – 133 с.

**MORPHOLOGICAL CRITERIA OF AGE STATUS AND ONTOGENESIS OF
HEDYSARUM TAURICUM PALL. EX WILLD (CRIMEA)**

Vakhrusheva L. P., Abdulganieva E. F.

Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Russia
E-mail: vakhl@inbox.ru

The state of coenopopulations *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd. is one of the most important components in phytocoenosis of Type vegetation Tomillares and Petrophytes Steppes of the Crimean foothills. The confinement of the coenopopulation *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd. to the grow in associations is noted *Hedysarietum scabioso linariosum* (Bakhchisaray rejoin, v. Sevastianovka) и *Hedysarietum festucoso stipiosum* (Belogorsk rejoin, pgt. Zujja), bilong to type of vegetation Tomillares [1] and in phytocoenosis of Type Steppa, in association *Stipeto teucrietum festucoso hedysariosum* (Bakhchisaray rejoin, v. Sevastianovka).

The results of searching for morphological criteria, that differentiate the pregenerative and generative age stages and anatomic investigation which are need for differentiate subsenilis and senilis age group are represented. Sufficient information of using such qualitative characteristics for highlighting the pregenerative age stages (plantula, juvenalis, immature, virginale) as the shape of the leaf and the degree of the leaf blade dissection are related. The latent period ontogenesis of *Hedysarum tauricum* is represented by seeds. The main way of self-support in coenopopulation on *Hedysarum tauricum* is seminal.

Plantula appears in spring–summer and has two brown cotyledonary leaves. In 5–7 days appear two green simple ones.

Juvenalis plant has two trifoliolate leaves (5 and 6) and two odd pinnate leaves with two pair leaves.

The immature age stage was differentiated on im1, im2, im3 and plants in this age have from 2–4 leaves with 3 pair leaves to leaves with 4–5 pair leaves. Immature plants im3 have 3–4 lateral shoots. They have monopodial branches with short internodes.

The **virginale** plants do not develop the main shoot, but lateral shoots go on further developing and each shoot has 2–3 leaves with 5–8 pair leaflets which are added. It takes 2–3 (or 4) years for the pregenerative phase of development of *Hedysarum tauricum* to go through. Morphological characteristics of each age stage are supported by schemes included in the text.

Each age stage of the **generative** period is defined by the number generative and vegetative shoots, the size of bush, number of pair leaflets (9–11) in odd pinnate leaves. The ontogeny of *Hedysarum tauricum* – entire: during which implemented mechanisms of both normal and multivariate are developed. In the case of normal development the ontogenesis lasts for 27–36 years. The schemes of age stages of the generative and subsenilis and senilis phase of development are shown too.

Keywords: *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd., coenopopulation, morphological criteria, age stages, ontogenesis.

References

1. Uranov A. A., Bogdanova A. G., Grigor'eva N. M. *Coenopopulations of plants (development and relationships)*, 136 p. (M.: Science, 1975).
2. Golubev V. N. *The biological flora of Crimea*, 125 p. (NBS, Yalta, 1996).
3. Rabotnov T. A. *Phytocoenology*, 296 p. (M: MSU, 1983).
4. Schennikov A. P. *Introduction in geobotany*, 447 p. (L.: Publ. of Leningrad University, 1964).
5. Vakhrusheva L. P., Abdulganieva E. F. The spatial structure and cenotical confinement *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd. in the foothills of the Crimea, *The Nature Reserves of the Crimea. Biodiversity and Conservation in Sea of Azov and Black Sea Region. Materials of The 7th International Scientific-Practical Conference*. – 426 p. (Simferopol, 2013 October 24–26).
6. Zlobin U. A. *Population ecology of plants: current status and growth points*, 262 p. (University book, Sumy, 2009).
7. Smirnova O. V., Ermakova I. M., Gatszuk L. E. *Dynamic of plant conopopulation* – 207 p. (M.: Science, 1985).
8. *Coenopopulations of plants: development and relationships*. – 133 p. (M.: Science, 1977).

Поступила в редакцию 23.11.2015 г.

УДК 595.44 (477.75)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ ПАУКОВ (ARACHNIDA, ARANEI) КАЗАНТИПСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (КРЫМ)

Ковблюк Н. М.¹, Надольный А. А.², Кастрыгина З. А.¹, Валюх И. Ф.¹

¹ Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь

² Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь

E-mail: kovblyuk@mail.ru

В Казантипском природном заповеднике найдено 109 видов пауков. Из них 66 видов зарегистрированы тут впервые. Пять видов регистрируются впервые для Крыма (*Archaeodictyna minutissima* из Dictynidae; *Micaria donensis* из Gnaphosidae; *Aelurillus laniger* и *A. m-nigrum* из Salticidae; *Crustulina sticta* из Theridiidae). Два из этих видов (*Micaria donensis* и *Aelurillus m-nigrum*) также отмечаются впервые для Украины.

Ключевые слова: пауки, Aranei, аннотированный список, *Archaeodictyna minutissima*, *Micaria donensis*, *Aelurillus laniger*, *A. m-nigrum*, *Crustulina sticta*.

ВВЕДЕНИЕ

Первые данные о пауках Казантипского природного заповедника появились совсем недавно [1]. Тогда по результатам обработки небольших сборов в заповеднике было отмечено 40 видов пауков (хотя в тексте статьи фигурирует цифра в 39 видов, так как при подсчёте был пропущен вид *Geolycosa vultuosa* [С.Л. Koch, 1838]). Весной 2013 года Н. М. Ковблюком и А. А. Надольным была предпринята первая целенаправленная экспедиция для дальнейшего выявления видового состава пауков Казантипского заповедника. Некоторые фрагментарные данные о пауках Казантипского заповедника были опубликованы в фаунистической [2] и таксономической [3] работах, где с использованием материала из заповедника был описан новый для науки вид *Lathys lehtineni* Kovblyuk, Kastrygina, Omelko, 2014 (Dictynidae). В 2015 году с целью получения дополнительных данных о видовом составе пауков локальной фауны Казантипа, Н. М. Ковблюком, З. А. Кастрыгиной и И. Ф. Валюхом была предпринята вторая, осенняя, экспедиция. Ниже представлены результаты, полученные в этих двух экспедициях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал собран 2–10 мая 2013 г. и 26–31 октября 2015 г. Кроме того, обработаны небольшие сборы автора и О. В. Кукушкина за 2013 год. Для сбора материала использовались стандартные методы: ручной, энтомологическое кошение, просеивание подстилки и отряхивание крон. Обработанный материал хранится в Национальной арахнологической коллекции Таврического

национального университета им. В. И. Вернадского (ныне – «Таврическая академия Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского»).

Цель работы – представить результаты обработки новых сборов и дать обновлённый аннотированный список видов пауков Казантипского природного заповедника.

Семейства, роды и виды приводятся в алфавитном порядке. После аббревиатуры места хранения (TNU) приводятся инвентарные номера экземпляров в коллекции. Фамилии и инициалы сборщиков приводятся в сокращённом виде: А. Н. – А. А. Надольный; З. К. – З. А. Кастрьгина; И. В. – И. Ф. Валюх; Н. К. – Н. М. Ковблюк; О. К. – О. В. Кукушкин.

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ПАУКОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ В КАЗАНТИПСКОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Семейство Agelenidae

Род *Agelena* Walckenaer, 1805

1. *Agelena orientalis* C.L. Koch, 1837: [1].

Род *Eratigena* Bolzern, Burckhardt et Hanggi, 2013

2. *Eratigena agrestis* (Walckenaer, 1802): [1 – как *Tegenaria*]; 3 ♀♀ (TNU-3362/30), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Tegenaria* Latreille, 1804

3. *Tegenaria lapicidinarum* Spassky, 1934: 3 ♂♂ (TNU-3290/5), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Amaurobiidae

Род *Amaurobius* C.L. Koch, 1837

4. *Amaurobius erberi* (Keyserling, 1863): 1 ♀ (TNU-3290/21), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 6 ♂♂, 10 ♀♀ (TNU-3362/6), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство Araneidae

Род *Aculepeira* Chamberlin et Ivie, 1942

5. *Aculepeira armida* (Savigny et Audouin, 1826): [1].

Род *Agalenatea* Archer, 1951

6. *Agalenatea redii* (Scopoli, 1763): [1]; 17 ♂♂, 40 ♀♀ (TNU-3290/31), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 4 ♀♀ (TNU-3291/2), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.

Род *Araneus* Clerck, 1757

7. *Araneus circe* (Savigny et Audouin, 1826): [1].

8. *Araneus diadematus* Clerck, 1757: [1]; 2 ♀♀ (TNU-3362/24), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Argiope* Savigny et Audouin, 1826

9. *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772): [1]; 3 ♀♀ (TNU-3362/20), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

10. *Argiope lobata* (Pallas, 1772): 1 ♂ (TNU-3363/7), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.; 1 ♀ (TNU-3364/1), Казантип, 19.09.2013, Н.К.

Род *Gibbaranea* Archer, 1951

11. *Gibbaranea bituberculata* (Walckenaer, 1802): 22 ♂♂, 30 ♀♀ (TNU-3290/35), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/3), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.

Род *Larinioides* Caporiacco, 1934

12. *Larinioides folium* (Schrank, 1803): [1 – как *L. suspicax* (O. P.-Cambridge, 1876)]; 1 ♂, 15 ♀♀ (TNU-3290/33), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3292/5), Казантип, 2-10.05.2013, А.Н.; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3362/22), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

13. *Larinioides ixobolus* (Thorell, 1873): 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3290/34), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 2 ♀♀ (TNU-3362/23), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Mangora* O. Pickard-Cambridge, 1889

14. *Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802): [1]; 1 ♂ (TNU-3290/32), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Neoscona* Simon, 1864

15. *Neoscona adianta* (Walckenaer, 1802): [1]; 4 ♀♀ (TNU-3362/21), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство *Atypidae*

Род *Atypus* Latreille, 1804

16. *Atypus muralis* Bertkau, 1890: 4 ♀♀ (TNU-3290/1), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/4), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 3 ♀♀ (TNU-3362/1), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Замечание. Вид образует массовые колонии под кустами (боярышник и др.).

Семейство *Cheiracanthiidae*

Род *Cheiracanthium* C.L. Koch, 1839

17. *Cheiracanthium elegans* Thorell, 1875: [1]; 29 ♂♂, 17 ♀♀ (TNU-3290/10), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/7), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3292/1), Казантип, 2-10.05.2013, А.Н.

18. *Cheiracanthium punctorium* (Villers, 1789): 2 ♀♀ (TNU-3361/1), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К.; 20 ♀♀ (TNU-3362/25), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство *Dictynidae*

Род *Archaeodictyna* Caporiacco, 1928

19. *Archaeodictyna minutissima* (Miller, 1958): 1 ♂ (TNU-3290/60), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Замечание. Вид впервые отмечается для фауны Крыма.

Род *Devade* Simon, 1884

20. *Devade tenella* (Tyshchenko, 1965): 1 ♂ (TNU-3290/20), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♂ (TNU-3362/49), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Lathys* Simon, 1884

21. *Lathys lehtineni* Kovblyuk, Kastrygina et Omelko, 2014: [3].

22. *Lathys stigmatisata* (Menge, 1869): 1 ♂, 7 ♀♀ (TNU-3290/57), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Dysderidae

Род *Dysdera* Latreille, 1804

23. *Dysdera crocata* C.L. Koch, 1838: [1]; 1 ♂ (TNU-3290/8), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

24. *Dysdera lata* Wider, 1834: 2 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-3290/9), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♂ (TNU-3362/4), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Harpactea* Bristowe, 1939

25. *Harpactea azowensis* Charitonov, 1956: 3 ♂♂, 7 ♀♀ (TNU-3290/7), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 2 ♂♂ (TNU-3362/3), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

26. *Harpactea rubicunda* (C.L. Koch, 1838): 2 ♂♂ (TNU-3290/6), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Gnaphosidae

Род *Berlandina* Dalmas, 1922

27. *Berlandina shumskyi* Kovblyuk, 2003: 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3290/27), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Drassodes* Westring, 1851

28. *Drassodes lapidosus* (Walckenaer, 1802): [1]; 5 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3290/19), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Drassyllus* Chamberlin, 1922

29. *Drassyllus crimeaensis* Kovblyuk, 2003: 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3290/24), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

30. *Drassyllus praeficus* (L. Koch, 1866): 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3290/23), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Haplodrassus* Chamberlin, 1922

31. *Haplodrassus signifer* (C.L. Koch, 1839): 1 ♂ (TNU-3290/26), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Leptodrassex* Murphy, 2007

32. *Leptodrassex memorialis* (Spassky, 1940): [1].

Род *Micaria* Westring, 1851

33. *Micaria albovittata* (Lucas, 1846): [1]; 1 ♂ (TNU-3290/29), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

34. *Micaria bosmansii* Kovblyuk et Nadolny, 2008: 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3290/28), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

35. *Micaria donensis* Ponomarev et Tsvetkov, 2006: 1 ♂ (TNU-3362/12), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Замечание. Вид впервые отмечается для фауны Крыма и Украины.

Род *Nomisia* Dalmas, 1921

36. *Nomisia aussereri* (L. Koch, 1872): 2 ♀♀ (TNU-3362/9), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

37. *Nomisia exornata* (C.L.Koch, 1839): 8 ♂♂ (TNU-3290/25), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Poecilochroa* Westring, 1874

38. *Poecilochroa senilis* (O. Pickard-Cambridge, 1872): 1 ♂ (TNU-3363/2), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.

Род *Talanites* Simon, 1893

39. *Talanites strandi* Spassky, 1940: 2 ♀♀ (TNU-3362/10), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Trachyzelotes* Lohmander, 1944

40. *Trachyzelotes malkini* Platnick et Murphy, 1984: [1].

Род *Zelotes* Gistel, 1848

41. *Zelotes eugenei* Kovblyuk in Kovblyuk et Tuneva, 2009: 3 ♀♀ (TNU-3290/22), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

42. *Zelotes gracilis* (Canestrini, 1868): [1].

43. *Zelotes hermani* (Chyzer in Chyzer et Kulczyn'ski, 1897): 1 ♀ (TNU-3362/11), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство *Linyphiidae*

Род *Agyneta* Hull, 1911

44. *Agyneta rurestris* (C.L. Koch, 1836): 1 ♂ (TNU-3362/50), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Ceratinella* Emerton, 1882

45. *Ceratinella brevis* (Wider, 1834): 3 ♀♀ (TNU-3290/59), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 2 ♀♀ (TNU-3362/38), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Cresmatoneta* Simon, 1929

46. *Cresmatoneta mutinensis* (Canestrini, 1868): 7 ♀♀ (TNU-3290/13), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 9 ♂♂, 26 ♀♀ (TNU-3362/14), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Lepthyphantes* Menge, 1866

47. *Lepthyphantes leprosus* (Ohlert, 1867): 1 ♂ (TNU-3362/40), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Microlinyphia* Gerhardt, 1928

48. *Microlinyphia pusilla* (Sundevall, 1830): [1].

Род *Sintula* Simon, 1884

49. *Sintula retroversus* (O. Pickard-Cambridge, 1875): 1 ♀ (TNU-3290/56), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 6 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-3362/37), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Stemonyphantes* Menge, 1866

50. *Stemonyphantes lineatus* (Linnaeus, 1758): 3 ♂♂, 7 ♀♀ (TNU-3362/13), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство *Liocranidae*

Род *Agroeca* Westring, 1861

51. *Agroeca cuprea* Menge, 1873: [1]; 16 ♀♀ (TNU-3290/39), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 17 ♂♂, 33 ♀♀ (TNU-3362/42), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

52. *Agroeca lusatica* (L. Koch, 1875): 2 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-3362/43), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство Lycosidae

Род *Alopecosa* Simon, 1885

53. *Alopecosa accentuata* (Latreille, 1817): 1 ♀ (TNU-3290/42), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

54. *Alopecosa cursor* (Hahn, 1831): 26 ♂♂, 65 ♀♀ (TNU-3290/41), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/5), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 2 ♀♀ (TNU-3292/2), Казантип, 2-10.05.2013, А.Н.

55. *Alopecosa solitaria* (O. Hermann, 1879): [1]; 1 ♀ (TNU-3291/6), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 22 ♂♂, 30 ♀♀ (TNU-3362/44), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

56. *Alopecosa pulverulenta* (Clerck, 1757): 1 ♀ (TNU-3362/46), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

57. *Alopecosa taeniopus* (Kulczyn'ski, 1895): 1 ♂, 3 ♀♀ (TNU-3362/45), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Arctosa* C.L. Koch, 1847

58. *Arctosa leopardus* (Sundevall, 1832): [1].

Род *Geolycosa* Montgomery, 1904

59. *Geolycosa vultuosa* (C.L. Koch, 1838): [1].

Род *Hogna* Simon, 1885

60. *Hogna radiata* (Latreille, 1817): [1]; 3 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3363/1), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.; 1 ♀ (TNU-3362/48), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Lycosa* Latreille, 1804

61. *Lycosa praegrans* C.L. Koch, 1836: 1 sad. ♀ (TNU-3292/3), Казантип, 2-10.05.2013, А.Н.

Род *Pardosa* C.L. Koch, 1847

62. *Pardosa luctinosa* Simon, 1876: 1 ♀ (TNU-3290/43), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Mimetidae

Род *Ero* C.L. Koch, 1837

63. *Ero flammeola* Simon, 1881: [1].

64. *Ero furcata* (Villers, 1789): 1 ♀ (TNU-3362/29), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Mimetus* Hentz, 1832

65. *Mimetus laevigatus* (Keyserling, 1863): 2 ♂♂, 3 ♀♀ (TNU-3290/3), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Oxyopidae

Род *Oxyopes* Latreille, 1804

66. *Oxyopes heterophthalmus* (Latreille, 1804): [1]; 1 ♀ (TNU-3363/3), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.

Семейство Philodromidae

Род *Thanatus* C.L. Koch, 1837

67. *Thanatus imbecillus* L. Koch, 1878: 20 ♂♂, 12 ♀♀ (TNU-3290/11), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♂ (TNU-3292/4), Казантип, 2-10.05.2013, А.Н.

68. *Thanatus pictus* L. Koch, 1881: [2]: 1 ♂ (TNU-2302/6), Казантип, 6.10.2006, О.К.; 1 ♀ (TNU-3362/36), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

69. *Thanatus striatus* C.L. Koch, 1845: [2]: 3 ♀♀ (TNU-3290/12), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Pholcidae

Род *Pholcus* Walckenaer, 1805

70. *Pholcus crassipalpis* Spassky, 1937: [1]; 14 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-3290/2), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♂ (TNU-3291/10), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 1 ♂, 4 ♀♀ (TNU-3362/8), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Spermophora* Hentz, 1841

71. *Spermophora senoculata* (Duges, 1836): [1].

Семейство Pisauridae

Род *Pisaura* Simon, 1885

72. *Pisaura mirabilis* (Clerck, 1757): [1].

Семейство Salticidae

Род *Aelurillus* Simon, 1884

73. *Aelurillus v-insignitus* (Clerck, 1757): 8 ♂♂ (TNU-3290/62), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

74. *Aelurillus laniger* Logunov et Marusik, 2000: 1 ♀ (TNU-3290/63), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Замечание. Вид впервые отмечается для фауны Крыма.

75. *Aelurillus m-nigrum* Kulczyn'ski, 1891: 1 ♀ (TNU-3290/64), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Замечание. Вид впервые отмечается для фауны Крыма и Украины.

Род *Ballus* C.L. Koch, 1851

76. *Ballus chalybeius* (Walckenaer, 1802): 2 ♂♂ (TNU-3290/48), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3362/17), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Chalcoscirtus* Bertkau, 1880

77. *Chalcoscirtus infimus* (Simon, 1868): 10 ♂♂ (TNU-3290/54), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Euophrys* C.L. Koch, 1834

78. *Euophrys frontalis* (Walckenaer, 1802): 4 ♂♂ (TNU-3290/68), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Heliophanus* C.L. Koch, 1833

79. *Heliophanus cupreus* (Walckenaer, 1802): 14 ♂♂, 7 ♀♀ (TNU-3290/50), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

80. *Heliophanus flavipes* (Hahn, 1832): 3 ♂♂ (TNU-3290/51), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

81. *Heliophanus kochii* Simon, 1868: [1]; 30 ♂♂, 19 ♀♀ (TNU-3290/49), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 4 ♂♂ (TNU-3291/9), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 2 ♂♂ (TNU-3362/18), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

82. *Heliophanus lineiventris* Simon, 1868: 3 ♂♂ (TNU-3290/53), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Leptorchestes* Thorell, 1870

83. *Leptorchestes berolinensis* (C.L. Koch, 1846): 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3363/6), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.; 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3362/15), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Neon* Simon, 1876

84. *Neon rayi* (Simon, 1875): 33 ♂♂, 52 ♀♀ (TNU-3290/69), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Pellenes* Simon, 1876

85. *Pellenes brevis* (Simon, 1868): 1 ♂ (TNU-3290/65), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

86. *Pellenes seriatus* (Thorell, 1875): 9 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-3290/44), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Phlegra* Simon, 1876

87. *Phlegra cinereofasciata* (Simon, 1868): 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3290/61), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 4 ♀♀ (TNU-3362/19), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Pseudeuophrys* F. Dahl, 1912

88. *Pseudeuophrys obsoleta* (Simon, 1868): [1]; 11 ♂♂, 10 ♀♀ (TNU-3290/67), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Pseudicius* Simon, 1885

89. *Pseudicius encarpatus* (Walckenaer, 1802): 1 ♀ (TNU-3363/5), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.; 8 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-3362/16), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Synageles* Simon, 1876

90. *Synageles scutiger* Proszynski, 1979: [1]; 2 ♂♂ (TNU-3290/45), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Род *Talavera* Peckham et Peckham, 1909

91. *Talavera logunovi* Kovblyuk et Kastrygina, 2015: 2 ♂♂ (TNU-3290/70), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство *Scytodidae*

Род *Scytodes* Latreille, 1804

92. *Scytodes thoracica* (Latreille, 1802): 1 ♀ (TNU-3290/4), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3362/2), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство *Synsphyridae*

Род *Synsphyris* Simon, 1894

93. *Synsphyris lehtineni* Marusik, Gnelitsa et Kovblyuk, 2005: 8 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-3290/55), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

Семейство Theridiidae

Род *Crustulina* Menge, 1868

94. *Crustulina stricta* (O. Pickard-Cambridge, 1861): 1 ♂, 3 ♀♀ (TNU-3290/47), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 2 ♀♀ (TNU-3362/39), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Замечание. Вид впервые отмечается для фауны Крыма.

Род *Latrodectus* Walckenaer, 1805

95. *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790): [1]: 2 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-3363/4), Казантип, на вершине Казантипской возвышенности, 90-107 м н.у.м., 6-8.07.2013, О.К.

Род *Parasteatoda* Archer, 1946

96. *Parasteatoda tepidariorum* (C.L. Koch, 1841): [1]; 1 ♂, 2 ♀♀ (TNU-3290/37), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 8 ♀♀ (TNU-3362/28), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Steatoda* Sundevall, 1833

97. *Steatoda paykulliana* (Walckenaer, 1806): [1]; 5 ♂♂, 3 ♀♀ (TNU-3290/36), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 4 ♂♂, 1 ♀ (TNU-3362/26), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

98. *Steatoda triangulosa* (Walckenaer, 1802): [1]; 2 ♀♀ (TNU-3290/38), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 4 ♀♀ (TNU-3362/27), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство Thomisidae

Род *Heriaeus* Simon, 1875

99. *Heriaeus melloteei* Simon, 1886: [1].

Род *Misumena* Latreille, 1804

100. *Misumena vatia* (Clerck, 1758): [1].

Род *Ozyptila* Simon, 1864

101. *Ozyptila atomaria* (Panzer, 1801): [1]; 1 ♀ (TNU-3290/15), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-3362/33), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

102. *Ozyptila pullata* (Thorell, 1875): 2 ♀♀ (TNU-3290/16), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 3 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-3362/34), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

103. *Ozyptila scabricula* (Westring, 1851): 1 ♀ (TNU-3361/2), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К.

Род *Thomisus* Walckenaer, 1805

104. *Thomisus onustus* Walckenaer, 1805: [1]; 1 ♀ (TNU-3290/14), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/1), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.; 1 ♀ (TNU-3362/31), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Род *Xysticus* C.L. Koch, 1835

105. *Xysticus caperatus* Simon, 1875: 1 ♀ (TNU-3362/32), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

106. *Xysticus kochi* Thorell, 1872: 1 ♂, 2 ♀♀ (TNU-3290/17), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.

107. *Xysticus laetus* Thorell, 1875: 11 ♀♀ (TNU-3290/18), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 1 ♀ (TNU-3291/11), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К.

Семейство Trachelidae

Род Trachelas L. Koch, 1872

108. *Trachelas minor* O. Pickard-Cambridge, 1872: 1 ♂, 5 ♀♀ (TNU-3362/41), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

Семейство Zodariidae

Род Zodarion Walckenaer in Savigny et Audouin, 1826

109. *Zodarion morosum* Denis, 1935: [1]; 2 ♀♀ (TNU-3290/46), Казантип, 2-10.05.2013, Н.К., А.Н.; 5 ♀♀ (TNU-3362/7), Казантип, 26-31.10.2015, Н.К., З.К., И.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В Казантипском природном заповеднике обнаружено 109 видов пауков. Из них 66 видов зарегистрированы в заповеднике впервые.
2. Пять видов регистрируются впервые для Крыма (*Archaeodictyna minutissima* из Dictynidae; *Micaria donensis* из Gnaphosidae; *Aelurillus laniger* и *A. m-nigrum* из Salticidae; *Crustulina sticta* из Theridiidae). Два из этих видов также отмечаются впервые для Украины (*Micaria donensis* и *Aelurillus m-nigrum*).
3. Видовой состав пауков Казантипского природного заповедника выявлен ещё не полностью. В наших сборах присутствует 6–7 неидентифицированных видов (1 – из Dictynidae; 4–5 – из Linyphiidae; 1 – из Salticidae). Для их достоверного определения требуются дополнительный материал и дальнейшие исследования. Реальное разнообразие пауков локальной фауны Казантипского заповедника составляет, по-видимому, около 150 видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы в высшей степени признательны научному сотруднику Казантипского заповедника Н. А. Литвинюк за организацию комфортных условий работы на территории заповедника. Авторы также выражают огромную благодарность О. В. Кукушкину (Карадагский природный заповедник) за передачу на обработку обширных сборов пауков из Крыма, в том числе и с Казантипа.

Работа поддержана Казантипским и Карадагским природными заповедниками.

Список литературы

1. Ковблюк Н. М. Первые данные о видовом составе пауков (Arachnida, Aranei) Казантипского природного заповедника (Крым) / Н. М. Ковблюк // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 66-73.
2. Kastygina Z. A. A review of the spider genus *Thanatus* C.L. Koch, 1837 in Crimea (Aranei: Philodromidae) / Z. A. Kastygina, M. M. Kovblyuk // Arthropoda Selecta. – 2013. – Vol. 22, No. 3. – P. 239-254.
3. Kovblyuk M. M. New *Lathys* Simon, 1884 species from Crimea (Aranei: Dictynidae) / M. M. Kovblyuk, Z. A. Kastygina, M. M. Omelko // Arthropoda Selecta. – 2014. – Vol. 23, No. 2. – P. 195-198.

THE NEW DATA ABOUT SPECIES COMPOSITION OF SPIDERS
(ARACHNIDA, ARANEI) IN KAZANTIP NATURE RESERVE (CRIMEA)

Kovblyuk M. M.¹, Nadolny A. A.², Kastrygina Z. A.¹, Valyukh I. F.¹

¹ Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Crimea

² Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol

E-mail: kovblyuk@mail.ru

There are 109 spider species recorded from the Kazantip Nature Reserve. Of these, 66 species were registered in the reserve for the first time (Agelenidae: *Tegenaria lapicidinarum*; Amaurobiidae: *Amaurobius erberi*; Araneidae: *Argiope lobata*; *Gibbaranea bituberculata*; *Larinioides ixobolus*; Atypidae: *Atypus muralis*; Cheiracanthidae: *Cheiracanthium punctorium*; Dictynidae: *Archaeodictyna minutissima*; *Devade tenella*; *Lathys stigmatisata*; Dysderidae: *Dysdera lata*; *Harpactea azowensis*; *H. rubicunda*; Gnaphosidae: *Berlandina shumskyi*; *Drassyllus crimeaensis*; *D. praeficus*; *Haplodrassus signifer*; *Micaria bosmansii*; *M. donensis*; *Nomisia aussereri*; *N. exornata*; *Poecilochroa senilis*; *Talanites strandi*; *Zelotes eugenei*; *Z. hermani*; Linyphiidae: *Agyneta rurestris*; *Ceratinella brevis*; *Cresmatoneta mutinensis*; *Lepthyphantes leprosus*; *Sintula retroversus*; *Stemonyphantes lineatus*; Liocranidae: *Agroeca lusatica*; Lycosidae: *Alopecosa accentuata*; *A. cursor*; *A. pulverulenta*; *A. taeniopus*; *Lycosa praegrans*; *Pardosa luctinosa*; Mimetidae: *Ero furcata*; *Mimetus laevigatus*; Philodromidae: *Thanatus imbecillus*; Salticidae: *Aelurillus v-insignitus*; *A. laniger*; *A. m-nigrum*; *Ballus chalybeius*; *Chalcoscirtus infimus*; *Euophrys frontalis*; *Heliophanus cupreus*; *H. flavipes*; *H. lineiventris*; *Leptorchestes berlinensis*; *Neon rayi*; *Pellenes brevis*; *P. seriatus*; *Phlegra cinereofasciata*; *Pseudocius encarpatus*; *Talavera logunovi*; Scytodidae: *Scytodes thoracica*; Synsphyridae: *Synsphyris lehtineni*; Theridiidae: *Crustulina sticta*; Thomisidae: *Ozyptila pullata*; *O. scabricula*; *Xysticus caperatus*; *X. kochi*; *X. laetus*; Trachelidae: *Trachelas minor*). Five species are recorded for the first time for Crimea (Dictynidae: *Archaeodictyna minutissima*; Gnaphosidae: *Micaria donensis*; Salticidae: *Aelurillus laniger* and *A. m-nigrum*; Theridiidae: *Crustulina sticta*). Two species are also reported for the first time in Ukraine (*Micaria donensis* and *Aelurillus m-nigrum*).

Keywords: spiders, Aranei, annotated check-list, *Archaeodictyna minutissima*, *Micaria donensis*, *Aelurillus laniger*, *A. m-nigrum*, *Crustulina sticta*.

References

1. Kovblyuk M. M., The first data about species composition of spiders (Arachnida, Aranei) in Kazantip Nature Reserve (Crimea), *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University, Series: Biology, chemistry*, **25** (3), 66 (2012).
2. Kastrygina Z. A., Kovblyuk M. M., A review of the spider genus *Thanatus* C.L. Koch, 1837 in Crimea (Aranei: Philodromidae), *Arthropoda Selecta*, **22** (3), 239 (2013).
3. Kovblyuk M. M., Kastrygina Z. A., Omelko M. M., New *Lathys* Simon, 1884 species from Crimea (Aranei: Dictynidae), *Arthropoda Selecta*, **23** (2), 195 (2014).

Поступила в редакцию 27.11.2015 г.

УДК 612.72:615.825

БИОМЕХАНИКА И ДИНАМИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ В ПРАКТИКЕ ИППОТЕРАПИИ

Коновальчук В. Н.¹, Пополитов Р. А.², Архангельская Е. В.¹

¹Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Россия

²СЭГИ КФУ имени В. И. Вернадского, Севастопольский Центр развития иппотерапии и
оздоровительной верховой езды, Севастополь, Россия.

E-mail: modul81@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы динамики смещения общего центра тяжести (ОЦТ) тела вследствие изменения посадки и актуальности правильной посадки верхом в иппотерапии.

Ключевые слова: общий центр тяжести, позвоночный столб, биозвено, иппотерапия.

ВВЕДЕНИЕ

После рождения ребенок сразу начинает борьбу со многими внешними воздействиями. Самым главным стимулом, который будет формировать его осанку, является гравитация. С момента рождения и до формирования осанки, присущей взрослому человеку, каждый ребенок проходит определенные уровни формирования движений [1]. В процессе раннего онтогенеза формируются тонические рефлексy, обеспечивающие равновесие вертикальной позы тела и оптимальный автоматизм двигательных циклов.

По мере изменения уровней формирования движений изменяется и форма позвоночного столба. Образуются физиологические изгибы, обеспечивающие рессорную функцию позвоночника.

Наряду с анатомическими факторами, выработанными в процессе антропогенеза для поддержания тела в вертикальном положении, обеспечения устойчивого равновесия и динамики, особое внимание должно быть уделено положению центра тяжести тела. Точка, через которую проходит линия действия равнодействующей элементарных сил тяжести при любом повороте тела в пространстве, являясь центром параллельных сил тяжести, называется общим центром тяжести (ОЦТ) твердого тела. Говоря об ОЦТ тела человека, следует иметь в виду не геометрическую точку, а некоторую область пространства, в которой эта точка перемещается. Это перемещение обусловлено процессами дыхания, кровообращения, пищеварения, мышечного тонуса, иными словами, процессами, приводящими к постоянному смещению ОЦТ тела человека. Ориентировочно можно считать, что диаметр сферы, внутри которой происходит перемещение ОЦТ, в спокойном состоянии составляет 10–20 мм.

Так как тело человека не является неизменным твердым телом, а представляет собой систему подвижных звеньев, то положение ОЦТ будет определяться главным образом позой тела человека, то есть взаимным относительным положением звеньев тела и изменяться с переменной позы. Знание положения ОЦТ человека важно для биомеханического анализа и для решения многих самостоятельных задач механики движений в спорте, реабилитационной практике. Часто по движению ОЦТ мы судим о движении человека в целом, как бы оцениваем результат движения. По характеристикам движения ОЦТ (траектории, скорости, ускорению) можно судить о технике выполнения движения. В процессе движения смещение ОЦТ может значительно увеличиваться и этим оказывать влияние на технику выполнения упражнений [5].

Степень напряжения тех или иных мышечных групп в статическом положении зависит от распределения массы тела (от конструктивных особенностей), и этим определяются двигательные возможности человека. Законы движения тела человека исследуются в практике иппотерапии как метода реабилитации посредством лечебной верховой езды.

Иппотерапия применяется для лечения пациентов с неврологическими и другими нарушениями, такими как церебральный паралич, артрит, инсульт, аутизм.

В классической теории верховой езды определением посадки всадника принято считать ту, при которой наездник сидит на обоих седалищных буграх тазового пояса нижних конечностей.

От спины идущей лошади передаются механические импульсы в трех взаимоперпендикулярных плоскостях: сагиттальной, фронтальной и горизонтальной. На этом строится биомеханический аспект лечения: всадник, который никогда не ходил, садясь на лошадь, получает те же импульсы, которые получал бы, если б ходил. По сути, это уникальное замещение [6].

Основание посадки имеет треугольную форму, и этот треугольник при правильном распределении должен быть загружен равномерно. Неправильными посадками будут являться опрокинутая вперед со смещением центра тяжести ближе к лобковому симфизу или опрокинутая назад, когда центр тяжести смещается к копчику. Критерием правильной посадки и баланса будет следующее положение корпуса: если провести воображаемую вертикальную линию, подобную отвесу, она должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав [1]. Положение ОЦТ сидящего на лошади во время нормального расслабленного положения всадника его центр тяжести находится во фронтальной (передней) части IX грудного позвонка. Только когда всадник сидит прямо, выпрямив позвоночник, центр тяжести приходится на внутреннюю часть IX грудного позвонка. В этом положении воображаемая вертикальная ось проходит от уха всадника через его плечи и тазовую область до его пяток, а в оптимальном случае и через центр тяжести лошади [3].

В «нейтральном положении» позвоночный столб сохраняет свои естественные, физиологические изгибы. Эти плавные изгибы действуют, как пружины, защищающие позвонки от вертикально направленных импульсов тяжести, возникающих, например, во время ходьбы. Чем сильнее выпрямлен позвоночный столб, тем успешнее он может быть сбалансирован на разнонаправленно подвижном тазе. Это оптимальное положение для удержания равновесия [1].

У пациентов с ДЦП при иппотерапии в работу включаются мышцы, находящиеся в бездействии в обычной жизни. Верховая езда также стимулирует развитие мелкой моторики, усидчивость и происходит последовательный перенос приобретенных физических, коммуникативных и прочих навыков в повседневную жизнь.

Эффективность иппотерапии по многим показаниям до сих пор не ясна, поэтому рекомендуются дальнейшие исследования.

Цель данного исследования – изучить влияние иппотерапии на формирование и возможность коррекции осанки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование проводилось в г. Севастополе на базе Центра реабилитационной верховой езды, где ведутся многолетние научные и практические работы по изучению биомеханики и динамической анатомии как ведущих факторов в иппотерапии.

В исследовании принимала участие девушка: возраст – 23 года, рост – 155 см, вес – 53 кг.

При определении общего центра тяжести тела использовалась методика с использованием теоремы Вариньона для расчета ОЦТ тела аналитическим методом [4].

Для проведения исследовательской части работы нами были изучены две фотограммы в сагитальной плоскости сидящего всадника с предполагаемой правильной посадкой и заведомо неверной, имитирующей чрезмерный наклон туловища вперед. Параметры всадника, расстояние до объекта и в том и в ином случае были тождественны. Для проведения анализа смещения ОЦТ всадника использовался аналитический метод определения общего центра тяжести.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные расчеты по аналитическому методу с целью определения ОЦТ всадника на фотограмме 1 представлены в таблице 1.

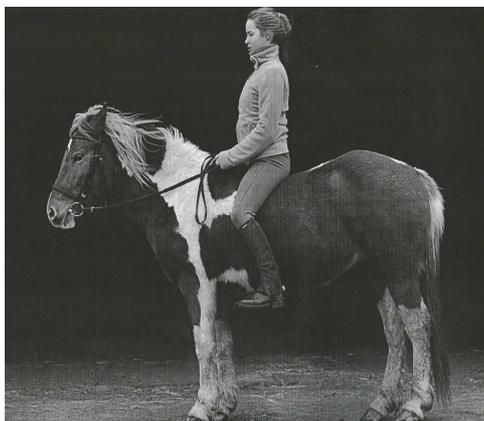


Рис.1. Фотограмма 1, на которой представлен всадник с предполагаемой правильной посадкой.

Таблица 1.
Определение общего центра тяжести сидящего всадника согласно фотограмме 1.

Биозвенья тела	Относ. вес звена, %	Абсолют. вес звена, кг	Длина звена, мм	Расстояние от проксимального конца до центра тяжести /ЦТ/ биозвена		Абсцисса центра тяжести звена, мм	R_x^*	Ордината центр тяж. звена, мм	R_y^{**}
				%	мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Голова	7	3,5	-	-	-	75	262,5	135	472,5
Туловище	43	21,5	42	0,44	18,5	80	1720	120	2580
Плечо правое	3	1,5	31	0,47	14,5	780	117	150	225
Плечо левое	3	1,5	31	0,47	14,5	780	117	150	225
Предплечье правое	2	1	22	0,42	9,2	670	67	85	85
Предплечье левое	2	1	22	0,42	9,2	670	67	85	85
Кисть правая	1	0,5	-	-	-	550	27,5	79	39,5
Кисть левая	1	0,5	-	-	-	550	27,5	79	39,5
Бедро правое	12	6	33	0,44	14,5	710	426	68	390
Бедро левое	12	6	33	0,44	14,5	710	426	68	390
Голень правая	5	2,5	40	0,42	16,8	670	167,5	38	95
Голень левая	5	2,5	40	0,42	16,8	670	167,5	38	95
Стопа правая	2	1	15	0,44	6,6	700	70	15	15
Стопа левая	2	1	15	0,44	6,6	700	70	15	15
Итого:	100	50					3750		4851

Примечание

- R_x^* Моменты сил тяжести биозвеньев относительно оси абсцисс
- R_y^{**} Моменты сил тяжести биозвеньев относительно оси ординат

Исходя из произведенных расчетов, графическое изображение сидящего всадника с указанием ОЦТ представлено на рис. 2.

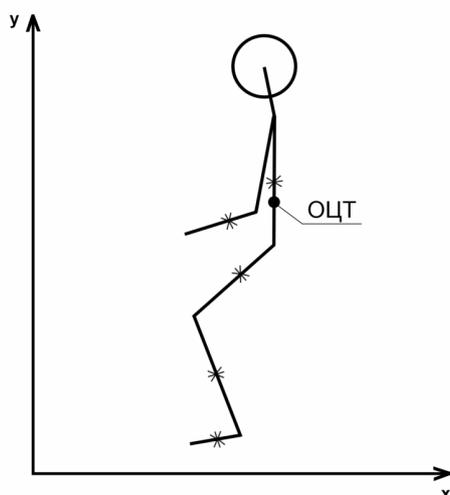


Рис.2. Графическое изображение всадника согласно фотограмме 1.

ОЦТ – общий центр тяжести, x , y – оси координат

Опустив вертикаль из точки ОЦТ, на фотограмме 1 мы получили прямую, определяющую совпадение или несовпадение основных точек при правильной посадке.

На основании расчетов можно сделать вывод о частичном несовпадении точек линии отвеса, которая должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав.

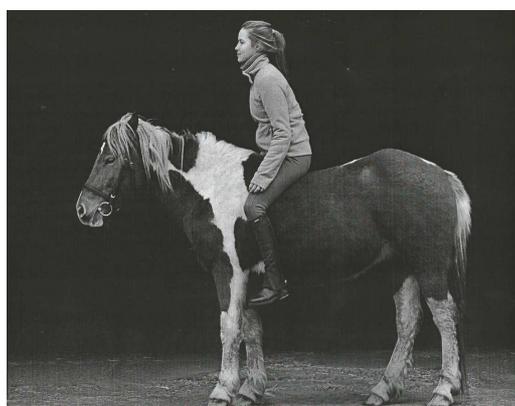


Рис.3. Фотограмма 2, на которой представлен всадник с очевидным дефектом посадки верхом.

Проведенные расчеты по аналитическому методу с целью определения ОЦТ всадника на фотограмме 2 представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Определение общего центра тяжести сидящего всадника согласно фотограмме 2.

Биозвенья тела	Относит. вес биозвена, %	Абсолют. вес биозвена, кг	Длина биозвена, мм	Расстояние от проксимального конца до центра тяжести /ЦТ/ биозвена		Абсцисса центра тяжести биозвена, мм	P _x	Ордината центр тяж. био звена, мм	P _y
				%	мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Голова	7	3,5	-	-	-	32	112	329	451,5
Туловище	43	21,5	42	0,44	18,5	45	962,5	95	2042,5
Плечо правое	3	1,5	31	0,47	14,5	41	61,5	100	150
Плечо левое	3	1,5	31	0,47	14,5	41	61,5	100	150
Предплечье правое	2	1	22	0,42	9,2	40	40	78	78
Предплечье левое	2	1	22	0,42	9,2	40	40	78	78
Кисть правая	1	0,5	-	-	-	34	17	65	32,5
Кисть левая	1	0,5	-	-	-	34	17	65	32,5
Бедро правое	12	6	33	0,44	14,5	43	258	63	378
Бедро левое	12	6	33	0,44	14,5	43	258	63	378
Голень правая	5	2,5	40	0,42	16,8	35	87,5	35	87,5
Голень левая	5	2,5	40	0,42	16,8	35	87,5	35	87,5
Стопа правая	2	1	15	0,44	6,6	35	35	10	10
Стопа левая	2	1	15	0,44	6,6	35	35	10	10
Итого:	100	50					2077,5		3966

Исходя из произведенных расчетов, графическое изображение сидящего всадника с указанием ОЦТ представлено на рис. 4.

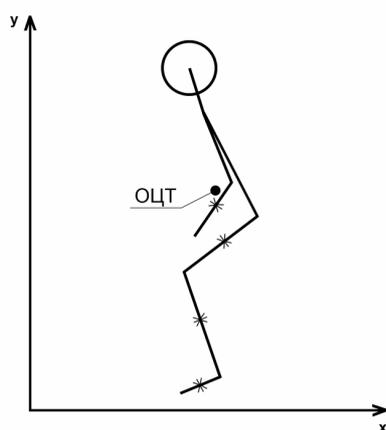


Рис.4. Графическое изображение всадника согласно фотограмме 2.
ОЦТ – общий центр тяжести, x, y – оси координат

Опустив вертикаль из точки ОЦТ, на фотограмме 2 мы получили прямую, определяющую совпадение или несовпадение основных точек при правильной посадке.

На основании расчетов можно сделать вывод о полном несовпадении точек линии отвеса, которая должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав.



Общий динамический рисунок изменения ОЦТ на основании фотограмм 1 и 2 представлен ниже на рисунке 6.

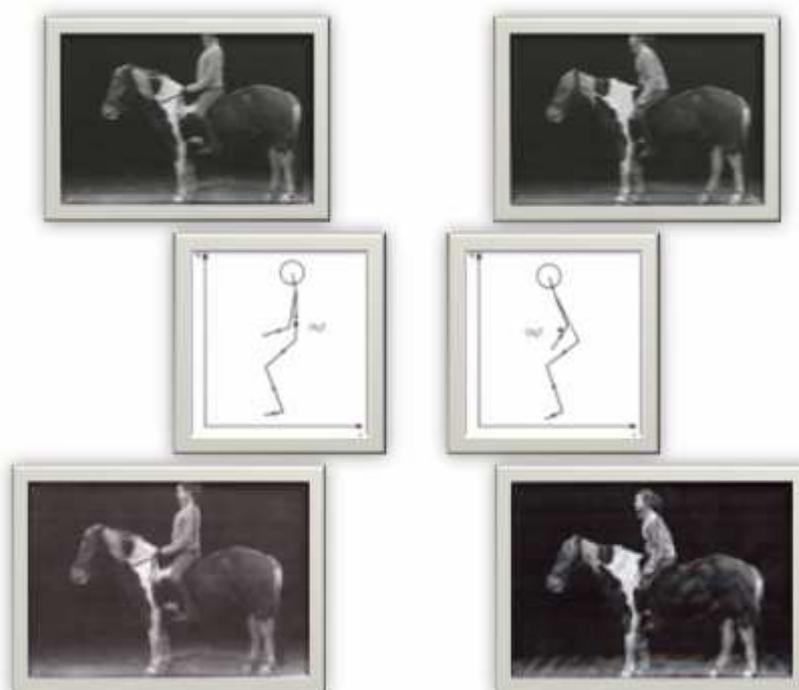


Рис.6. Общая динамика изменения общего центра тяжести

В результате литературных исследований [1] было установлено, что ОЦТ тела взрослого человека находится обычно на уровне II крестцового позвонка. Отвесная линия центра тяжести проходит на 5 см позади поперечной оси тазобедренных суставов, примерно на 2,6 см кзади от линии, соединяющей большие вертелы, и на 3 см кпереди от поперечной оси голеностопных суставов. Центр тяжести головы располагается немного кпереди от поперечной оси атлантозатылочных суставов. Общий центр тяжести головы и туловища находится на уровне середины переднего края X грудного позвонка.

В состоянии равновесия тело удерживается силой мышечных сокращений, что предотвращает его от падения. Части тела (голова, туловище, конечности) при этом занимают соответствующее каждой из них положение. Однако если будет нарушено соотношение частей тела (например, вытягивание рук вперед, сгибание позвоночника при стоянии и т. д., то соответственно изменяются положение и равновесие других частей тела. Статические и динамические моменты действия мускулатуры находятся в прямой связи с положением центра тяжести тела. Стремление тела упасть вперед при стоянии обусловлено прохождением вертикали центра тяжести впереди (на 3–4 см) от поперечной оси голеностопных суставов. Падению противостоят действия мышц задней поверхности голени. Если отвесная линия центра тяжести переместится еще дальше кпереди – к пальцам, то сокращением задних мышц голени пятка приподнимается, отрывается от плоскости

опоры, отвесная линия центра тяжести перемещается вперед и опорой в данном случае служат пальцы стопы.

Анализ наших расчетов согласно фотограмме 1 указывает на то, что, несмотря на внешнюю правильность предлагаемой посадки, все же наблюдается отклонение от норм классической посадки: вертикаль, проведенная через точку ОЦТ, не проходит через область уха. Можно предположить, что причиной данного момента является чрезмерная кифотическая осанка, провоцирующая гиперлордоз шейного отдела позвоночника.

Анализ расчетов, согласно фотограмме 2, указывает на то, что вертикаль из точки ОЦТ проходит, минуя необходимые контрольные точки контроля. В подобной ситуации можно предположить, что для сохранения равновесия всаднику, в том числе и с различными патологиями опорно-двигательного аппарата и органического поражения нервной системы, необходимо добиваться чрезмерного усилия от мышц задних поверхностей голени, бедра, мышц корсета и задней поверхности шеи. Подобная посадка в условиях движения лошади, даже на шагу, будет провоцировать дополнительно повышение внутрибрюшного и внутричерепного давления.

Мы считаем, что при составлении комплекса занятий необходимо отталкиваться от уровня сформированности позвоночного столба, а также уровня развития двигательного развития персонально каждого ребенка (умение держать голову, способность сидеть, стоять) и не форсировать процесс перехода от одного этапа к другому, минуя природные возможности ребенка. В противном случае негативные последствия могут проявить себя в виде наличия патологической осанки, отсутствия полноценного баланса и равновесия. Для всадников с детским церебральным параличом это пагубно еще и формированием патологического двигательного стереотипа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Составление комплексов занятий по иппотерапии должно опираться на исходные данные всадника.
2. Переход к упражнению из иных исходных положений возможен только в том случае, когда предшествующий этап развития двигательных умений позволяет это сделать.
3. При переходе в положение вертикализации крайне важно использовать, особенно в практике занятий с детьми с ДЦП, езду вдвоем, что позволит инструктору контролировать положение тела всадника и предупредит в дальнейшем возникновение осложнений при обучении навыкам прямохождения.

Список литературы

1. Кашуба В. А. Биомеханика осанки. Монография / Кашуба В. А. – Киев: ЗАО «Книга», 2003. – 279 с.
2. Слепченко Ю. А. Оздоровительная верховая езда при соматических дисфункциях таза: материалы VI Межрегиональной конференции «Иппотерапия. Инвалидный конный спорт. Опыт и перспективы» / Слепченко Ю. А. – Санкт-Петербург: Издательство «ЛЕМА», 2013. – С.11–26.

3. Иппотерапия как метод реабилитации при детских церебральных параличах: учебное пособие для специалистов / под общей редакцией Р. А. Пополитова. – Симферополь : ИТ « АРИАЛ», 2013. – 156 с.
4. Коновальчук В. Н. Методическое пособие к практическим занятиям по биомеханике/ В. Н. Коновальчук, В. Л. Тюнин – Севастополь: ТНУ им.В.И.Вернадского, 2001. – 32 с.
5. Коновальчук В. Н. Биомеханические основы иппотерапии / В. Н. Коновальчук, Р. А. Пополитов, Е. В. Архангельская // Ученые записки ТНУ. – 2011. – С. 45–52.
6. Пополитов Р. А. Обоснование и эффективность иппореабилитации у детей со спастическими формами ДЦП. / Р. А. Пополитов, К. А. Российский, Н. А. Василевская, Т. В. Гудым // Севастополь 6: Материалы научно-практической конференции, 2007. – 30 с.
7. Ионов И. И. Развитие межполушарного взаимодействия на занятиях иппотерапией / И. И. Ионов // Сборник материалов IV Межрегиональной Конференции «Иппотерапия. Инвалидный конный спорт. Опыт и перспективы» 01-02 мая 2011 года, С-Петербург.
8. Штраус И. Иппотерапия. Нейрофизиологическое лечение с применением верховой езды / Штраус. И. // перевод с нем. – М.: Московский конноспортивный клуб инвалидов, 2000. – 102 с.
9. Бутенко Л. А. Динамическая анатомия и биомеханика в практике лечебной физической культуры и спортивной медицины/ Бутенко Л. А., Козлов И. М., Сукиасян Р. Г. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – Медицина, 2007. Выпуск 2. – 73 с.

BIOMECHANICS AND DYNAMIC ANATOMY IN HIPPO THERAPY PRACTICE

Коновальчук В. Н., Пополитов Р. А., Архангельская Е. В.

*V.I. Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: modul81@mail.ru*

Nowadays the analysis of nosological structure of disability in children shows that combined neuroorthopedical violations are found in the majority of disabled and need forehead detection and treatment. Among disabled children who have neuroorthopedical violations the majority suffers from cerebral paralysis, from paresis of various etiologies, from podiatry and spine diseases. Such children need long-termed restorative treatment and continuous complex rehabilitation. In many countries such children's rehabilitation is carried on an outpatient basis based on territorial outpatient's centers maximally close to the residence of sick children [1].

This study investigates the biomechanical factors affecting the dynamics of displacement of the common center of gravity (CCG) of the body due to changes of the position of the horseman and relevance of the correct position on horseback. Such researches are necessary for rehabilitation of children with neuroorthopedical violations by the method of hippotherapy. These researches took place in the city of Sebastopol at the rehabilitation center of horse riding, where scientific and practical work on the study of biomechanics and dynamic anatomy as the driving factors of hippotherapy is carried out.

In hippotherapy the movements of the horseman and horse must be harmoniously combined in every gait. When the kinetics of the movement of the horse understood as clearly as movement reaction of the horseman, the hippotherapist can properly assess the impact of horse riding on patient. Applying hippotherapy defining the indications and dosage of the procedure should be made taking into account the knowledge of

biomechanics and dynamic anatomy. The most competently hippotherapist is able work considering a careful analysis of both, his own movements and movements of the horse. The knowledge of biomechanics of horse's movements, hippotherapist can use for medical purposes [2].

Keywords: common centre of gravity, the spine, biopart, hippotherapy.

References

1. Kaszuba V. A. Biomechanics of posture. Monograph – 279 p. (Kiev JSC "book", 2003).
2. Slepchenko Y. A. Health-riding at somatic dysfunction of the pelvis: the VI Inter-regional conference «Hippotherapy. Invalid horse riding. Experience and Prospects» – P. 11–26. (St. Petersburg: Publishing house "LEM", 2013).
3. Hippotherapy as a method of rehabilitation in cerebral palsy: a manual for professionals / edited by R. Popolitova. – 156 p. (Simferopol IT "Ariana", 2013).
4. Konovalchuk V. N., Tyunin V. L. Toolkit to practical training in biomechanics – 32 p. (Sevastopol: Vernadsky TNU, 2001).
5. Konovalchuk V. N., Popolitov R. A., Arkhangelsk E.V. Biomechanical bases hippotherapy. *Scientific notes of TNU*, 45. (2011).
6. Popolitov R. A., Russian K. A., Wasilewska N. A., Gudym T. V. Rationale and effectiveness of hippotherapy in children with spastic forms of cerebral palsy. – 30 p. (Sevastopol 6: Proceedings of the conference, 2007).
7. Ions I. I. The development of hemispheric interaction in the classroom hippotherapy / sourcebook IV Inter-regional Conference "Hippotherapy. Invalid horse riding. Experience and Prospects" (01-02 May 2011, St. Petersburg).
8. Strauss. I. Hippotherapy. Neurophysiological treatment using riding / translated from it. – 102 p. (M.: Moscow Equestrian Club for the Disabled, 2000).
9. Butenko L. A., Kozlov I. M., Sukiasyan R.G. Dynamic anatomy and biomechanics in the practice of medical physical training and sports medicine. *Issues of balneology, physiotherapy and medical physical training.*, 2, 73. (Medicine, 2007).

Поступила в редакцию 03.12.2015 г.

УДК 598.2(574.589)

ГИДРОФИЛЬНЫЕ ПТИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ САНИТАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Кучеренко В. Н.

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
E-mail: zookuch@ukr.net*

На основании анализа данных, полученных при мониторинге состояния видового состава, численности и экологических связей птиц на Симферопольском водохранилище, обсуждается возможность контаминации питьевой воды различными агентами с помощью диких птиц. Особая роль отводится чайке-хохотунье (*Larus cachinnans*). Мониторинг состояния санитарных водоемов необходимо проводить комплексно, включая все уровни функционирования экосистем.

Ключевые слова: санитарные водоемы, гидрофильные птицы, загрязнение, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Крым относится к территориям, отличающимся дефицитом природных источников пресной воды, что привело к строительству в 50–60-х гг. XX в. многочисленных искусственных водоемов, наполняемых как водами местных рек, так и за счет вод реки Днепр [1]. Симферопольское водохранилище построено в середине 50-х гг. XX в. Основное назначение водоема – орошение, с 1961 г. оно используется для питьевых потребностей значительной части населения г. Симферополя, и эта функция в последнее время стала основной. За истекшие полвека созданные водохранилища, пруды и каналы стали полноценными компонентами ландшафта, что не могло не отразиться на видовом и количественном составе всех звеньев биоценоза: продуцентов, консументов, редуцентов. Это, в свою очередь, может повлиять на качество воды, что очень важно для ее потребителей. Установлено, что 27 инфекционных заболеваний может достоверно передаваться водным путем [2]. Исследования разных компонентов сформировавшихся биоценозов может служить основой для выяснения факторов, влияющих на качество воды, что должно учитываться при разработке проектов менеджмента этих водоемов.

Птицы играют важную роль в функционировании экосистем, являясь консументами 1–3-го порядков. Велика их роль также как носители возбудителей различных природно-очаговых инфекций. Интерес к околородным птицам обусловлен их особой эпизоотологической и эпидемиологической значимостью.

Цель работы – изучить видовой состав и численность околоводных птиц Симферопольского водохранилища и оценить их значение в состоянии качества питьевой воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал собран на Симферопольском водохранилище в 2008–2014 гг. Изучение видового состава и численности околоводных птиц использовались традиционные методы исследований [3]. Учет птиц проводился на маршруте, пролегающем вдоль левого берега водохранилища от места впадения р. Салгир до дамбы. Экологические связи птиц изучались с помощью визуальных наблюдений. Поскольку птицы являются также источником контаминации биологическими агентами, использовались опубликованные данные об исследовании птиц рассматриваемого района.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период наших наблюдений гидрофильные (околоводные) виды птиц представлены 43 видами, из которых преобладают кряква (*Anas platyrhynchos*) и чайка-хохотунья (*Larus cachinnans*). Поскольку наибольшую роль в эпизоотологии и эпидемиологии играют самые многочисленные виды, рассмотрим каждый из них подробнее.

Хохотунья – кочующий вид, который далее Азово-Черноморского региона не перемещается. Это самый массовый вид околоводных птиц водохранилища, численность которого за 2–3 часа учета может достигать несколько тысяч особей. Наблюдения показали, что для особей этого вида водохранилище служит местом водопоя. Хохотунья прилетает с западных побережий Крыма, расположенных от г. Севастополя до г. Евпатории, кормиться на симферопольский полигон твердых бытовых отходов, расположенный в нескольких километрах северо-восточнее водохранилища. Огромное количество чаек перемещаются между свалкой и водоемом питьевого назначения, способствуя опосредованному взаимодействию этих ключевых с санитарно-эпидемиологической точки зрения объектов. В 1990–1991 гг. на симферопольской и феодосийской свалках держалось 20–25 тыс. особей птиц этого вида, бахчисарайской и алуштинской – 5–8 тыс. [4], при этом птицы используют водохранилища этих районов для водопоя. По нашим данным, оценочная численность хохотуньи у Симферопольского водохранилища и свалки составляет 25–28 тыс. особей, из которых в акватории водохранилища одновременно пребывает более 8500 ос. [1; 5–7]. Питание отбросами – недавняя адаптация вида, поскольку наблюдения, проведенные в 50-х гг., показали преобладание в питании животной пищи, а с 80-х гг. доминирующее место в питании принадлежит отбросам, доля которых в пищевых пробах в летне-осенний период может достигать 70 % [8].

По проведенным наблюдениям, максимальная численность хохотуньи приходится на лето и осень, причем в августе отмечено наибольшее количество птиц (рис. 1). Лето в Крыму – время массового наплыва рекреантов, что ведет к

более интенсивному водопользованию. В результате возрастает возможность инфицирования людей инфекциями, передающимися через некачественную воду.

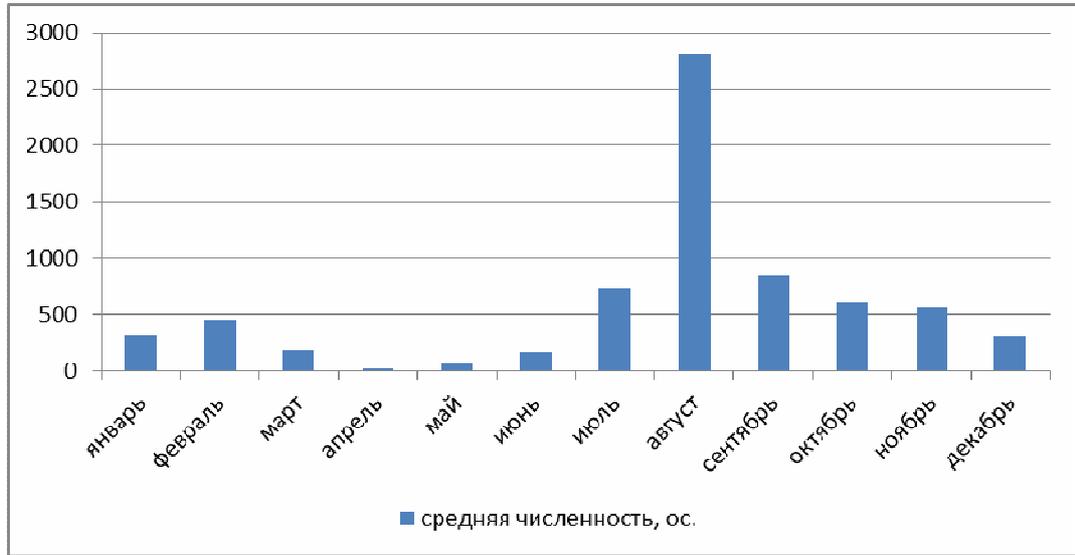


Рис. 1. Сезонная динамика численности хохотуни на Симферопольском водохранилище.

Такое взаимодействие может негативно отразиться на потребителях воды из водохранилищ. Специальных исследований по фауне носителей и переносчиков природно-очаговых инфекций на Симферопольской свалке не проводилось, однако пищевые отбросы в любое время года привлекают большое количество животных разных систематических групп, но преимущественно синантропных. Наличие богатой кормовой базы приводит к увеличению численности и плотности животных, что благоприятно для циркуляции среди них возбудителей ряда инфекционных заболеваний, в т. ч. патогенных для человека. Огромное количество особей чаек, перемещаясь между свалкой и водохранилищами, может быть источником механического (полиэтиленовые пакеты и другие предметы, которые цепляются за лапы птиц), химического (остающиеся на перьях, лапах, клюве химические в-ва) и биологического (вероятное увеличение контактов с носителями и переносчиками природно-очаговых инфекций) загрязнения питьевого водоема. Такое опосредованное взаимодействие двух разных объектов может привести к различным осложнениям.

Кряква является гнездящимся, пролетным и зимующим видом водохранилища. Среди гидрофильных птиц численность ее уступает только чайке-хохотуне и в зимний период может достигать 2000 ос. В отличие от предыдущего вида, кряква играет значительно меньшую роль как источник механического и физического загрязнения, поскольку нами не отмечены связи птиц этого вида с возможными источниками такого загрязнения. Возможна контаминация биологическими

агентами: среди 336 образцов, отобранных нами от особей этого вида на водохранилище, 3 (1 пул) были положительны на РНК вируса гриппа А [9]. Это, в свою очередь, создает риск возникновения эпизоотии этого заболевания среди диких птиц, а поскольку заболевания, вызванные вирусом гриппа А, являются зооантропонозами, то риск распространяется и на людей.

Приведенные факты являются еще одним аргументом необходимости проведения постоянного мониторинга качества питьевой воды, поставляемой в населенные пункты. Мониторинг состояния экосистем, сформировавшихся на санитарных водоемах, необходимо проводить комплексно, включая все уровни их функционирования. При этом в исследованиях необходимо расширить спектр не только химических, но биологических агентов, учитывая возможность контаминации с помощью птиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее массовые видами околководных птиц на Симферопольском водохранилище являются кряква и чайка-хохотунья, численность которых может превышать тысячу особей. Чайки используют водохранилище в качестве водопоя, откуда летают кормиться на симферопольский полигон ТБО. Предполагается возможность контаминации питьевого водоема различными агентами, локализующимися на свалке, посредством транспортировки чайками. В отличие от чаек, у кряквы не зафиксировано контактов с потенциально опасными источниками загрязнения. В то же время положительные исследования крякв на содержание РНК вируса гриппа А позволяют предполагать контаминацию питьевой воды особо опасными биологическими агентами.

Список литературы

1. Кучеренко В. Н. Динамика населения птиц Симферопольского водохранилища в период весенних миграций / В. Н. Кучеренко, В. И. Чирний // Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2011. – Вып. 14. – С. 117–125.
2. Хотько Н. И. Водный фактор в передаче инфекции. / Н. И. Хотько, А. П. Дмитриев– Пенза, 2002. – 232 с.
3. Делани Саймон. Руководство по методологии мониторинга водоплавающих птиц: общие подходы к организации и проведению учетов. / Делани Саймон. – Wetlands international Black Sea programme, 2001. – 64 с.
4. Костин С.Ю. Материалы по биологии птиц на полигонах ТБО / С.Ю. Костин // Serinus. Орнитологический вестник. – 1999. – Вып. 2. – С. 14–21.
5. Кучеренко В.Н. Учет птиц на Симферопольском водохранилище / В. Н. Кучеренко, С. Н. Якунин // Бюллетень РОМ: Итоги регионального орнитологического мониторинга. Август 2012 г. – 2014 г. – Вып. 8. – С. 20.
6. Кучеренко В. Н. ВБУ Горного Крыма в 2009 г. / Кучеренко В. Н. // Бюллетень РОМ: Итоги среднезимних учетов водно-болотных птиц в 2005, 2007–2010 годов в Азово-Черноморском регионе Украины. – 2011. – Вып. 7. – С. 49, 53–55, 63–64.
7. Кучеренко В. Н. ВБУ Горного Крыма в 2010 г. / В. Н. Кучеренко, В. И. Чирний // Бюллетень РОМ: Итоги среднезимних учетов водно-болотных птиц в 2005, 2007–2010 годов в Азово-Черноморском регионе Украины. – 2011. – Вып. 7. – С. 58, 61–64.

8. Бескаравайный М. М. Сезонная динамика численности и распределение чайковых птиц в Южном Крыму / Бескаравайный М. М. // Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2006. – Вып. 9. – С. 56–85.
9. Кучеренко В. Н. Мониторинг циркуляции вируса птичьего гриппа среди диких птиц в Крыму зимой 2008–2009 гг. / Кучеренко В. Н., Чирний В. И., Ильичев Ю. А., Барина О. Ю., Хайтович А. Б. // Актуальні питання епідагляду за особливо небезпечними інфекціями, санітарна охорона території, біологічна безпека. Матеріали науково-практичної конференції, 8–10 вересня 2009 р., м. Іллічівськ. – Іллічівськ, 2009. – С. 181–182.

HYDROPHILIC BIRDS AS A SOURCE WATER POLLUTION OF THE HEALTH PURPOSES (ON SIMFEROPOL RESERVOIR EXAMPLE)

Kucherenko V. N.

*V.I. Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: zookuch@ukr.net*

The work is devoted to studying the species composition and abundance of waterbirds Simferopol reservoir and estimation of their value in the state of drinking water quality. The material collected in the 2008–2014 biennium. Study of the species composition and abundance of waterbirds using traditional research methods. Ecological relations of birds were studied by visual observation. Since birds are also a source of contamination by biological agents used published data on the study of birds of this region. Caspian Gull - the most numerous species of birds, the size of which account for 2-3 hours can reach several thousand. It was found that birds of this species uses the reservoir as a watering place where they fly to feed on solid waste landfill. Thus, the gulls moved between a dump and potable water reservoir, contributing mediated interaction of the key with the sanitary and epidemiological point of view objects. It is assumed that the Gulls can be mediators of the mechanical, chemical and biological water pollution agents are localized in the Municipal Solid Waste Landfill. The maximum number awarded in August, ie in the period of maximum influx of holidaymakers, when the intensity of water use increases. This increases the likelihood of human infection infections transmitted through poor-quality water. The number of near-water species of another – Mallard – significantly inferior Caspian Gull, but in the winter period, the number it can reach 2000 wasps. Its contact with the sources of mechanical and physical contamination were observed. On the other hand, proved Mallard circulation among influenza A viruses, which creates a risk for contamination of drinking water. When monitoring the quality of drinking water is provided to take into account the possibility of its contamination by various agents with the help of birds.

Keywords: sanitary reservoirs, hydrophilic birds, pollution monitoring.

References

1. Kucherenko V. N., Chirniy V. I. Dynamics of bird population of Simferopol Reservoir during spring migrations. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station.*, **14**, 117 (2011).
2. Khotko N. I., Dmitriev A. P. *Water factor in transmission.* – 232 p. (Penza, 2002).

3. Simon Delaney. Guidelines for the monitoring methodology of waterfowl: a common approach to organizing and conducting surveys. *Wetlands international Black Sea programme*, 2001. – 64 p.
4. Kostin S. Y. Materials on the biology of birds at landfills. *Serinus*, **2**, 14 (1999).
5. Kucherenko V. N., Yakunin S. N. Accounting for birds Simferopol Reservoir. *ROM Bulletin: Results of a regional ornithological monitoring*. August 2012, **8**, 20 (2014).
6. Kucherenko V. N. Wetland Mountain Crimea in 2009. *ROM Bulletin: Results of the average winter surveys of waterbirds in 2005, 2007-2010, in the Azov-Black Sea region of Ukraine*, **7**, P. 49, 53–55, 63–64. (2011).
7. Kucherenko V.N., Chirniy V.I. Wetland Mountain Crimea in 2010. *ROM Bulletin: Results of the average winter surveys of waterbirds in 2005, 2007-2010, in the Azov-Black Sea region of Ukraine*, **7**, P. 58, 61–64 (2011).
8. Beskaravayny M. M. Seasonal population dynamics and distribution of gulls in southern Crimea. *Branta: Transactions of the Azov-Black Sea Ornithological Station*, **9**, P. 56–85 (2006).
9. Kucherenko V. N., Chirniy V. I., Il'ichev Y. A., Barinova O. Yu., Khaytovych A. B. Monitoring circulating avian influenza virus in wild birds in the Crimea in the winter of 2008–2009. *Actual questions of epidemiological surveillance of especially dangerous infections, sanitary protection of the territory, biological bezopasnostoriïbiologichnazpeka*, 181. (Proceedings of the conference 8-10 September 2009, Illichivsk).

Поступила в редакцию 29.11.2015 г.

УДК 598.26 (477.43)

СЕЗОННІ ТА БІОТОПІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВОРОНОВИХ ПТАХІВ В УРБОЦЕНОЗАХ ЖИТОМИРА

Мацюра О. В.¹, Зимарова А. А.²

¹ Алтайський державний університет, Барнаул, Росія

² Житомирський національний агротехнологічний університет, Житомир, Україна

Email: amatsyura@gmail.com

Птахи родини *Corvidae* в м. Житомир представлені 6 видами, які гніздяться, серед них домінуючим видом є грак. Його частка складає 68% серед інших птахів цієї родини (середня щільність – $79,0 \pm 3,7$ ос/км², SD = 127,3). Другим за чисельністю видом є галка (12,5%), її середня щільність у Житомирі $14,5 \pm 0,8$ ос/км², SD = 28,6. Щільність сороки $10,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,2 (8,8%), а сірої ворони $9,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,5 (7,9%). Найменш поширеними вороновими є сойка та крук, щільність яких складає $1,9 \pm 0,2$ ос/км², SD = 6,2 (1,6%) та $1,4 \pm 0,1$ ос/км², SD = 4,9 (1,2%) відповідно. Максимальна щільність воронових птахів в Житомирі відмічена для зимнього періоду. Наймасовішими видами воронових у зимовий період є граки та галки, котрі харчуються зазвичай у полівидових зграях та утворюють спільні ночівельні скупчення.

За три роки досліджень (вересень 2009 р. – серпень 2012 р.) щільність усіх воронових, окрім галки, змінилася не значно ($p < 0,05$), хоча відмічена тенденція до її зростання. Збільшення чисельності галки у місті відбулося, вірогідно, за рахунок збільшення щільності зимуючої популяції чи внаслідок збільшення кількості мігрантів із північніших регіонів.

Ключові слова: Воронові птахи, просторовий розподіл, чисельність, Житомир, Україна.

ВСТУП

В умовах інтенсивного господарського перетворення людиною природних ландшафтів обов'язковою складовою орнітокомплексів урбанізованих територій стають воронові птахи, які в антропогенних ландшафтах відіграють істотну роль, особливо у місцях їх постійних концентрацій, де завдяки їх присутності змінюються фізико-хімічні властивості ґрунту, мікробіологічні процеси, склад повітря, склад і структура фітоценозів [1].

Висока щільність популяцій воронових птахів у міських умовах робить можливою інтенсивну циркуляцію арбовірусів, поширення їх на значних територіях з включенням господарів з інших екосистем, рекомбінацію між вірусами та обмін вірусами між біоценозами [2, 3].

Багато воронових птахів харчуються побутовими відходами, а також плодами і молодими пагонами сільськогосподарських культур, тому впливають на санітарний стан населених пунктів та сільське господарство [4, 5]. Проблему породжує також шум, який створюють колонії воронових птахів у містах, а також забруднення ґрунту та архітектурних споруд їх послідом [6, 7].

Стрімка антропогенна трансформація середовища існування *Corvidae* глибоко зачіпає всі сторони їхнього життя, закономірно обумовлюючи формування еколого-етологічних адаптацій до змінених умов проживання [8].

Тому, вивчення екології воронових птахів урбанізованих територій і природних ландшафтів дозволить з'ясувати екологічні умови проникнення *Corvidae* на освоєні людиною території і появу у цих птахів нових екологічних відмінностей, допоможе здійснювати цілеспрямований вплив на фауністичні комплекси культурного ландшафту з метою їх розвитку у потрібному для людини напрямку.

Вивчення міських птахів оформилося в самостійний напрямок у другій половині ХХ століття. В програми орнітологічних конгресів, які проходили в цей час (1978–1998 рр.), було включено спеціальні симпозіуми стосовно птахів урбанізованих територій [8].

У більшості публікацій, присвячених цій проблемі, як у нашій країні, так і за її межами, розглядається стан орнітофауни окремих міст. Найбільш повно досліджено видовий склад та динаміку чисельності птахів у різних містах Європи: Берліні та Гамбурзі [9, 10], Лондоні, Неаполі [11], Варшаві [12], Зволені (Словаччина) [13], Кишеневі [14], Софії, Габрово [15] та ін.

У Росії вивчення видового складу і чисельності птахів урбанізованих територій найбільш активно проводилося у Москві [8, 16] та Санкт-Петербурзі [17–20]. Було встановлено, що показники видового різноманіття птахів міських середовищ характеризуються оберненою кореляцією щодо ступеня антропогенного освоєння території.

Результати вивчення чисельності та розподілу міської авіфауни все частіше оформляються у вигляді “Атласів гніздових птахів”. Такі атласи вже видані для Лондона [21], Берліна і Брюсселя [22]. Близькою до “атласної” можна вважати роботу В. М. Храброго по м. Санкт-Петербургу [20]. В Україні видано атлас птахів міста Львова [23].

Вивчення орнітофауни урбанізованого ландшафту в Україні – відносно молода галузь науки, якій тривалий час не приділялося достатньої уваги [24]. Інтерес до міських птахів та їх адаптивних особливостей, географічного та біотопічного розподілу інтенсивно зростає протягом останніх десяти-п'ятнадцяти років [25–33].

Розрізнені дані відносно видового складу та особливостей екології птахів Житомирської області можна знайти в зведеннях серії “Фауна України” [34] та книзі “Птицы Советского Союза” [35]. Відомості щодо складу та чисельності птахів міста Житомира є вкрай обмеженими та застарілими [36], тому це питання на разі потребує детального вивчення.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Ми виділили 5 типів біотопів у межах м. Житомира та приміські “зелені зони” (змішані ліси, лісопарки та водойми). До біотопів в межах міської забудови належать: стара забудова (2–5 поверхів); багатоповерхова забудова (9–14 поверхів); індивідуальна забудова; біотопи зі штучними зеленими насадженнями (парки, сквери, бульвари) вбудовані в архітектуру міста; індустріальний ландшафт. Виділення цих біотопів базується на співвідношенні різних типів забудови, її

розташувани у межах міста, а також на ступені озеленення біотопів та на рівнях антропогенного впливу на біотоп.

На локальному рівні (у межах міста) градієнт урбанізації зростає в наступному напрямку: приміські зелені зони (ліси, прирічкові біотопи, поля – буферні зони, які тісно пов'язані з містом господарською діяльністю та потоком рекреантів); індивідуальна забудова; міські парки, сквери, бульвари, сади; промислова забудова (індустріальний ландшафт); типова багатоповерхова забудова.

Нами виділено ще два окремих біотопи, які є досить важливими у житті воронів, особливо у зимовий період – це м'ясокомбінат та звалище побутових відходів. Житомирський м'ясокомбінат знаходиться у промисловій зоні міста і займає площу 17 га. У озелененні підприємства основною деревною породою є клен ясенелистий *Acer negundo* L.

Житомирське звалище (полігон твердих побутових відходів) розташоване на південній околиці міста. Площа звалища приблизно 21,6 га, на ньому накопичилось близько 15 млн.м³ відходів, при щорічному збільшенні на 0,4–0,5 млн. м³. Поряд із полігоном розташоване невелике озеро. В озелененні переважають тополі (*Populus alba* L., *P. nigra* L.) та сосни *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*.

Об'єктом екологічних досліджень обрано наступні види воронів птахів: грака (*Corvus frugilegus* L.), галку (*Corvus monedula* L.), сіру ворону (*Corvus cornix* L.), сороку (*Pica pica* L.), сойку (*Garrulus glandarius* L.) та крука (*Corvus corax* L.). Видову належність представників *Corvidae* визначали за польовим визначником птахів України [37].

В основу роботи покладено результати польових досліджень, проведених з вересня 2009 року по серпень 2012 року в м. Житомир.

У межах міської забудови обліки проводили на трансектах зі змінною шириною облікової смуги (оскільки на різних ділянках маршруту відстані між будівлями різняться), тобто фактично на серії фіксованих майданчиків, що примикають один до одного [38, 39]. Перерахунок на площу (щільність птахів – кількість особин на 1 км²) здійснювали за формулою:

$$N = \frac{n_1}{S}, \quad (1)$$

де N – кількість птахів на 1 км² площі; n₁ – кількість врахованих птахів, які сидять чи перелітають; S – площа облікового майданчика.

Ширина трансекти в середньому дорівнювала: в межах масивів старої багатоповерхової (3–5-ти поверхової) забудови – 60 м; в межах індивідуальної забудови – 100 м; серед новобудов (9–14-ти поверхових) – 80 м; в промисловій зоні – 200 м; в парках, скверах та на бульварах – 300 м.

У міських парках, лісопарках та на пустирях птахів підраховували без обмеження ширини облікової смуги інтервальним методом. Перерахунок отриманих показників щільності на площу (кількість особин на 1 км²) здійснювали за середньою дальністю виявлення птахів [38] з використанням стандартної перерахункової формули:

$$N = \frac{n_1 \times 40 + n_2 \times 10 + n_3 \times 3 + n_4}{L}, (2)$$

де n_1-n_4 – число особин, які зареєстровані в смугах виявлення, відповідно 0–25 м; 25–100 м; 100–300 м та 300–1000 м; 40, 10, 3 та 1 коефіцієнти для перерахунку, а L – пройдена відстань, км.

У гніздовий період враховували всіх зустрінутих птахів та всі гнізда, що траплялися при проходженні маршруту, з метою визначення щільності окремих видів птахів, котрі гніздяться, та загальної щільності *Corvidae*.

Частку обліків воронових птахів проводили на звалищі твердих побутових відходів м. Житомира, а також та на території Житомирського м'ясокомбінату з метою визначення абсолютної чисельності *Corvidae* у різні періоди року в цих біотопах.

З огляду на особливості клімату регіону проведення досліджень, а також на сезонні ритми, які притаманні саме вороновим птахам на території області, в рамках річного циклу ми виділили кілька періодів: зимовий (1 листопада–15 лютого), період весняних міграцій або передгніздовий (16 лютого–30 березня), гніздовий (1 квітня–30 червня), період літніх кочівель або післягніздовий період (1 липня–31 серпня) та період осінніх міграцій (1 вересня–30 жовтня). Сезонну динаміку орнітофауни населених пунктів розглядали у відповідності з виділеними періодами.

Статистична обробка даних проводилася в пакетах *MS Excel* та *Statsoft Statistica 6.0*. Для визначення нормальності розподілу використовували тест Колмогорова-Смірнова. В роботі приймався 5% рівень значущості. Різниця між середніми вважалася вірогідною, якщо імовірність $p \leq 0,05$. Оцінку тісноти лінійного зв'язку здійснювали за допомогою кореляційного аналізу, при цьому використовували коефіцієнт кореляції Пірсона. Для встановлення достовірної статистичної різниці між вибірками застосовували t -критерій Стьюдента для незалежних вибірок та критерій Фішера. Однофакторний дисперсійний аналіз проводили з застосуванням процедури *one-way ANOVA*. Регресійний аналіз проводився за допомогою модуля *Multiple Regressions* в пакеті STATISTICA. Рівняння авторегресії для щільності воронових птахів та значення коефіцієнтів було розраховано за допомогою програми *CurveExpert 1.4*.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Родина *Corvidae* м. Житомир представлена 6 видами, які гніздяться, серед них домінуючим видом є грак. Його частка складає 68% серед інших птахів цієї родини (середня щільність – $79,0 \pm 3,7$ ос/км², SD = 127,3). Другим за чисельністю видом є галка (12,5%), її середня щільність у Житомирі $14,5 \pm 0,8$ ос/км², SD = 28,6. Щільність сороки $10,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,2 (8,8%), а сірої ворони – $9,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,5 (7,9%). Найменш поширеними вороновими міста є сойка та крук, щільність яких складає $1,9 \pm 0,2$ ос/км², SD = 6,2 (1,6%) та $1,4 \pm 0,1$ ос/км², SD = 4,9 (1,2%) відповідно. Максимальна щільність воронових птахів в Житомирі відмічена для зимнього періоду (рис. 1). Наймасовішими видами воронових у зимовий період є

граки та галки, котрі харчуються зазвичай у полівидових зграях та утворюють спільні ночівельні скупчення.

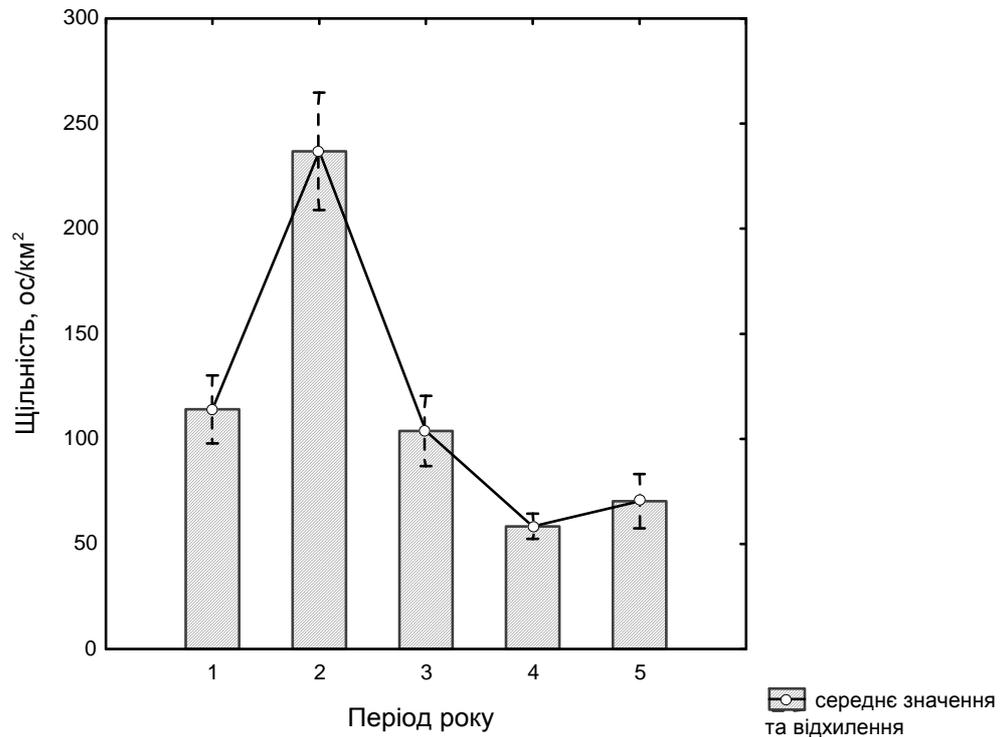


Рис. 1. Середня щільність воронових птахів у м. Житомирі за періодами року.
 1 – період осінніх міграцій; 2 – зимовий період; 3 – період весняних міграцій;
 4 – гніздовий період; 5 – післягніздовий період.

Домінуючим видом в усіх біотопах міста є грак. Центральна ночівля граків та галок знаходиться на території військового шпиталю і масово відвідується птахами з кінця жовтня до початку березня. В холодні дні кількість птахів на ночівлі сягає близько 13 тис. особин. Відомі ще 4 периферійні ночівлі часто утворені поряд із місцями гніздування граків або недалеко від центральної ночівлі. Ці ночівлі функціонують в літньо-осінній період, чисельність граків та галок сягає до 4 тис. особин.

Для кожного біотопу, який характеризується певним ступенем перетворення його людиною, характерним є особливий видовий склад воронових птахів та динаміка їх чисельності за періодами року (табл. 1, 2).

Таблиця 1.

Розподіл воронових птахів в біотопах м. Житомира*

Біотоп	Середня щільність воронових птахів, ос/км ²						
	Грак	Галка	Сіра ворона	Сорока	Сойка	Крук	Загальна
Індивідуальна забудова	36,0	3,6	4,1	12,8	1,6	0	58,1
Приміські зелені зони	37,8	3,5	21,8	8,3	6,3	6,7	84,4
Міські парки, бульвари, сквери, сади	99,7	11,5	7,1	7,7	1,9	0	127,9
Промислова забудова	85,3	16,9	10,0	13,2	0,3	11,2	136,9
9-ти пов. забудова	108,8	15,5	6,8	8,7	0,2	0	140,0
Стара 2-5 пов. забудова	133,1	36,4	12,8	8,6	1,5	0	192,4

*Біотопи наведено відповідно збільшення загальної щільності птахів

Таблиця 2.

Річна динаміка середньої щільності воронових птахів у м. Житомирі

Період	Щільність воронових птахів, ос/км ²					
	Грак	Галка	Сіра ворона	Сорока	Сойка	Крук
Осінньо-міграційний	78,8	14,1	9,3	8,9	1,5	1,4
Зимовий	182,4	26,5	12,9	10,7	2,1	2,2
Весняних міграцій (передгніздовий)	64,2	15,9	10,6	9,9	1,6	1,7
Гніздовий	31,2	8,0	7,0	9,8	1,7	1,0
Післягніздовий	39,1	9,3	7,0	11,8	2,5	0,7

Зі зростанням градієнту урбанізації щільність граків та галок суттєво зростала ($p < 0,05$), а сірої ворони, сойки та крука – знижувалась. Сорока поширена по території міста більш-менш рівномірно (див. табл. 2).

Вплив градієнту урбанізації на щільність грака у межах міста описується рівнянням (3):

$$y = \frac{1}{ax + b}, \quad (3)$$

де коефіцієнт кореляції, $r = 0,79$; стандартне відхилення, $S = 26,7$; $a = -3,3$; $b = 2,4$.

Рівняння залежності щільності галки від градієнту урбанізації (4):

$$y = \frac{1}{ax + b}, \quad (4)$$

($r = 0,81$; $S = 6,8$; $a = -3,38$; $b = 2,3$).

Вплив градієнту урбанізації на щільність сірої ворони описується рівнянням (5):

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3, \quad (5)$$

коефіцієнт кореляції $r = 0,99$; стандартне відхилення $S = 1,4$; $a = 4,6$; $b = -3,0$; $c = 7,1$; $d = -4,8$.

Модель залежності щільності сороки від градієнту (6):

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3, \quad (6)$$

де $r = 0,97$; $S = 1,2$; $a = -1,1$; $b = 2,7$; $c = -9,3$; $d = 9,4$.

Розподіл сойки за градієнтом урбанізації описується наступним рівнянням (7):

$$y = ax^{\frac{b}{a}}, \quad (7)$$

де коефіцієнт кореляції, $r = 0,96$; стандартне відхилення, $S = 0,74$; $a = 6,1$; $b = -4,8$.

Рівняння залежності щільності крука від градієнту урбанізації(8):

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}, \quad (8)$$

коефіцієнт кореляції, $r = 0,84$; стандартне відхилення, $S = 3,91$; $a = 1,1$; $b = -3,6$; $c = -1,5$; $d = 4,9$.

Приміські зелені зони(буферні зони) характеризуються значним видовим різноманіттям *Corvidae*: у цьому біотопі були присутні усі 6 видів воронових. Варто зауважити, що крук зустрічався лише у приміських лісах, на території м'ясокомбінату та міському звалищі побутових відходів. Досить велика популяція круків була сконцентрована у лісовому масиві на околиці м. Житомира, що примикає до міського кладовища та характеризується значними харчовими ресурсами. У цьому ж біотопі спостерігалась найвища щільність сойок та сірих ворон. Сойка є типовим дендрофілом, тому її висока чисельність у оточуючих місто лісах цілком зрозуміла.

У міському Гідропарку існувала найчисельніша популяція сірих ворон ($13,4 \text{ ос/км}^2$), котрі тут зимували та гніздились. Це можна пояснити близькістю річки Тетерів, оскільки, як було відмічено вище, ворони тяжіють до навколводних територій. Навесні, влітку та восени сірі ворони утворювали на території Гідропарку ночівельне скупчення. Ще одна невелика ночівля була розташована в районі Богунії, на території військової частини. Центральна колективна зимова ночівля *S. cornix* знаходилась у міському парку культури ім. Гагаріна, де чисельність птахів сягала близько 800 особин. У буферних зонах галку ми зустрічали лише у польоті в період літніх кочівель та осінніх міграцій. Щільність

населення граків у зелених приміських зонах значно скоротилася у 2011 році, внаслідок зникнення через втручання людини великої колонії, яка була розташована у Гідропарку. Взимку та навесні 2011–2012 рр. у даному біотопі траплялися лише поодинокі особини *C. frugilegus*. В літній період їх чисельність зростала, оскільки під час кочівель граки досить часто харчувалися на сільськогосподарських полях, які знаходяться на околицях міста.

Для *зелених зон* у центрі міста була притаманна значна щільність воронових, особливо в гніздовий період. Так, гніздова щільність граків була максимальна саме у цих біотопах, оскільки тут були розташовані 6 із 12 виявлених колоній граків м. Житомир.

Граки охоче гніздяться в невеликих скверах, які примикають до кварталів старої багатоповерхової забудови. Одна з найбільших колоній цих птахів (67 гнізд) знаходилася на Старому бульварі. Недалеко від неї (на відстані 700 та 500 метрів) були розташовані ще дві трохи менші колонії: одна у сквері Музичного училища (24 гнізда), а інша у сквері навпроти Державного педагогічного університету ім. І. Франка (18 гнізд).

Більшість колоній *C. frugilegus* була розташована в центрі міста, в місцях з досить активним рухом автотранспорту та масовим відвідуванням людьми. Лише 3 колонії граків були розташовані на околицях міста. Одна з них, яка знаходилася у Гідропарку, припинила своє існування внаслідок вирубування сосен, на яких вона була розташована. Невелика колонія із 6 гнізд з'явилася у 2012 році в районі Богунії, в кварталі нової 9-ти поверхової забудови. Найбільша колонія граків (90 гнізд) була розташована на виїзді із Житомира на території військової частини.

У міських зелених зонах успішно гніздяться сороки, сойки та сірі ворони. Галки траплялись тут лише в осінньо-зимовий період, коли вони разом із граками харчувались на газонах скверів та парків. З встановленням стабільного снігового покриву щільність воронових у біотопах із зеленими насадженнями знижувалась, що пов'язано із виснаженням харчових ресурсів, які представлені лише у вигляді підкормки птахів відпочиваючими людьми.

Для *індивідуальної забудови* міста характерна найменша щільність усіх видів воронових птахів, окрім сороки та сойки. Чисельність масових видів воронових (грака, галки, сірої ворони) була низькою внаслідок бідності харчових ресурсів, відсутності місць для крупних ночівельних зграй та придатних для гніздування ділянок. Проте, щільність сороки у даному біотопі була одна з найвищих ($12,8 \text{ ос/км}^2$). Сорока була відмічена нами у біотопах з приватною забудовою цілорічно, успішно гніздилася у дворах приватних будинків та на вуличних насадженнях, а її гніздова щільність становила $11,2 \text{ ос/км}^2$.

Сойка також досить активно заселяє цей біотоп, її середня щільність – $1,6 \text{ ос/км}^2$, причому пік чисельності припадав на передгніздовий та гніздовий періоди, що вказує на наявність в даному біотопі придатних для її гніздування насаджень.

Таблиця 3.
Динаміка щільності воронових в біотопах м. Житомира

Біотоп	Період	Щільність воронових, ос/км ²					
		Грак	Галка	Сіра ворона	Сорока	Сойка	Крук
1	2	3	4	5	6	7	8
Приміські зелені зони	Осінньо-міграційний	84,6	6,2	26,8	8,6	5,8	7,8
	Зимовий	20,3	8,0	27,0	4,1	3,9	7,1
	Весняно-міграційний	9,7	–	18,6	8,7	3,1	9,0
	Гніздовий	7,2	–	13,4	8,8	7,5	5,9
	Післягніздовий	104,2	0,3	23,1	15,6	13,1	3,8
Міські парки, бульвари, сквери, сади	Осінньо-міграційний	91,9	19,9	8,1	9,2	1,3	–
	Зимовий	116,4	13,8	7,0	7,6	1,7	–
	Весняно-міграційний	46,3	8,8	8,1	7,0	1,3	–
	Гніздовий	128,5	3,9	7,1	8,2	1,7	–
	Післягніздовий	81,5	13,5	4,9	5,3	3,8	–
Індивідуальна забудова	Осінньо-міграційний	35,6	1,0	2,8	12,5	0,8	–
	Зимовий	85,6	8,2	5,4	14,3	1,8	–
	Весняно-міграційний	34,4	4,1	7,5	10,5	2,3	–
	Гніздовий	11,7	2,1	3,5	11,2	1,5	–
	Післягніздовий	11,5	1,8	1,1	16,9	1,5	–
1	2	3	4	5	6	7	8
Стара 2-5 поверхова забудова	Осінньо-міграційний	131,4	35,3	13,5	6,8	1,8	–
	Зимовий	363,0	61,8	18,6	9,9	2,8	–
	Весняно-міграційний	118,2	45,9	14,5	9,9	1,6	–
	Гніздовий	44,7	24,0	9,4	9,1	1,0	–
	Післягніздовий	33,9	20,5	10,2	6,0	0,5	–
9-ти поверхова забудова	Осінньо-міграційний	84,1	14,2	5,6	4,5	0,3	–
	Зимовий	367,9	48,4	9,2	11,3	0,5	–
	Весняно-міграційний	87,2	8,4	5,8	7,7	–	–
	Гніздовий	19,0	2,8	6,7	8,2	0,2	–
	Післягніздовий	33,8	13,1	6,1	12,6	–	–

Продовження таблиці 3

Промислова забудова	Осінньо- міграційний	75,8	14,7	7,8	8,5	0,3	5,7
	Зимовий	240,6	29,2	18,3	14,7	0,6	14,4
	Весняно- міграційний	89,8	32,3	17,0	21,2	0,4	13,9
	Гніздовий	21,5	6,8	6,2	15,5	0,4	9,9
	Післягніздовий	26,8	10,9	4,6	8,1	–	4,9

Найбільша кількість воронів була відмічена у *кварталах старої багатоповерхової забудови*, особливо в центрі міста (табл. 3).

В цих біотопах була зареєстрована найбільша кількість граків (133,1 ос/км²), галок (36,4 ос/км²) та сірих ворон (12,8 ос/км²), яких приваблює наявність у даному біотопі багатой кормової бази у вигляді смітневих контейнерів з харчовими відходами та зручних для гніздування стацій.

Так, сірі ворони гніздилися на високих деревах, які присутні в озелененні кварталів багатоповерхової забудови, часто на відстані 10–15 м від житлових будинків. І хоча основними гніздовими стаціями граків у Житомирі є невеличкі сквери, парки та міський бульвар, харчувалися вони в оточуючих біотопах старої забудови центра міста, насамперед, на смітниках та газонах між будинками.

Галка, як відомо, в минулому типовий скельний вид, тому тяжіє до архітектурних споруд, які в антропогенному ландшафті можуть слугувати заміною природних скельних ніш гніздування [33]. Птахи займали тріщини і отвори у стінах будинків, горища, вентиляційні ходи, наявність яких була найбільш характерна для 5-ти поверхових “хрущовок” та 2-х, 3-х поверхових “сталінок” м. Житомир.

Максимальна кількість *Corvidae* була характерна для біотопів старої забудови взимку. Таким чином, у холодні зимові місяці ворони надають перевагу густо заселеним кварталам житлової забудови.

З настанням весни щільність всіх видів воронів у біотопах старої забудови знижувалась, що пов’язане з міграціями птахів на місця гніздування.

Висока чисельність *Corvidae* була характерна й для *біотопів 9-ти поверхової забудови*. Взимку щільність масових видів воронів сягала пікових значень. Часто ми спостерігали великі скупчення воронів, котрі харчувалися поблизу смітневих контейнерів. Це пов’язане з недостатністю відповідних гніздовий стацій: в нових панельних та цегляних 9-ти поверхових будинках мало ніш, які придатні для будівництва гнізд галки, а в кварталах нової забудови недостатньо високих дерев, які використовували граки для будівництва гнізд. Проте сіра ворона і сорока досить часто гніздилися в цих біотопах, особливо на територіях шкіл та дитячих садочків.

На територіях з *промисловою забудовою* воронів приваблює, насамперед, звалище відходів Житомирського м’ясокомбінату, де щільність *Corvidae* була досить високою (136,9 ос/км²).

Територія м’ясокомбінату взимку – одне з місць крупних скупчень воронів птахів, оскільки тут наявна стабільна кормова база та місця для відпочинку. Нами було відмічено 5 видів воронів птахів, котрі харчуються на Житомирському

м'ясокомбінаті (грак, сіра ворона, галка, сорока, крук) із загальною щільністю 1578,5 ос/км² (табл. 4). Грак серед них найчисельніший вид, причому максимальна його щільність припадає на зимовий період.

Таблиця 4.

Динаміка щільності воронових птахів на Житомирському м'ясокомбінаті

Вид	Щільності воронових за періодами року, ос/км ² *				
	1	2	3	4	5
Грак	299,5	1 189,2	277,2	71,6	99,5
Галка	54,4	156,3	104,4	27,0	41,7
Сіра ворона	27,5	83,3	64,0	23,9	16,2
Сорока	25,5	69,5	70,6	48,8	28,4
Крук	50,0	80,1	25,3	25,3	13,7
Всього	456,9	1 578,5	541,4	196,5	199,5

*Примітка: 1 – період осінніх міграцій; 2 – зимовий період; 3 – період весняних міграцій або передгніздовий; 4 – гніздовий період; 5 – післягніздовий період.

У весняний період щільність населення воронових на м'ясокомбінаті різко скорочувалась (майже у 3 рази порівняно із зимовим періодом). У гніздовий період чисельність *Corvidae* тут знижувалась ще більше, і тільки чисельність крука та сороки залишалась більш-менш стабільною. Остання в цей період інколи стає домінантом серед воронових птахів, оскільки сорока дуже щільно гніздилась на територіях навколо м'ясокомбінату (відстань між сусідніми гніздами може бути 0,5 м).

Частина зимуючої популяції крука також гніздилась поблизу м'ясокомбінату, причому гнізда вони розташовували на оглядових залізничних вишках (3 гнізда) та одне гніздо було виявлене на непрацюючих корпусах підприємства. Відстань між гніздами не перевищувала 50 м, що може свідчити про певні зміни у стереотипі гніздування цих птахів, оскільки спостерігається тенденція переходу від одиночно-територіального до напівколоніального гніздування.

У літній період значення м'ясокомбінату в житті воронових знижувалась, тільки чисельність грака та галки дещо зростала порівняно із гніздовим періодом. Щільність круків влітку на м'ясокомбінаті була невисока, а в окремі роки вони тут взагалі були відсутні. Загальна чисельність *Corvidae* на м'ясокомбінаті в цей час скорочувалась у 8 разів порівняно з зимовим періодом, що пов'язано з доступністю кормових об'єктів в інших стаціях (збирання багаторічних трав, зернових, бобових)

Восени кормова база в природних біоценозах суттєво скорочується, у той же самий час робота м'ясокомбінату по забою та переробці худоби стає більш інтенсивною, що обумовлює збільшення кормової бази для птахів. Це обумовлює зростання чисельності воронових птахів у 2,2 рази порівняно з літнім періодом. Таким чином, м'ясокомбінати в урбанізованих ландшафтах слід розглядати як досить важливі кормові бази для воронових птахів у зимовий період. На територіях промислових зон інших виробництв траплялися лише поодинокі особини сорок, граків та сойок.

Ще одним важливим об'єктом, який дозволяє вороновим зимувати в умовах міста, досягаючи значної чисельності, є звалище твердих побутових відходів (ТПВ). Території звалищ є досить специфічними біотопами, які зазвичай розташовані неподалік від міста та мають багату кормову базу. Це приваблює сюди воронових птахів, котрі утворюють крупні скупчення на обмеженій території. Полігон (хоча, вірніше казати звалище) відходів м. Житомира відвідують 5 видів воронових птахів: грак, галка, сіра ворона, сорока, крук. Чисельність їх в різні періоди року сильно варіює ($p \leq 0,05$) (табл. 5).

Таблиця 5.
Динаміка щільності населення воронових птахів на полігоні ТПВ м. Житомир

Вид	Щільності воронових за періодами року, ос/км ² *				
	1	2	3	4	5
Грак	1757,5	13806,4	12738,1	151,1	7,1
Галка	177,0	1627,3	1323,8	10,8	4,3
Сіра ворона	36,9	98,4	98,8	8,6	5,3
Сорока	6,7	23,8	12,5	7,0	3,3
Крук	23,0	126,1	106,5	27,9	0
Всього	2001,2	15682,1	15376,7	246	68,1

*див. табл. 4

Найбільш активно воронові відвідували звалище в зимові місяці, причому пік чисельності зазвичай припадає на лютий (рис. 2). Це пояснюється надзвичайно холодною та сніжною погодою у місяці лютому в період 2009–2012 рр. На звалищі було відмічено значне переважання грака та галки над усіма іншими видами воронових. Поблизу полігона нами була зареєстрована велика популяція круків, котрі майже увесь рік перебувають на його території, покидаючи її лише у літні місяці.

У гніздовий період кількість воронових на звалищі різко скорочувалась, що, можливо, пов'язане з відсутністю поблизу зручних для гніздування місць. Здійснювати кормові польоти за межі міста птахам стає енергетично не вигідно, тому лише особини, які не гніздяться, продовжують в цей період харчуватися на звалищі. Навесні воронові стикаються з жорсткою конкуренцією з боку сизої чайки, яка майже повністю витісняє їх зі звалища на період свого гніздування. Мінімальна кількість птахів була відмічена в липні–серпні, до того ж в обліках цього періоду найчастіше були відсутні круки, граки та галки. Вочевидь, у літній період корми антропогенного походження грають не таку важливу роль у житті воронових птахів.

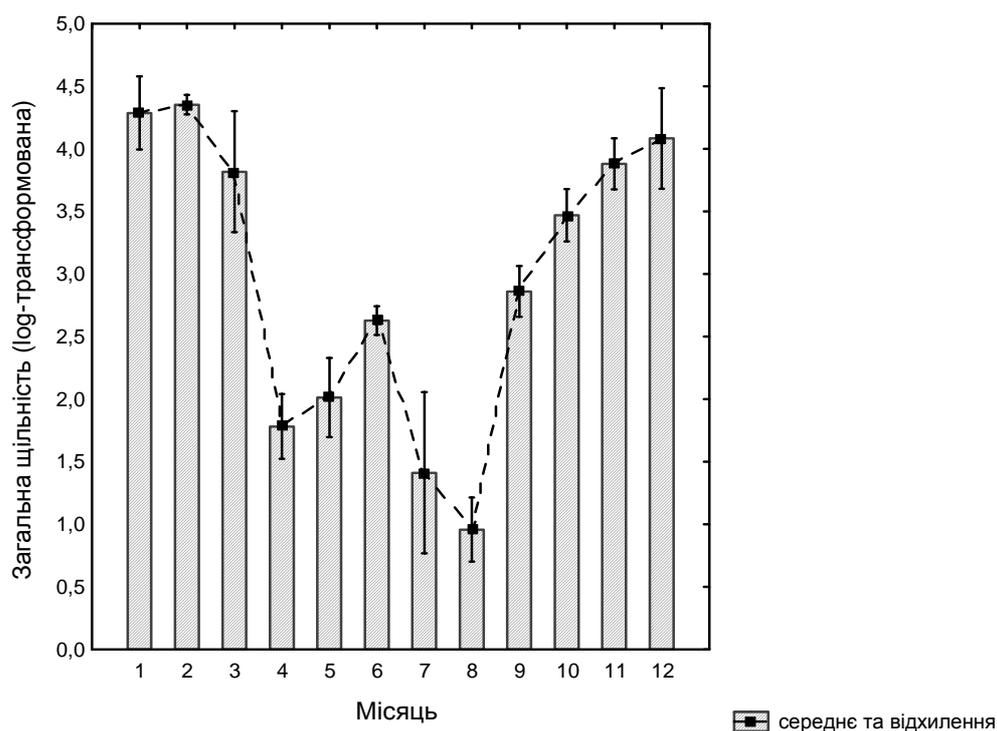


Рис. 2. Динаміка чисельності воронових птахів на полігоні твердих побутових відходів м. Житомира (значення щільності воронових логарифмічно трансформовані).

За три роки досліджень (вересень 2009 р. – серпень 2012 р.) щільність усіх воронових, окрім галки, змінилася не значно ($p \leq 0,05$), хоча відмічена певна тенденція до зростання їх кількості (табл. 6). Збільшення чисельності галки у місті відбулося, вірогідно, за рахунок збільшення щільності зимуючої популяції чи внаслідок збільшення кількості мігрантів із північніших регіонів.

Таблиця 6.

Зміни щільності *Corvidae* впродовж 2009–2012 рр. (ос/км²).

Вид	Період досліджень		
	2009–2010	2010–2011	2011–2012
Грак	67,0	83,7	87,0
Галка	11,4	14,6	18,0
Сіра ворона	8,3	9,4	10,0
Сорока	9,6	10,5	10,3
Сойка	1,4	1,9	2,3
Крук	1,2	1,3	1,7
Загальна щільність воронових	99,0	121,2	129,0

Тяжіння воронових до міста можна пояснити доступністю кормів у вигляді харчових відходів, більш м'якими погодними умови взимку та меншим пресом з боку хижаків. Зростання чисельності масових видів воронових (грака, галки та сірої ворони) у м. Житомирі, поширення сороки у нехарактерних для неї біотопах (наприклад, 9-ти поверхової забудови), проникнення сойки, яка вважалася типовим лісовим мешканцем, у центральні густонаселені квартали міста та ріст її популяції, а також зростання чисельності популяції крука на околицях міста та поблизу звалищ, свідчить про інтенсивну синурбізацію представників *Corvidae* в сучасних умовах міста Житомира. З настанням весни кількість воронових у місті поступово знижується, що пов'язане з відльотом птахів-мігрантів, котрі переживають зимові несприятливі умови у містах. Після завершення гніздового періоду щільність воронових зростає внаслідок виходу молодняку. Однак у середині літа воронових у місті залишається досить мало, оскільки в цей період вони кочують по прилеглим природним біотопам. З настанням осені птахи повертаються у місто для зимівлі.

ВИСНОВКИ

Родина *Corvidae* м. Житомир представлена 6 видами, які гніздяться, серед них домінуючим видом є грак. Його частка складає 68% серед інших птахів цієї родини (середня щільність – $79,0 \pm 3,7$ ос/км², SD = 127,3). Другим за чисельністю видом є галка (12,5 %), її середня щільність у Житомирі $14,5 \pm 0,8$ ос/км², SD = 28,6. Щільність сороки $10,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,2 (8,8%), а сірої ворони – $9,2 \pm 0,4$ ос/км², SD = 13,5 (7,9 %). Найменш поширеними вороновими міста є сойка та крук, щільність яких складає $1,9 \pm 0,2$ ос/км², SD = 6,2 (1,6%) та $1,4 \pm 0,1$ ос/км², SD = 4,9 (1,2%) відповідно. Максимальна щільність воронових птахів в Житомирі відмічена для зимнього періоду. Наймасовішими видами воронових у зимовий період є граки та галки, котрі харчуються зазвичай у полівидових зграях та утворюють спільні ночівельні скупчення.

Приміські зелені зони(буферні зони) характеризуються значним видовим різноманіттям *Corvidae*: у цьому біотопі були присутні усі 6 видів воронових. У цьому ж біотопі спостерігалась найвища щільність сойок та сірих ворон. Для *зелених зон* у центрі міста була також притаманна значна щільність воронових, особливо в гніздовий період. Так, гніздова щільність граків була максимальна саме у цих біотопах, оскільки тут були розташовані 6 із 12 виявлених колоній граків м. Житомир. У міських зелених зонах успішно гніздяться сороки, сойки та сірі ворони. Галки траплялись тут лише в осінньо-зимовий період, коли вони разом із граками харчувались на газонах скверів та парків. З встановленням стабільного снігового покриву щільність воронових у біотопах із зеленими насадженнями знижувалась, що пов'язано із виснаженням харчових ресурсів, які представлені лише у вигляді підкормки птахів відпочиваючими людьми.

Для *індивідуальної забудови* міста характерна найменша щільність усіх видів воронових птахів, окрім сороки та сойки. Чисельність масових видів воронових (грака, галки, сірої ворони) була низькою внаслідок бідності харчових ресурсів, відсутності місць для крупних ночівельних зграй та придатних для гніздування ділянок, проте, щільність сороки у даному біотопі була одна з найвищих

(12,8 ос/км²). Сорока перебувала у біотопах з приватною забудовою цілорічно, успішно гніздилась у дворах приватних будинків та на вуличних насадженнях, а її гніздова щільність становила 11,2 ос/км².

За три роки досліджень (вересень 2009 р. – серпень 2012 р.) щільність усіх воронових, окрім галки, змінилася не значно ($p < 0,05$), хоча відмічена тенденція до її зростання. Збільшення чисельності галки у місті відбулося, вірогідно, за рахунок збільшення щільності зимуючої популяції чи внаслідок збільшення кількості мігрантів із північніших регіонів.

Список літератури

1. Лысенков Е. В. Средообразующая роль врановых в антропогенных ландшафтах / Е. В. Лысенков // Экология врановых птиц в антропогенных ландшафтах: Сб. мат. межд. научн.-практич. конф. – Саранск, 2002. – С. 25–29.
2. Воронцова М. С. Динамика населения и поведение врановых птиц в урбанизированных ландшафтах северо-западной части России: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.08 «Зоология» / Воронцова Мария Сергеевна; Псковский гос. пед. ун-т. – Псков, 2009. – 16 с.
3. Zeller H. G. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas / H. G. Zeller, I. Schuffenecker // Eur.J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. – 2004. – Vol. 23. – № 3. – P. 147–156.
4. Голованова Э. Н. Методика оценки сельскохозяйственного значения птиц на примере грача / Э. Н. Голованова // Мат. VI Всесоюз. орнитол. конф. – М., 1974. – С. 317–319.
5. Гулий В. И. Трофические связи серой вороны и их практическое значение в лесостепи Западной Украины / В. И. Гулий // Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах. – Липецк, 1989. – Ч. I. – С. 53–55.
6. Лысенков Е. В. Численность врановых птиц и накопление зоогенного опада на зимних ночевках в г. Саранске / Е. В. Лысенков // Врановые птицы: экология, поведение, фольклор: Сб. науч. трудов. – Саранск, 2002. – С. 71–84. – ISBN 5-8156-0134-9.
7. Мухаметзянова Л. К. Пространственное распределение и особенности экологии грача (*Corvus frugilegus*) в Республике Татарстан: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Мухаметзянова Лилия Касымовна; Казанский гос. пед. ун-т. – Казань, 2004. – 22 с.
8. Константинов В. М. Экология некоторых синантропных врановых птиц: автореф. дисс. на соиск. науч. степ. канд. биол. наук / Константинов Владимир Михайлович – М.: МГПИ. – 1971. – 33 с.
9. Andersen L. Siedlungsdichte, Reviergrösse und Bruterfolg von Rabenkrahen (*Corvus c. corone* L.) in der Großstadlandschaft Hamburgs / L. Andersen, H. Hoerschelmann // Hamburg. avifaun. Beitr. – 1996. – № 28. – P. –17–42.
10. Berndt R. K. Schleswig-Holsteins Wintervogel im Wandel – eine Bilanz der Bestandsveränderungen 1970 – 1995 / R. K. Berndt // Corax; Helsinki. – 1996. – № 4. – P. 356–372.
11. Hundson W. H. Birds in London / W. H. Hundson. – London: Longmans Green and Co. – 1998. – 300 p.
12. Jerzak, L. Breeding ecology of an urban Magpie *Pica pica* population in Zielona Góra (SW Poland) / L. Jerzak // Acta orn. – 1995. – N. 29. – P. 123–133.
13. Turcek F. J. Über Rotelmausschaden in slowakischen Wäldern im Jahre / F. J. Turcek // Zeitschrift für Angewandte Zoologie. – 1956. – № 47. – P. 449–465.
14. Бучучану Л. Уровень синантропизации птиц в культурном ландшафте Молдовы / Л. Бучучану, Т. Цибуляк // Мат. II конф. молодых орнитологов Украины. – Чернівці, 1996. – С. 20–23.
15. Дончев С. И. Состояние и тенденции синантропизации и синурбизации птиц в Болгарии / С. И. Дончев, П. Н. Янков // Экология. – 1989. – № 22. – С. 35–42.
16. Ильичев В. Д. Птицы Москвы и Подмосквы / В. Д. Ильичев, В. Т. Бутьев, В. М. Константинов. – М.: Наука. – 1987. – 272 с.

17. Мальчевский А. С. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий / А. С. Мальчевский, Ю. Б. Пукинский. – Л., 1983. – Т. 2. – С. 1–504.
18. Божко С. И. К характеристике процесса урбанизации птиц / С. И. Божко // Вестник Ленингр. ун-та. – Л., 1971. – Вып. 2. – № 9. – С. 5–14.
19. Благосклонов К. Н. Авифауна большого города и возможности её преобразования / К. Н. Благосклонов // Экология, география и охрана птиц. – Ленинград, 1980. – С. 14–15.
20. Храбрый В. М. Птицы Санкт-Петербурга. Фауна, размещение, охрана. / Храбрый В. М. – СПб.: Наука. – 1994. – С. 1–273.
21. The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and abundance / T. and A. D. Poyser. – London. – 1997. – P. 682–683.
22. Witt K. Atlasarbeiten zur Brutvogelwelt und Wintervogel programm Berlin / K. Witt // Vogelwelt. – 1996. – № 4–6. – S. 321–327.
23. Бокотей А. А. Атлас птиц города Львова: основные принципы и результаты первого года работы / А. А. Бокотей // Проблеми вивчення та охорони птахів. – Львів–Чернівці, 1995. – С. 14–16.
24. Бокотей А. А. Орнитофауна города Львова: население, распределение, динамика [Текст]: дисс. на соиск. науч. степ. д-ра биол. наук / Бокотей Андрей Андреевич; Гос. природоведческий музей НАН Украины. – Л., 1998. – 99 с.
25. Лопарев С. О. Орнитофауна населенных пунктов Центра Украины та її зміни: дис. канд. біол. наук: 03.00.08 «Зоологія» / Лопарев Сергій Олександрович. – К., 1996. – 348 с.
26. Чаплигіна А. Б. Еколого-фауністичний аналіз урболандшафтів на прикладі Журавлівського гідропарку м. Харків / А. Б. Чаплигіна // Природничий альманах. – 2010. – № 14. – С. 197–207.
27. Скільський І. В. Структура й особливості формування фауни та населення птахів середнього міста (на прикладі Чернівців): автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. біол. наук: 03.00.08 “Зоологія” / Скільський Ігор Васильович; Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена. – К., 2000. – 19 с.
28. Ільїнський С. В. Сучасний стан орнітофауни м. Хмельницький / С. В. Ільїнський // Птахівництво: Міжвідомчий наук. тематичний зб. – 2008. – С. 1–9.
29. Филонов К. П. Фауна наземных позвоночных г. Мелитополя / К. П. Филонов // Синантропизация и domestикация животного населения. – М., 1969. – С. 63–78.
30. Миронов В. Н. Особенности фауны птиц промышленных городов степной зоны Украины / В. Н. Миронов // Региональные эколого-фаунистические исследования как научная основа фаунистического мониторинга, охраны и рационального использования животных. – Курск, 1990. – С. 100–102.
31. Штірц Ю. О. Орнітофауна як структурний елемент культурбіогеоценозів м. Донецька та прилеглих до нього зелених захисних зон [Текст]: автореф. дис. на здоб. наук ступ. канд. біол. наук: 03.00.16 «Екологія» / Юлія Олексіївна Штірц; Дніпропетр. нац. ун-т – Дніпропетровськ, 2004. – 23 с.
32. Гавриленко Н. И. Позвоночные животные и урбанизация их в условиях города Полтавы / Н. И. Гавриленко. – Харьков, 1970. – 139 с.
33. Станкевич О. І. Видовий склад та населення птахів міста Ужгорода взимку / О. І. Станкевич // Вестник зоологии. – 2001. – Т. 35. – № 6. – С. 33 – 38.
34. Станкевич О. И. Врановые птицы города Ужгорода / Станкевич О. И. // Экология врановых птиц в антропогенных ландшафтах. – Саранск, 2002. – С. 117–119.
35. Фауна України [Текст]: в сорока томах / Академія Наук Української РСР, Інститут зоології. – Київ: Наукова думка. – Том 5: Птахи. – Випуск 1. – 1979. – 188 с.
36. Птицы СССР / под ред. Г. П. Дементьева. – М.: Мысль, 1967. – 637 с.
37. Ткаченко А. А. Характеристика орнитофауны города Житомира / Ткаченко А. А. // Птицы и урбанизированный ландшафт. – Каунас, 1984. – С. 133–134.
38. Равкин Е. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Е. С. Равкин, Н. Г. Челинцев. – М., 1990. – 33 с.
39. Козлов Н. А. Птицы Новосибирска (пространственно-временная организация населения) / Н. А. Козлов. – Новосибирск: Наука, 1988 – 156 с.

Мацюра А. В. Сезонные и биотопические особенности распределения врановых птиц в урбоценозах Житомира / А. В. Мацюра, А. А. Зимарьева // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015 – Том 1 (67), № 2. – С. 64–82.

Гнездящиеся птицы семейства Corvidae в г. Житомире представлены 6 видами, доминирующим видом является грач. Его доля составляет 68 % среди других врановых (средняя плотность – $79,0 \pm 3,7$ особей/км², SD = 127,3). Вторым по численности видом является галка (12,5 %), ее средняя плотность в Житомире – $14,5 \pm 0,8$ особей/км², SD = 28,6. Плотность сороки – $10,2 \pm 0,4$ особей/км², SD = 13,2 (8,8 %), серой вороны – $9,2 \pm 0,4$ особей/км², SD = 13,5 (7,9 %). Наименее распространенными врановыми птицами города являются сойка и ворон, плотность которых составляет $1,9 \pm 0,2$ особей/км², SD = 6,2 (1,6 %) и $1,4 \pm 0,1$ особей/км², SD = 4,9 (1,2 %) соответственно. Максимальная плотность врановых птиц в Житомире отмечена для зимнего периода. Самыми массовыми видами врановых в зимний период являются грачи и галки, которые питаются обычно в поливидовых стаях и образуют совместные ночевочные скопления.

За три года исследований (сентябрь 2009 – август 2012) плотность всех врановых, кроме галки, изменилась незначительно ($p \leq 0,05$), однако отмечена тенденция к ее росту. Увеличение численности галки в городе произошло, вероятно, за счет увеличения плотности зимующей популяции или вследствие увеличения количества мигрантов из северных регионов.

Ключевые слова: Врановые птицы, пространственное распределение, численность, Житомир, Украина.

SPATIAL DISTRIBUTION OF CORVIDAE IN TRANSFORMED LANDSCAPES OF ZHYTOMYR AREA

Matsyura O.V.¹, Zimaroyeva A.A.²

¹ *Altai State University, Barnaul, Russia*

² *Zhytomir National Agrotechnological University, Zhytomir, Ukraine*
Email: amatsyura@gmail.com

Corvidae birds in Zhytomir were represented by six breeding species with Rook domination. The abundance of Rook was 68% from other bird number (average density is 79.0 ± 3.7 birds/km², SD = 127.3). The next abundant species was Eurasian Jackdaw (12.5 %), its average density in Zhytomir is 14.5 ± 0.8 birds/km², SD = 28.6. The density of Eurasian Magpies was 10.2 ± 0.4 birds/km², SD = 13.2 (8.8 %), and Hooded Crow was 9.2 ± 0.4 birds/km², SD = 13.5 (7.9 %). The least common urban corvids were Eurasian Jay and Common Raven, the density of which are 1.9 ± 0.2 birds/km², SD = 6.2 (1.6 %) and 1.4 ± 0.1 birds/km², SD = 4.9 (1.2 %) respectively. Maximum density of corvids in Zhytomir marked for the winter period. Rook and Eurasian Jackdaw were the most abundant species in winter which usually feed in multispecies flocks and create mutual roosting cluster.

Suburban green areas (buffer zones) were characterized by considerable high diversity of Corvidae species: this habitat was attended by all six species. We also registered the highest density of Eurasian Jay and Hooded Crow in this habitat. The green belts in the city center were also characterized by significant bird density, especially during the breeding season. The breeding density of Rooks was maximal in these habitats, as there were 6 of 12 identified urban colonies of Zhytomir. We surveyed that the European Magpies, Eurasian Jays, and Hooded Crows also had high breeding success over

there. The Eurasian Jackdaw occurred here only in autumn and winter, when they used to feed together with Rooks on lawns, gardens, and parks. With stable snow cover the Rook density in habitats of green areas decreased due to the depletion of food resources.

The individual building blocks of the city were characterized by the lowest density of all the bird species, except for European Magpies and Eurasian Jays. The number of common species (Rooks, Eurasian Jackdaws, and Hooded Crow) was low because of shortage in food resources, lack of places for large roosting flocks and suitable nesting sites. However, the density of Eurasian Magpies in this habitat was one of the highest (12.8 birds/km²). This species was registered in private buildings habitats all year round, successfully nested in the yards of private houses and on street stands. Its breeding density was 11.2 birds/km².

During three years of research (September 2009 – August 2012) the density of all corvids except for Eurasian Jackdaw, almost had not changed ($p \leq 0.05$), although we determined the slight positive trend. The strong increase in the number of Eurasian Jackdaw could be explained by increasing the density of wintering populations or due to increasing number of migrants from more northern regions.

Key words: Corvidae, spatial distribution, abundance, Zhytomyr, Ukraine.

References

1. Lysenkov E. V. Chislennost' vranovyh ptic i nakoplenie zoogenogo opada na zimnih nochevkah v Saranske. Vranovye pticy: ekologija, povedenie, fol'klor: Sb. nauch. trudov. (Saransk, 2002).
2. Voroncova M. S. Dinamika naselenija i povedenie vranovyh ptic v urbanizirovannyh landshaftah severozapadnoj chasti Rossii: avtoref. diss. kand. biol. nauk: 03.00.08 "Zoologija". Pskovskij gos. ped. Universitet. (Pskov, 2009).
3. Zeller H. G., Schuffenecker I. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, **23** (3), 147 (2004).
4. Golovanova Je. N. Metodika ocenki sel'skohozjajstvennogo znachenija ptic na primere gracha. Mat. VI Vsesojuznoi ornitol. konf. (Moscow, 1974). P. 317.
5. Gulij V. I. Troficheskie svjazi seroj vorony i ih praktičeskoe znachenie v lesostepi Zapadnoj Ukrainy. Vranovye pticy v estestvennyh i antropogennyh landshaftah. (Lipeck, 1989).
6. Lysenkov E. V. Sredobrazujushhaja rol' vranovyh v antropogennyh landshaftah. Ekologija vranovyh ptic v antropogennyh landshaftah: Sb. mat. mezhd. nauchno-praktich. konf. (Saransk, 2002). P. 25.
7. Muhametžjanova L. K. Prostranstvennoe raspredelenie i osobennosti jekologii gracha (*Corvus frugilegus*) v Respublike Tatarstan: avtoref. diss. kand. biol. nauk: 03.00.16 "Ekologija" (Kazanskij gosud. pedagog. Universitet, Kazan', 2004).
8. Konstantinov V. M. *Ekologija nekotoryh sinantropnyh vranovyh ptic: avtoref. diss. kand. biol. nauk.* (Moscow: MGPI, 1971).
9. Andersen L., Hoerschelmann H. Siedlungsdichte, ReviergroSse und Bruterfolg von Rabenkrahen (*Corvus c. corone L.*) in der GroSstadlandschaft Hamburgs. *Hamburg. Avifaun. Beitr.*, **28**, 17 (1996).
10. Berndt R. K. Schleswig-Holsteins Wintervogel im wandel – eine Bilanz der Bestandsveränderungen 1970 – 1995. *Corax; Helsinkistr.*, **4**, 356 (1996).
11. Hurdson W. H. *Birds in London*. (London: Longmans Green and Co., 1998).
12. Jerzak L. Breeding ecology of an urban Magpie *Pica pica* population in Zielona Góra (SW Poland). *Actaornithologica*, **29**, 123 (1995).
13. Turcek F. J. Über Rotelmausschaden in slowakischen Wäldern im Jahre. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*, **47**, 449 (1956).
14. Buchuchanu L., Cibuljak T. Uroven' sinantropizacii ptic v kul'turnom landshafte Moldovy. Mat. II konf. molodih ornitologiv Ukraïni. (Chernivci, 1996). P. 20.
15. Donchev S. I., Jankov P. N. Sostojanie i tendencii sinantropizacii i sinurbizacii ptic v Bolgarii. *Ekologija*, **22**, 35 (1989).

16. Il'ychev V. D., But'ev V. T., Konstantinov V. M. *Pticy Moskvy i Podmoskv'ja* (Moscow: Nauka, 1987).
17. Mal'chevskij A. S., Pukinskij J. B. *Pticy Leningradskoj oblasti i sopredel'nyh territorij* (Leningrad, 1983).
18. Bozhko S. I. K karakteristike processa urbanizacii ptic. *Vestnik Leningradskogo universiteta*, **2** (9), 5 (1971).
19. Blagosklonov K. N. Avifauna bol'shogo goroda i vozmozhnosti ego preobrazovanija. *Ekologija, geografija i ohrana ptic*. (Leningrad, 1980).
20. Hrabryj V. M. *Pticy Sankt-Peterburga. Fauna, razmeshhenie, ohrana*. (SPb.: Nauka, 1994).
21. The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and abundance. T. and A. D. Poyser (Eds.). (London, 1997).
22. Witt K. Atlasarbeiten zur Brutvogelwelt und Wintervogel programm Berlin. *Vogelwelt*, **4-6**, 321 (1996).
23. Bokotej A. A. Atlas ptic goroda L'vova: osnovnye principy i rezul'taty pervogo goda raboty. *Problemi vivchennja ta ohoroni ptahiv*. (L'viv, Chernivci, 1995).
24. Bokotej A. A. Ornitofauna goroda L'vova: naselenie, raspredelenie, dinamika: diss. doctora biol. nauk. Gosudarstvennyj prirodovedcheskij muzej NAN Ukrainy. (L'viv, 1998).
25. Loparev S. O. *Ornitofauna naseleennyh punktiv Centru Ukraïni ta її zmini: dis. kand. biol. nauk: 03.00.08 "Zoologija"*. (Kiev, 1996).
26. Chapligina A. B. Ekologo-faunistichnij analiz urbolandshaftiv na prikladi Zhuravlivs'kogo gidroparku Harkiva. *Prirodnichij al'manah*, **14**, 197 (2010).
27. Skil'skij I. V. Struktura j osoblivosti formuvannja fauni ta naseleennja ptahiv seredn'ogo mista (na prikladi Chernivciv): avtoref. diss. kand. biol. nauk: 03.00.08 "Zoologija". (Institut Zoologiiim. I. I. Shmal'gauzena, Kiev, 2000).
28. Il'ins'kij S. V. Suchasnij stanu ornitofauni m. Hmel'nic'kij. *Ptahivnictvo: Mizhvidomchij nauk. tematicnij zbirnyk*. (2008). P. 1.
29. Filonov K. P. Fauna nazemnyh pozvonochnyh Melitopolja. *Sinantropizacija i domestikacija zhivotnogo naselenija*. (Moscow, 1969).
30. Mironov V. N. Osobennosti fauny ptic promyshlennyh gorodov stepnoj zony Ukrainy. Regional'nye ekologo-faunisticheskie issledovanija kak nauchnaja osnova faunisticheskogo monitoringa, ohrany i racional'nogo ispol'zovanija zhivotnyh. (Kursk, 1990). P. 100.
31. Shtirc Ju. O. Ornitofauna jak strukturnij element kul'terbiogeocenoziv Donec'ka ta prileglij do n'ogo zelenih zahisnih zon. Avtoref. diss. kand. biol. nauk: 03.00.16 "Ekologija". (Dnipropetr. Universitet, Dnipropetrovs'k, 2004).
32. Gavrilenko N. I. Pozvonochnye zhivotnye i urbanizacija ih v uslovijah goroda Poltavu. (Har'kov, 1970).
33. Stankevich O. I. *Vranovyje pticy goroda Uzhgoroda. Ekologija vranovyh ptic v antropogennyh landshaftah*. (Saransk, 2002).
34. Stankevich O. I. Vidovij sklad ta naseleennja ptahiv mista Uzhgoroda vzmku. *Vestnik zoologii*, **35** (6), 33 (2001).
35. *Fauna Ukraïni. Tom 5: Ptahi. Vipusk 1*. (Akademija Nauk Ukraïns'koï RSR, Institut zoologii, Kiïv: Naukova dumka, 1979).
36. *Pticy SSSR*. (Moscow: Mysl', 1967).
37. Tkachenko A. A. Charakteristika ornitofauny goroda Zhitomira. *Pticy i urbanizirovannyj landshaft*. (Kaunas, 1984).
38. Ravkin E. S., Chekincev N. G. *Metodicheskie rekomendacii po kompleksnomu marshrutnomu uchetu*. (Moscow, 1990).
39. Kozlov N. A. *Pticy Novosibirska (prostranstvenno-vremennaja organizacija naselenija)*. (Novosibirsk: Nauka, 1988).

Поступила в редакцию 04.12.2015 г.

УДК 612.172/.176.4

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ

Минина Е. Н., Богач И. Н.

*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
Таврическая академия, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ua*

Исследованы параметры внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы с помощью одноканального электрокардиографа «Фазограф» и капнографа «Еламед» у 106 условно-здоровых школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Было выявлено, что формирование функционального состояния школьников в процессе адаптации к школьной нагрузке определялось многообразием включения различных компонентов единой функциональной системы, направленной на обеспечение приспособительного эффекта. Использование факторного анализа позволило определить ведущие составляющие, на долю которых приходился наибольший вклад в реализацию адаптационных реакций у школьников различных возрастов, что даст возможность в дальнейшем выбрать адекватные направления и формы коррекции.

У школьников первого класса дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающихся снижением миокардиальных резервов, гиперактивности вагусной активности, электрической нестабильности миокарда. Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаком адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания. Школьники 9 класса характеризовались гиперактивацией парасимпатического звена регуляции, что не позволяло реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводило к снижению миокардиальных резервов. У школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы, а в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Ключевые слова: капнография, электрокардиография, вариабельность сердечного ритма, факторный анализ, адаптационный потенциалю

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечаются четкие негативные тенденции в состоянии здоровья детей, что обусловлено ростом антропогенного влияния окружающей среды [1, 2] на фоне ухудшения показателей физического развития и постоянным ростом учебной нагрузки в школе. Результаты многолетних научных исследований свидетельствуют, что наиболее интенсивный рост распространенности функциональных нарушений и хронических заболеваний, отклонений физического развития у детей происходит во время обучения в школе. Это обусловлено как формированием специфической среды воспитания, так и интенсивным ростом и развитием организма ребенка [2–5] при гетерохромном созревании различных функциональных систем в разные сроки постнатальной жизни [6].

Также на здоровье учащихся на фоне физиологических возрастных особенностей оказывает значительное влияние сам процесс образования и средовые факторы [7, 8]. Важно отметить, что на фоне действия патогенетических факторов, в том числе индуцированных влиянием образовательной среды, происходит активация факторов саногенетических, обеспечивающих продуктивное взаимодействие организма ребенка со средой и призванных восстановить нарушенное равновесие в организме [9]. При этом нарушения гомеостаза, которые находят свое отражение в изменениях показателей функциональной активности различных органов и систем организма, у «здоровых» мало изучены, а маркеры возникновения рисков и ранних проявлений дезадаптации с учётом возрастных особенностей школьников недостаточно отражены в литературе.

Цель исследования – выявить кардиореспираторные особенности у школьников разного возраста при определении факторов, активация которых обеспечивает более оптимальное функционирование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было проведено обследование 106 условно-здоровых школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса «Фазаграф®», в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов [9]. Анализировали параметры variability сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), симметрию зубца Т (βT , ед.), стандартное отклонение кардиоинтервалов (SDNN, мс), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR – интервалов (RMSSD, мс), процент количества пар последовательных кардиоинтервалов в кардиограмме, отличающихся более чем на 50 мс (pNN50, %), коэффициент вариации (CV, %), моду (M_0 , мс.), амплитуду моды (A_{mo} , %), вариационный размах ($M \times DM_n$, мс.), индекс напряжения по А. Р. Баевскому (ИН, ед.), вклад низкочастотной составляющей $\nu=0.04-0.15$ Гц (LFn, %); вклад высокочастотной составляющей $\nu=0,15-0,4$ Гц (HFn, %), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF).

Регистрация количественных показателей CO_2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя. Регистрировали следующие показатели: частоту дыхания (f, цикл/мин), показатель инспираторной нагрузки как соотношение длительности фаз вдоха и выдоха (TI/TE, отн.ед.), показатель неравномерности дыхания (НД, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (V_d/VE , %), уровень CO_2 в последней фракции выдыхаемого воздуха, ($P_{et}CO_2$, мм рт.ст.). По уровню $P_{et}CO_2$ выделяли типы вентиляции.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова – Смирнова. Достоверность различий между одноименными

показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического U-критерия Mann-Whitney. При условии нормального распределения применяли параметрический t-критерий Стьюдента. Для выявления факторной структуры исследуемых данных, использовался метод главных компонент без варимакс-вращения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным диагностическим критерием оценки функционирования сердечно-сосудистой системы является частота сердечных сокращений (ЧСС). В результате проведенных исследований было выявлено среднегрупповое снижение ЧСС у старших школьников 9 и 11 класса относительно учащихся начальной школы. Такое уменьшение ЧСС закономерно и естественно, что объясняется возрастной перестройкой регуляторных механизмов в результате созревания и развития центрального управления, тогда как регуляция хронотропной функции сердца у младших школьников в учебной деятельности осуществляется с высокой активностью симпатoadреналовой системы и центральных механизмов [10–12].

При этом необходимо отметить более чем на 20 % превышающие должные значения ЧСС у школьников 5 класса 10–11 лет. Тахикардия характеризует функционирование кардиогемодинамики как неэкономичное и требующее определённой коррекции.

Однако более информативным показателем функционирования сердечно-сосудистой системы является показатель симметрии зубца Т [13]. Как было выявлено в нашем исследовании, в группах школьников 1 и 11 классов количество детей со сниженными резервами миокарда, по показателю симметрии зубца Т, было выше, чем в 5 и 9 классах (рис. 1). Как известно, увеличение симметрии Т свидетельствует об увеличении как регионарной, так и трансмуральной электрической неоднородности миокарда (при норме βT до 0,72 ед.) и может являться предиктором нарушения его оптимального функционирования.

Таким образом, у детей 1 и 11 классов можно отметить снижение функциональных возможностей миокарда, свидетельствующее о дисфункции регуляторных механизмов.

В настоящее время большинство авторов пришло к выводу, что в детском возрасте одним из ведущих патофизиологических механизмов развития кардиогемодинамической патологии является нарушение вегетативного обеспечения, приводящее к выраженной электрической нестабильности миокарда [8, 10, 11].

Так, важное значение в оптимизации кардиореспираторной системы имеет адекватность процессов вегетативной регуляции. Необходимо отметить, что показатель АМо, характеризующий степень централизации регуляторных механизмов был значительно выше у школьников 5 класса 10–11 лет (рис. 2.). К 9-му классу средний показатель АМо снизился на 40,7 %, что свидетельствовало о падении напряжения функционирования сердечно-сосудистой системы.

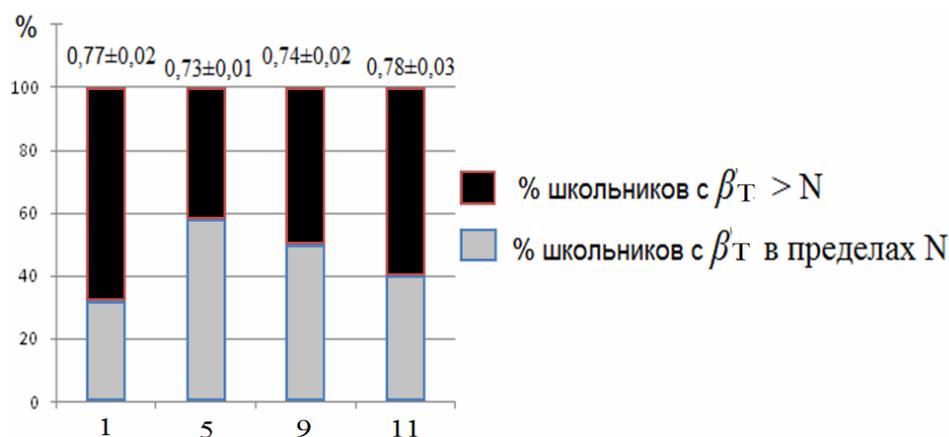


Рис.1. Соотношение к нормальным значениям и средние показатели в группах школьников разных возрастных групп показателя симметрии зубца Т
Примечание: 1 – 1 класс; 5 – 5 класс; 9 – 9 класс; 11 – 11 класс

Однако важно отметить, что увеличение активности парасимпатической регуляции по показателю RMSSD, достигшему значения к 11 классу $94,0 \pm 11,0$ с превышением средневозрастных значений, сопровождалась ростом и центрального симпатического влияния по показателю вагосимпатического баланса, достигшего в старших классах средних значений $2,2 \pm 0,39$ (табл. 1).

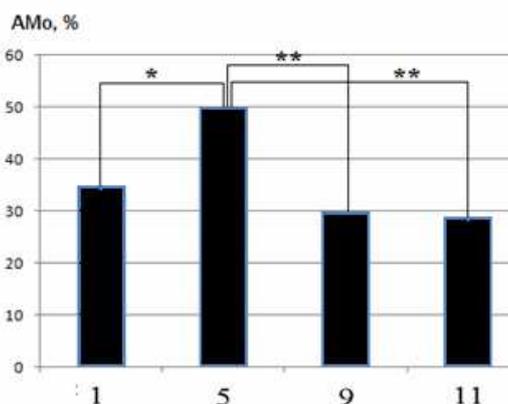


Рис. 2. Показатель числа кардиоинтервалов, соответствующих значению моды (или попавших в модальный интервал), в % к объему выборки (АМо, %) в группах школьников разных возрастных групп
Примечание: 1 – 1 класс; 5 – 5 класс; 9 – 9 класс; 11 – 11 класс

Вероятно, в данном случае увеличение мощности стресс-лимитирующих механизмов необходимо рассматривать как ответную компенсаторную реакцию при обеспечении стресс-реализующих механизмов. Напротив, уменьшение величины RMSSD у школьников 5 класса свидетельствовало об усилении

симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура регуляции частоты сердечных сокращений.

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма в группах школьников разных классов ($\bar{x} \pm S_x$), n=106

Показатели	Условия				Достоверность				
	1 класс n=25(1)	5 класс n=29(2)	9 класс n=27(3)	11 класс n=25(4)	1-2	1-3	1-4	2-3	3-4
RMSSD, D,мс	58,7±7,5	35,23±3,8	69,0±6,5	94,0±11,0	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01
LF/HF, ед	1,18±0,28	1,36±0,29	1,38±0,21	2,2±0,39	<0,05	<0,05	<0,001		<0,01

Примечание: RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар RR; LF/HF – коэффициент вагосимпатического баланса.

Таким образом, на примере функционирования и регуляции сердечно-сосудистой системы ещё раз показано, что компенсаторно-приспособительные процессы у школьников формируются на фоне определенных анатомо-физиологических особенностей и гетерохронизма развития функциональных систем.

При этом сердечно-сосудистая система в поддержании кислородного гомеостаза напрямую связана с системой внешнего дыхания (рис. 3).

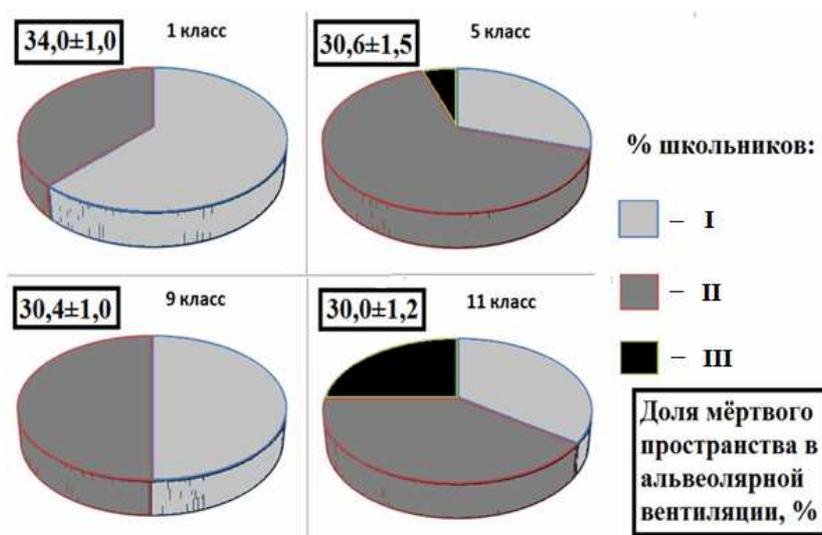


Рис. 3. Распределение типов вентиляции и доля мёртвого пространства у школьников разных возрастов

Примечание: % школьников с: I – гипокапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \leq 35$ мм рт.ст), II – нормакапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \approx 35-45$ мм рт.ст), III – гиперкапническим типом дыхания ($P_{et}CO_2 \geq 45$ мм рт.ст).

Тахипноический паттерн дыхания со средними значениями $21,2 \pm 2,4$ цик/мин был характерен для школьников 1, 5 и 9 классов. Несмотря на отмеченную тенденцию к снижению частоты дыхания у учащихся 11 класса до значений $17,3 \pm 1,5$ цик/мин, процент дисфункциональных проявлений дыхания по показателю $P_{et}CO_2$ увеличивался. Было выявлено, что дезадаптационные состояния системы внешнего дыхания в различных возрастных группах различались как количественно так и по качественному составу. На рисунке 3 отображено распределение типов вентиляции и указан процент доли мёртвого пространства (ДМП) в альвеолярной вентиляции, характеризующий эффективность внешнего дыхания у школьников 1, 5, 9 и 11 классов. Высокий % ДМП во всех возрастных группах свидетельствовал о низкой эффективности системы внешнего дыхания.

Вероятно, высокие уровни легочной вентиляции при тахипноическом типе дыхания в покое являлись фактором, приводящим к снижению напряжения CO_2 в пробах выдыхаемого воздуха и сопровождалась деформацией кислородсвязывающей и кислородтранспортной системы.

Также капнографическое обследование позволило определить, что показатель неравномерности дыхания у учащихся 5 и 9 класса в среднем составлял более 35 % при норме от 0 до 30 %. Полученные данные позволили заключить о доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания обследуемых вышеуказанных групп [14].

Необходимо обратить внимание на важный факт различия межсистемной взаимосвязи между показателями кардиореспираторной системы в группах школьников разных классов, что наглядно изображено на рисунке 4.

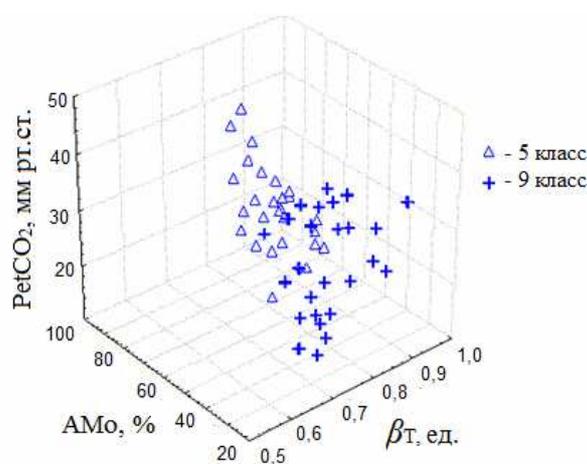


Рис.4. Различия во взаимосвязанности параметров кардиореспираторной системы у школьников разного возраста

Примечание: по оси абсцисс – амплитуда моды (A_{Mo_3} , %), по оси ординат – уровень CO_2 в последней фракции выдыхаемого воздуха ($P_{et}CO_2$), по дополнительной оси – показатель симметрии зубца T (β_T , ед.).

В трёхмерном пространстве состояний области, характеризующие взаимосвязи параметров резерва миокарда, централизации механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы и дисфункциональности дыхания, в 5 и 9 классе различны.

Поскольку адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у разных лиц с различной степенью участия функциональных систем, можно предположить, что использование факторного анализа позволит изучить характер функциональных взаимоотношений частей целостного организма и особенности формирования их взаимосвязей в процессе роста и развития в образовательной среде.

Логика проведённого факторного анализа позволила проследить особенности формирования функциональных систем у школьников разных возрастов. В каждом возрастном периоде выделено несколько факторов, которые объединяют сильно коррелирующие между собой переменные, а как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура возрастных факторов (табл. 2.).

Таблица 2

Группировка показателей функционального состояния школьников разных классов в выделенных факторах

№	Факторы	Показатели	Классы			
			1 класс	5 класс	9 класс	11 класс
1	Симпатической централизации	Амо, %		0,93639		
2	Гомеостатической регуляции	SDNN, мс	-0,77914		0,88384	-0,80931
3	Миокардиальный	βT , ед.			0,790238	0,897141
4	Дискапнический	PetCO ₂ , мм.рт.ст.		0,738932	0,83744	0,907564

Примечание: в таблице приведены значения только сильных факторных нагрузок (>|0,7|)

Согласно полученным данным, у школьников первого класса в связи со структурной и функциональной незрелостью элементов управления дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающихся снижением миокардиальных резервов. При этом необходимо заметить, что была выявлена гиперактивность вагусной активности, приводящая к электрической нестабильности миокарда.

Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаком адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания. Соответственно, коррекционные мероприятия должны быть направлены на формирование и поддержание саногенетических механизмов, имеющих вышеперечисленные точки приложения, а именно на снижение активности высших центров вегетативной регуляции и увеличение сегментарных влияний на хронотропную функцию сердца, рост общей variability объемных характеристик центрального кровообращения,

обусловленный увеличением низкочастотных колебаний, тесно связанных с сегментарными регулирующими влияниями.

Школьники 9 класса 14–15 лет характеризовались повышением активности парасимпатической и гуморальной гомеостатической регуляции. Гиперактивация этого звена регуляции не позволяла реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводила к снижению миокардиальных резервов, а возникающая дыхательная аритмия в состоянии покоя свидетельствовала о неэффективном кардиореспираторном функционировании, возможно, по причине психоэмоциональной лабильности [15, 16].

С учётом увеличения нагрузки в условиях образовательной среды к 11 классу у школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы. Вероятно, в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Таким образом, формирование функционального состояния школьников в процессе адаптации определялось многообразием включения различных компонентов единой функциональной системы, направленной на обеспечение приспособительного эффекта. Использование факторного анализа позволило в этой связи определить ведущие составляющие, на долю которых приходился наибольший вклад в реализацию адаптационных реакций школьников разного возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Компенсаторно-приспособительные процессы у школьников формируются на фоне определенных анатомо-физиологических особенностей и гетерохронизма развития функциональных систем.
2. Адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у различных лиц с проявлением особенностей функциональных взаимоотношений в процессе роста и развития в условиях образовательной среды.
3. У школьников первого класса дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающейся снижением миокардиальных резервов, вагусной гиперактивностью, электрической нестабильностью миокарда.
4. Анализ состояния кардиореспираторной системы у учащихся 5 класса выявил, что признаками адаптации к комплексному влиянию факторов образовательной среды являлось усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающееся возможностью компенсаторного включения системы дыхания.
5. Школьники 9 класса характеризовались гиперактивацией парасимпатического звена регуляции, что не позволяло реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и приводило к снижению миокардиальных резервов.

6. У школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех 4 факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы, а в компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение.

Список литературы

1. Агаджанян, Н. А. – Проблемы адаптации и учение о здоровье. / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) : практическое руководство : в 2 т. Т. 1 / под ред. А. А. Баранова, Л. А. Щеплягиной. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 432 с.
3. Крыжановский Г. Н. Некоторые общепатологические и биологические категории: здоровье, болезнь, гомеостаз, саногенез, адаптация, иммунитет. Новые подходы и представления / Г. Н. Крыжановский // Патогенез. – 2003. – Т. 1., № 1. – С. 11–14.
4. Панков Д. Д. Новый методический подход к анализу результатов профилактического осмотра школьников / Д. Д. Панков, Т. Б. Панкова, Г. И. Борова, О. И. Натальина // Рос. педиатр, журнал. 2006. – № 2. – С. 25–29.
5. Сетко А. Г. Особенности адаптированности детей к факторам среды обитания и критерии их оценки / А. Г. Сетко, Н. П. Сетко, Т. М. Макарова, И. М. Сетко // Гигиена и санитария. 2005. – № 6. – С. 57–58.
6. Безруких; М. М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). / Безруких М. М., Сонькин В. Д., Фарбер Д. А. – М.: Издательский центр Академия, 2007. – 416 с.
7. Быков, Е. В. Адаптация к школьным нагрузкам учащихся образовательных учреждений нового типа / Е. В. Быков, А. П. Исаев // Физиология человека. 2001. – Т. 27., № 5. – С. 76–81.
8. Тамбовцева В. И. Функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы у детей и подростков: современный взгляд на проблему / В. И. Тамбовцева // Рос.педиатр. журнал. – 2007. – № 2. – С. 35–38.
9. Файнзильберг Л. С. ФАЗАГРАФ® – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца. / Л. С. Файнзильберг // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 6–7. – С. 22–30.
10. Гуров В. А. Новые педагогические технологии и заболеваемость младших школьников / В. А. Гуров // Валеология. 2006. – № 2. – С. 55–59.
11. Доцоев Л. Я. Функциональное состояние учащихся 11–12 лет в условиях интенсивных учебных нагрузок по данным анализа вариабельности сердечного ритма / Л. Я. Доцоев, А. М. Усынин, Н. И. Вагнер, А. Г. Тататчиков // Физиология человека. 2003. – Т. 19., № 4. – С. 62–65.
12. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья / Баевский Р. М. // Рос.физиол. журн. им. И. М.Сеченова. – 2003. – Т. 89., № 4. – С. 473–487.
13. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда. / Е. Н. Минина Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013 – 26 (65), № 2 – С. 148–153.
14. Коваленко С.А. Особенности вариабельности сердечного ритма у лиц с разной частотой дыхания / С. А. Коваленко, Л. И. Кудий // Физиология человека. – 2006. – Т. 32., № 6. – С. 126–128.
15. Бирюкова Н. А. Здоровьесберегающие технологии в общеобразовательных учреждениях / Н. А. Бирюкова // Гигиена и санитария. 2006. – № 1. – С. 76–77.
16. Сухарев А. Г. Формирование адаптационных возможностей организма детей и подростков / А. Г. Сухарев // Вестник РАМН. – 2006. – № 8. – С. 15–18.

AGE FEATURES OF CARDIORESPIRATORY FUNCTIONING IN SCHOOLCHILDREN

Minina E. N., Bogach I. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: cere-el@yandex.ua*

The parameters of external respiration and the cardiovascular system using a single-channel electrocardiograph "Fazagraf" and capnograph "Elamed" conditionally in 106 healthy school children of 1, 5, 9 and 11 classes. It was found that the formation of the functional state of students in the process of adaptation to the school load is determined manifold enable the various components of a single functional system aimed at ensuring the adaptive effect. Using factor analysis helped identify the key component, which accounts for the largest contribution to the implementation of adaptation responses in students of different ages, which will continue to select the appropriate direction and shape correction.

The dysfunctional conditions of schoolchildren of the 1st form were associated with the activation of stress-limiting mechanisms accompanied by the reduction of myocardial reserves, hyperactivity of vagal activity, electric instability of the myocardium. The analysis of the cardiorespiratory system condition of pupils of the 5th form revealed that the sign of adaptation to the complex influence of the factors of the educational environment was the activity growth of higher suprasegmentary parts of the vegetative regulation accompanied by the possibility of the compensatory inclusion of the respiratory system. Schoolchildren of the 9th form were characterized by hyperactivation of the parasympathetic part of regulation, which hindered the realization of the mobilization function of the stress-realizing systems and led to the reduction of myocardial reserves. It was registered that schoolchildren of 16-17 years had inclusion of all 4 factors influencing the functional condition of the cardiorespiratory system whereas all possible adaptive reserves were involved in the compensatory and adaptation mechanisms of the developing body, which caused an increase in the tension of the regulatory mechanisms and their exhaustion.

Keywords: capnography, ECG, heart rate variability, factor analysis, adaptive capacity.

References

1. Agadzhanjan N. A., Baevskij P. M., Berseneva A. P. *Problems of adaptation and learning about health.* – 284 p. (M.: Publishing House of the Peoples' Friendship University, 2006) (Russian)
2. *Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues): a practical guide: 2 t. T. 1 / Ed. Baranova A. A., Scheplyaginoy L. A.* – 432 p. (M.: GEOTAR Media. 2006) (Russian)
3. Kryzhanovsky G. N. Some of the general pathological and biological categories: health, disease, homeostasis, sanogenesis, adaptation, immunity. *New approaches and reporting. Pathogenesis*, **1**, 1, 11 (2003) (Russian)
4. Pankov D. D., Pankova T. B., Berova G. I., Natal'ina O. I. New methodical approach to the analysis of the results of preventive examinations of schoolchildren. *Ros.pediatr magazine*, **2**, 25 (2006) (Russian)
5. Setko A. G., Setko N. P., Makarova T. M., Setko I. M. Features children's adaptation to environmental factors and criteria for their evaluation. *Hygiene and sanitation*, **6**, 57 (2005) (Russian)

6. Bezrukih M. M., Son'kin V. D., Farber D. A Age physiology (physiology of the child). – 416 p. (M.: Publishing Center Academy, 2007) (Russian).
7. Bykov E. V., Isaev A. P. Adaptation to stress school students of educational institutions of a new type. *Human Physiology.*, **27**, **5**, 76. (2001) (Russian).
8. Tambovceva V. I. Functional disorders of the cardiovascular system in children and adolescents: a modern view on the problem. *Ros.pediatr. Journal.*, **2**, 35 (2007) (Russian).
9. Fainzilberg L. S. FASEGRAPH® – effective information technology processing ECG in the task of screening for coronary heart disease. *Clinical Informatics and telemedicine*, **6-7**, 22. (2010) (Russian)
10. Gurov V. A. New educational technology and the incidence of younger schoolboys. *Valeology.*, **2**, 55. 2006 (Russian).
11. Docoev L. Ja., Usynin A. M., Vagner N. I., Tatatchikov A. G. Functional state of pupils 11–12 years in intensive training loads according to the analysis of heart rate variability. *Human Physiology.*, **19**, **4**, 62. (2003) (Russian).
12. Baevskij P. M. The concept of physiological norm and criteria for health. *Ros.fiziol. Zh. them. Sechenov.* **89**, **4**, 473 (2003) (Russian).
13. Minina E. N. Analysis of wave T ECG in phase space in the definition of the functional reserves of the myocardium. *Scientific notes of Taurida national University named after V. I. Vernadsky*, **26(65)**, **2**, 148. (2013) (Russian).
14. Kovalenko S. A., Kudij L. I. Heart rate variability in patients with different respiratory rate. *Human Physiology*, **32**, **6**, 126. (2006) (Russian).
15. Birjukova H. A. School health technologies in educational institutions. *Hygiene and sanitation*, **1**, 76 (2006) (Russian).
16. Suharev A. G. Formation of the adaptive capabilities of the organism of children and adolescent. *Bulletin of Medical Sciences*, **8**, 15 (2006) (Russian).

Поступила в редакцию 26.11.2015 г.

УДК 612.172/57.017.32

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРКАПНИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ У ФУТБОЛИСТОВ 15–16 ЛЕТ

Минина Е. Н., Курбетдинова З. Р.

*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
Таврическая академия, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ua*

Проведено исследование 15 практически здоровых подростков 15–16 лет, занимающихся футболом. Использовалась гипоксически-гиперкапническая тренировка, которая является эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы и влияет на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма обследуемых, обеспечивая увеличение физической работоспособности. Гипоксически-гиперкапническая тренировка способствовала расширению эффективности функционирования респираторной системы, что поднимало порог перехода на анаэробное обеспечение. Оптимизация газового гомеостаза после курса респираторной тренировки у спортсменов-футболистов приводила к более адекватному функционированию кардиогемодинамики на фоне снижения напряжения механизмов регуляции при выполнении ступенчато увеличивающейся физической нагрузки. ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p < 0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p < 0,001$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$).

Гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p < 0,05$).

Ключевые слова: гипоксия, гиперкапния, обратное дыхание, кардиореспираторная система.

ВВЕДЕНИЕ

В современном спорте все шире используются новые методы тренировки и оптимизации функционирования организма, основанные на фундаментальных физиологических исследованиях. Как известно, достижение высокой эффективности тренировочного процесса, а впоследствии и высокого результата в соревновательной деятельности спортсменов, является одной из актуальных проблем и первостепенной задачей спортивной медицины и физической реабилитации. Поиск новых методик и средств совершенствования системы подготовки может быть связан с моделированием условий изменённой газовой среды вдыхаемого воздуха в качестве тренирующего фактора [1, 2].

Одним из таких методов является гипоксически-гиперкапническая тренировка, основанная на стимулирующем и адаптирующем действии дыхания воздухом с уменьшенным содержанием кислорода и повышенным содержанием углекислого газа. Измененная газовая среда, как мощный стимул корригирующих влияний на

организм, находит довольно широкое практическое применение [3]. Особенно активно в последние десятилетия изучается адаптация к кислородной недостаточности, так как энергетические превращения в организме осуществляются при участии кислорода, а гипоксические состояния, изменяя соотношение между потреблением кислорода и энергетическими тратами, играют важную роль в формировании приспособительных реакций. Гипоксию следует рассматривать как фактор повышения неспецифической резистентности организма [4, 5]. Другой возможностью целенаправленного влияния на физиологические функции человека является применение гиперкапнических стимулирующих воздействий. Метаболическая углекислота, конечный продукт обмена веществ, играет важную роль в обеспечении биохимических реакций, так как является уникальным стимулятором центральной нервной системы, сосудистого тонуса, гемодинамики а также главным фактором в регуляции функций дыхания и газообмена [1–4]. Дыхание гиперкапническими газовыми смесями способствует проявлению феномена «запирания» метаболической углекислоты, в результате чего содержание CO_2 в артериальной крови значительно увеличивается, влияя на скорость диссоциации оксигемоглобина. В этой связи профилактическое значение гиперкапнических воздействий проявляется в ликвидации гипоксии тканей.

Наиболее доступной формой такого рода влияний может быть применение метода возвратного дыхания [4].

В связи с вышесказанным **целью** исследования явился анализ коррекционных эффектов 10 дневного курса дыхательных тренировок у спортсменов-футболистов 15–16 лет с использованием тренажёра обратного дыхания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 15 практически здоровых подростков 15–16 лет, занимающихся футболом.

Для моделирования необходимого соотношения газов применяли возвратное дыхание с объёмом ёмкости 15 литров с использованием тренажёра [6]. Курс состоял из 10 тренировок в состоянии покоя в вечернее время, после основной физической тренировки. В каждой тренировке выполнялись три подхода по 5, 6 и 7 минут соответственно с 5-минутным перерывом между подходами.

Тренажёр возвратного дыхания используется для дыхания, при котором выдыхаемый воздух поступал в замкнутый объём и вновь вдыхался. При использовании этого тренажёра в течение 5–9 минут фракционная концентрация углекислого газа в баллоне увеличивалась до 6–7%, а кислорода снижалась до 16 %.

Для решения поставленных задач в первый и последний день коррекционных мероприятий определяли реакцию кардиореспираторной системы на физическую нагрузку при проведении теста PWC170 и в восстановительном периоде. Измеряли частоту дыхания (f , цикл/мин), показатель неравномерности дыхания (UB , %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (V_d/V_E , %), конечно-экспираторное парциальное давление CO_2 , ($P_{et}\text{CO}_2$, мм рт.ст.).

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса Фазаграф[®], в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов [7]. Пальцевые электроды комплекса позволяют быстро фиксировать сигнал и не затрудняют нагрузочное тестирование. Анализировали следующие параметры: ЧСС (уд/мин), симметрию зубца Т (βT , ед), амплитуду моды (AMo , %), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF , ед), индекс напряжения (ИН, усл.ед), который автоматически вычислялся по формуле $ИН = AMo / (2\Delta x * Mo)$, где Mo – число наиболее часто встречающейся продолжительности R-R интервалов среди 100 последовательных за 100 R-R интервалов в секундах; AMo – количество значений Mo за 100 R-R интервалов; Δx – разность максимального и минимального значения R-R интервалов за 100 R-R интервалов). Определяли уровень физической работоспособности ($PWC170/kg$).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова – Смирнова. Для оценки достоверности различий между одноименными показателями у исследуемых до и после рекреационных мероприятий и при увеличении внешней нагрузки использовали непараметрический Т-критерий Wilcoxon. При условии нормального распределения применяли параметрический t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Система по обеспечению организма кислородом, приводящая к мобилизации органы кровообращения и дыхания, которые можно рассматривать как две транспортные системы, выполняющие единую функцию организма – его газообмен, имеет первостепенное значение. Поэтому с целью изучения срочных адаптационных реакций кардиореспираторной системы спортсменов-футболистов были проведены исследования сердечно-сосудистой системы, внешнего дыхания и газообмена при нагрузке повышающейся мощности на велоэргометре. О функциональном состоянии аппарата внешнего дыхания можно судить по величине легочных объемов, по ритму, глубине, частоте дыхания (табл. 1).

Как видно из таблицы, у обследуемых наблюдались показатели, соответствующие возрастной норме, а при выполнении физической нагрузки второй степени было зафиксировано увеличение частоты дыхания более чем в два раза ($p < 0,001$) на фоне роста неравномерности дыхания на 85,6 % ($p < 0,05$). Полученные данные позволили заключить о доминировании психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания обследуемых.

Рассматривая динамику $PetCO_2$ у обследуемых футболистов прослеживалась закономерность увеличения его значений при выполнении первой нагрузки в среднем на 11,0 мм рт.ст. ($p < 0,001$) и преобладание гипокапнического типа вентилиации при выполнении второй нагрузки ($p < 0,001$). Также было отмечено, что

при увеличении мощности выполняемой нагрузки процент мёртвого пространства оставался стабильным, что указывало на не эффективную работу внешнего дыхания.

Таблица 1
Фоновые показатели внешнего дыхания у футболистов 15-16 лет в покое и при увеличении внешней нагрузки ($x \pm Sx$), n=15

Условия	Показатели			
	f, цикл/мин	UB, %	PetCO ₂ , мм рт.ст	Vd/VE,%
покой	18,5±1,3	22,5±6,9	41,9±1,4	29,1±1,6
1 нагрузка	23,5±1,6	20,5±5,8	52,1±1,4***	24,9±1,8
2 нагрузка	44,5±3,8***	40,5±6,4*	32,1±1,5***	30,4±3,8
восстановление	20,1±1,3	16,4±3,4	38,9±1,8	25,0±1,1

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05); *** – (p<0,001)

При первичном обследовании у подростков регистрировались показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Как видно из таблицы 2, при повышении нагрузки наблюдался рост ЧСС с увеличением ко второй на 95 % (p<0,001).

Таблица 2
Фоновые показатели сердечно-сосудистой системы у футболистов 15–16 лет в покое и при увеличении внешней нагрузки ($x \pm Sx$), n=15

Условия	Показатели				
	ЧСС, уд/мин	βT , ед.	СКО βT , мс	ИН, ед.	HF/LF, ед.
покой	81,3±2,3	0,65±0,03	0,10±0,01	86,7±13,0	1,7±0,4
1 нагрузка	114,7±3,3***	0,90±0,04***	0,15±0,01***	236,7±20,5***	3,0±0,4**
2 нагрузка	167,7±4,5***	1,20±0,05***	0,15±0,02***	562,5±53,9***	2,9±0,3**
восстановление	113,2±1,5***	0,79±0,05**	0,13±0,02	800,5±93,6***	3,2±0,5***

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001)

В восстановительном периоде наблюдалось сохранение высоких значений ЧСС: выше на 35 % по отношению к покою (p<0,001). Такая динамика этого показателя может быть связана с периодом тренировочного процесса и утомлением и свидетельствовать о сниженном резерве адаптации.

Как видно из таблицы, ИН, отражая степень регуляторной адекватности, увеличиваясь более чем в два раза на каждой ступени нагрузочного теста и в восстановительном периоде ($p < 0,001$), свидетельствовал о значительном напряжении механизмов регуляции. Вероятно, вклад симпатического звена вегетативной регуляции превышал необходимую норму. Об этом можно судить по показателю вагосимпатического баланса (HF/LF), который увеличивался в среднем на 85 % ($p < 0,01$) на обеих ступенях нагрузочного теста и на 95 % ($p < 0,001$) в восстановительном периоде.

У исследованных футболистов исходный показатель βT , отражающий степень увеличения напряжения миокарда и качества процессов реполяризации [8, 9], в покое был в пределах нормы, при этом на первой нагрузке увеличивался на 32,4 % ($p < 0,01$) и на 95,3 % на второй ($p < 0,001$). Соответственно был выявлен рост показателя СКО βT .

Таким образом, при анализе фоновых показателей при увеличении физической нагрузки выявлена неэкономичная работа дыхательной системы на фоне напряженной работы механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, проявляющей себя в повышении напряжения механизмов регуляции, снижении резервов миокарда, затяжном периоде восстановления, а также ярко выраженном компенсаторно-вентиляторном процессе.

У спортсменов-футболистов проведённая респираторная коррекция сопровождалась формированием паттерна дыхания, характеризующегося уменьшением частотных составляющих, что представлялось энергетически выгодным с точки зрения обеспечения приспособительного эффекта. Было отмечено уменьшение прироста f при выполнении второй нагрузки на 40,2 % ($p < 0,001$) (рис.1. А), вероятно, связанное с оптимизацией респираторной регуляции на фоне стабилизации психоэмоционального состояния по показателю неравномерности дыхания (рис.1. Б).

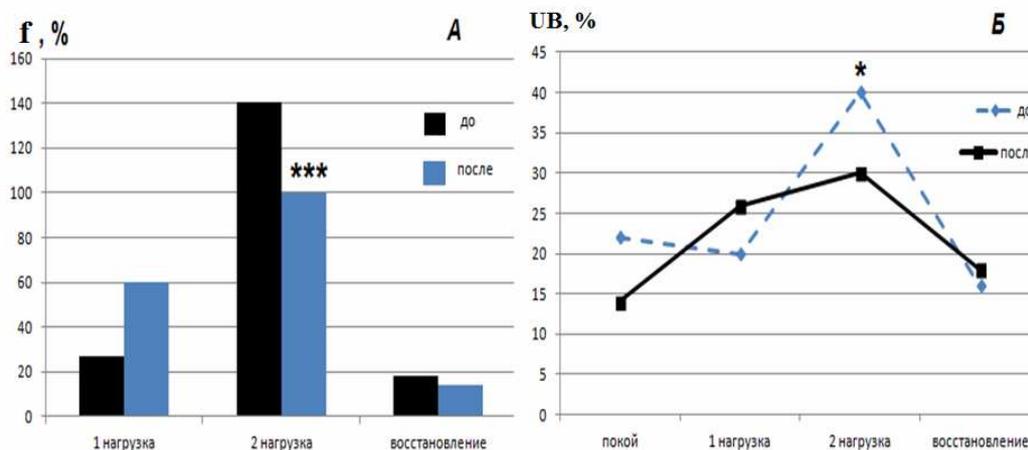


Рис.1. Прирост (%) частоты дыхательных движений (f , цикл/мин) (А) и динамика показателя неравномерности дыхания (UB, %) при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,05$); *** – ($p < 0,001$)

Формирование брадипноического паттерна дыхания как в покое, так и при нагрузке сопровождалось более эффективным функционированием по показателю задействования мёртвого пространства в среднем на 12,4 % ($p < 0,01$) на первой нагрузке и на 17,6 % ($p < 0,001$) на второй нагрузке, что свидетельствовало о значительном расширении функциональных резервов организма (рис. 2).

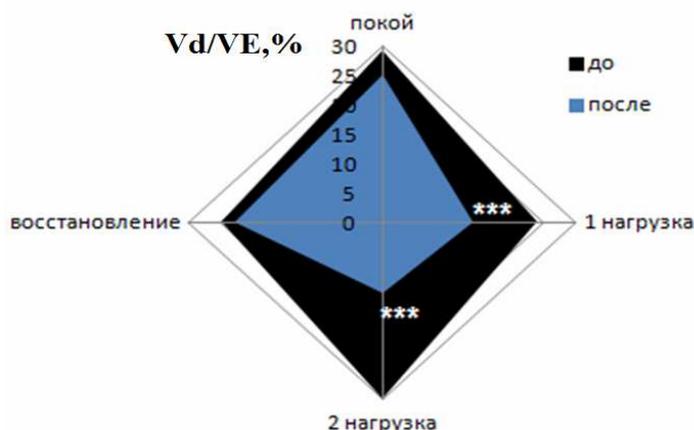


Рис.2. Изменение мертвого пространства (V_d/V_E , %) при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки. Примечание: *** – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,001$)

С ростом эффективности вентиляции улучшались и условия для газообмена в лёгких. Изменение показателей $P_{et}CO_2$ напрямую связано с уровнем газообмена и вентиляторной реакцией и определяет направленность приспособления внешнего дыхания в связи с меняющимися условиями (рис. 3).

Вероятно, такую резкую смену динамики $P_{et}CO_2$ до коррекции можно связать с прохождением точки респираторной компенсации. Точкой респираторной компенсации обозначается момент усиления вентиляции по углекислоте (дыхательная компенсация) на фоне непрерывно возрастающей физической нагрузки в ответ на развитие ацидоза в крови, который, в свою очередь, возникает благодаря лимиту возможностей буферных систем крови. При этом количество энергии, образующееся аэробным путем, не увеличивается, а ее прирост обеспечивается усилением анаэробных механизмов, объем вентиляции повышается по отношению к объему выделенной CO_2 , и $P_{et}CO_2$ резко снижается. Снижение выраженности процессов компенсации после респираторной коррекции свидетельствовало об оптимизации метаболических процессов.

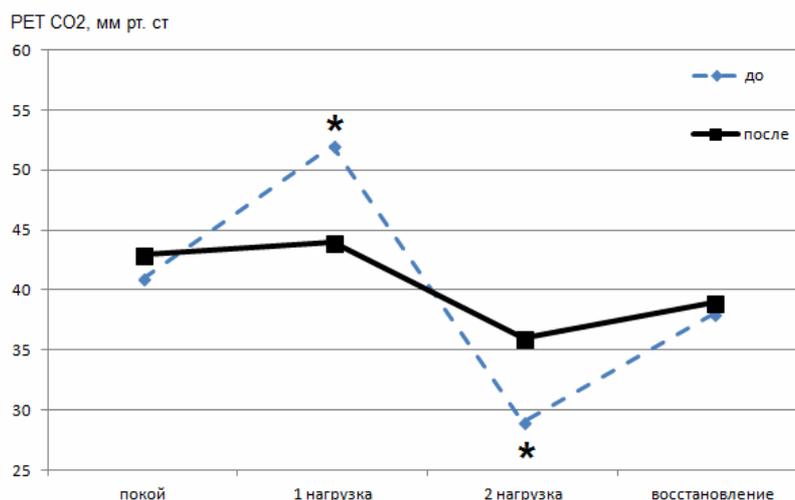


Рис.3. Динамика PetCO₂ в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.
Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем (p<0,05)

Таким образом, выявленные изменения в системе внешнего дыхания в виде удержания нормакапнического типа вентиляции при увеличении внешней нагрузки (уменьшение в среднем PetCO₂ на 8 мм рт. ст. [p<0,05] на первой нагрузке и увеличение на 6 мм рт. ст. [p<0,05] на второй) свидетельствовали с одной стороны о росте возможностей для обеспечения адекватного кислородного режима организма футболистов, а с другой стороны – о создании условий для поддержания изокапнического уровня CO₂. Гипоксически-гиперкапническая тренировка способствовала расширению эффективности функционирования респираторной системы, что поднимало порог перехода на анаэробное обеспечение.

Также были зафиксированы положительные изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы. В покое и на первой нагрузке показатели ЧСС оставались стабильными относительно значений до коррекционного курса, но при увеличении внешней нагрузки была выявлена более экономичная и оптимальная кардиогемодинамическая реакция. Так, при выполнении второй ступени нагрузочного теста ЧСС была снижена более чем на 20 % (p<0,001), а значение показателя симметрии зубца Т, отображающего резервы миокарда, – более чем на 26 % (p<0,001). Повышение потребности миокарда в кислороде, в том числе и при увеличивающейся нагрузке, приводят к ишемическим нарушениям, при возникновении которых страдают все процессы мембранного электрогенеза: возбудимость клеток миокарда, автоматизм биоэлектрических процессов в миокарде, и в том числе процессы реполяризации. В этой связи изменения процессов реполяризации, количественно выраженные ростом показателя симметрии зубца Т, могут давать информацию о способности миокарда потреблять кислород.

При этом СКО βT оказалась более чувствительным критерием определения резервов миокарда при их увеличении после курса респираторной тренировки. Снижение значения этого показателя в среднем на 0,4 ед. как в покое ($p<0,01$), так и при выполнении физической нагрузки повышающей мощности ($p<0,01$) и в восстановительном периоде ($p<0,001$), отражало его информативность в определении оптимизации электрической стабильности миокарда и расширении функциональных резервов (рис. 4).

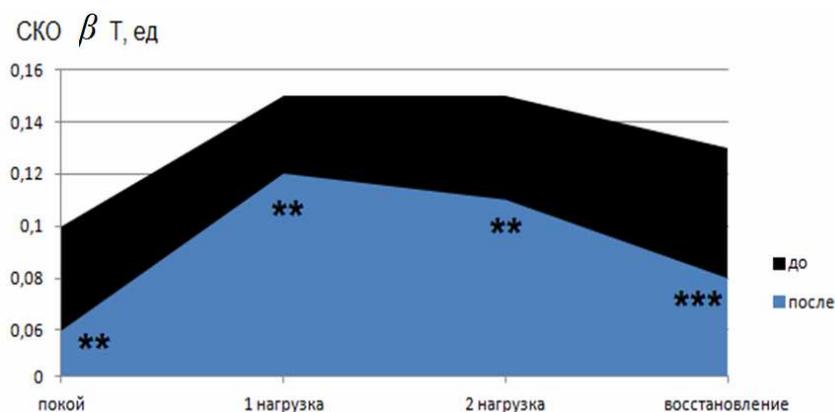


Рис. 4. Изменение СКО симметрии зубца Т (СКО βT , ед.) в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки

Примечание: ** – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p<0,01$); *** – ($p<0,001$).

Также ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p<0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p<0,001$) и в восстановительном периоде ($p<0,001$) (рис. 5).

Можно предположить, что после курса гипоксически-гиперкапнической тренировки произошло снижение вклада симпатического звена нервной системы и уменьшение централизации управления сердечно-сосудистой системой. Вероятно, оптимизация газового гомеостаза привела к более эффективной регуляции со значительным падением степени его напряжения. Таким образом, после курса респираторной тренировки у спортсменов-футболистов отмечалась оптимизация функционирования кардиогемодинамики на фоне снижения напряжения механизмов регуляции при выполнении ступенчато-увеличивающейся физической нагрузки, что привело к увеличению физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p<0,05$).

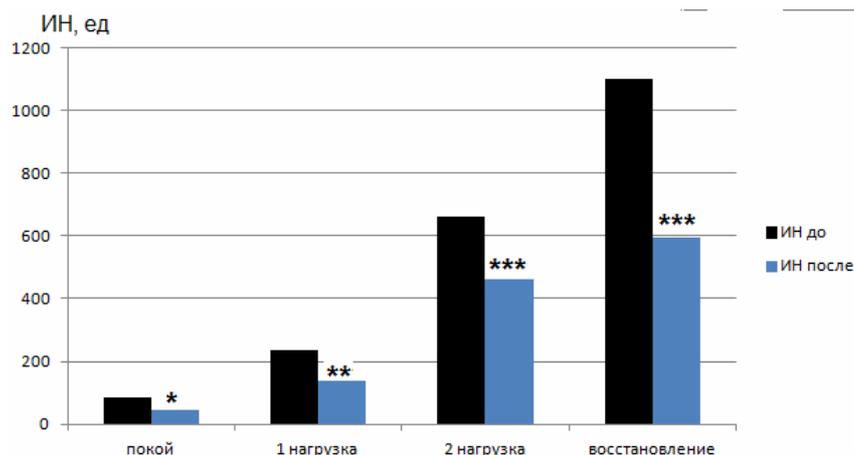


Рис. 5. Изменение ИН в покое, при увеличении внешней нагрузки и в восстановительном периоде до и после курса респираторной тренировки.

Примечание: * – различия показателей достоверны по сравнению покоем ($p < 0,05$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$)

Таким образом, гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, в группах футболистов 15–16 лет влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исходный уровень характеризовался неэкономичной работой дыхательной системы на фоне напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, проявляющих себя в повышенных показателях ИН, симметрии зубца Т, затяжном периоде восстановления, а также ярко выраженным компенсаторно-вентиляторным процессом, что свидетельствовало о недостаточных адаптационных резервах в процессе выполнения физической нагрузки.
2. После респираторной тренировки наблюдалось уменьшение прироста f при выполнении второй нагрузки на 40,2 % ($p < 0,001$), более эффективное функционирование по показателю задействования мёртвого пространства на 12 % ($p < 0,01$) на первой нагрузке и на 17 % ($p < 0,001$) на второй нагрузке свидетельствовало о значительном расширении функциональных резервов организма. При этом было зафиксировано уменьшение в среднем $PetCO_2$ на 8 мм рт. ст. ($p < 0,05$) на первой нагрузке и увеличение на 6 мм рт. ст. ($p < 0,05$) на второй.
3. При выполнении второй ступени нагрузочного теста ЧСС была снижена более чем на 20 % ($p < 0,001$), а значение показателя симметрии зубца Т, отображающего резервы миокарда, – более чем на 26 % ($p < 0,001$). Снижение

СКО βT в среднем на 0,4 ед. как в покое ($p < 0,01$), так и при выполнении физической нагрузки повышающейся мощности ($p < 0,01$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$), отражало его информативность в определении оптимизации электрической стабильности миокарда и расширении функциональных резервов.

4. ИН, характеризующий степень напряжения механизмов регуляции у футболистов 15–16 лет после респираторной тренировки, был значительно снижен (более чем на 50 %) как в покое ($p < 0,05$), так и при увеличении внешней нагрузки ($p < 0,001$) и в восстановительном периоде ($p < 0,001$).
5. Гипоксически-гиперкапническая тренировка, являясь эффективным коррекционным средством функционального состояния кардиореспираторной системы, в группах футболистов 15–16 лет влияла на различные звенья в расширении адаптационных резервов организма и обеспечивала увеличение физической работоспособности в среднем с 17,1 до 19,0 кгм/мин/кг ($p < 0,05$).

Список литературы

1. Абросимов В. Н. Гипервентиляционный синдром в практике практического врача/ под ред. В. Н. Абросимова. – Рязань, 2001. – 136 с.
2. Шурьгин И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия/ под ред. И. А. Шурьгина. – СПб.: «Невский Диалект»; М.: «Издательство БИНОМ», 2000. – 301 с.
3. Антипов И. В. О возможности применения гипоксически-гиперкапнических газовых смесей для расширения функциональных возможностей системы дыхания / под ред. Антипов И. В. – Ульяновск, 2005. – 832 с.
4. Волков Н. Н. Современные методы гипоксической подготовки в спорте / Волков Н. Н., Мищенко С. А. – М.: ФиС, 1995. – 27 с.
5. Макарова Г. А. Спортивная медицина/ под ред. Г. А. Макаровой. – Учебник. – М.: Советский спорт, 2003. – 480 с.
6. Устройство для интервальной гипоксически-гиперкапнической тренировки организма человека. Решение о выдаче патента на полезную модель № 20141536613/12(085650) от 12.10.2015 Авторы Минина Е. Н., Белоусова И. М., Буков Ю. А.
7. Файнзильберг Л. С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л. С. Файнзильберг. – К. Освита Украины, 2013. – 190 с.
8. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013. – Т. 26 (65), № 2, С. 148–153.
9. Минина Е. Н. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функциональных резервов сердечно-сосудистой системы / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Вестник новых медицинских технологий. – 2014 – 21-3. – С. 22–27.

**THE PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF HYPOXIC-HYPERCAPNIC TRAINING
FOOTBALL PLAYERS OF 15-16 YEARS**

Minina E. N., Kurbetdinova Z. R.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: cere-el@yandex.ua*

There was an examination of 15 healthy adolescents 15-16 years old, football players. We used the hypoxic-hypercapnic training, which is an effective mean of corrective functional condition of cardiorespiratory system and has influence on the various links in the expansion of adaptive reserves of the body and provides physical capacity increasing. Hypoxi-hypercapnic training helped the effectiveness growth of the respiratory system, which raised the threshold of transition to the anaerobic energy supply. Optimization of gas homeostasis as the result of a respiratory training of football-players led to a more adequate functioning of the cardiohemodynamics on the background of reduction in the tension of regulatory mechanisms in the course of gradually increasing physical load. The Load Index characterizing the degree of regulatory mechanisms tension of football-players of 15–16 years old after a respiratory training was considerably reduced by over 50 % both during the state of rest ($p<0.05$), in the course of increasing external load ($p<0.001$), and during the recovery period ($p<0.001$).

Being an effective correction means of the functional state of the cardiorespiratory system, the hypoxic and hypercapnic training had an influence on different parts in expanding the adaptive reserves of the body and provided for the exercise performance growth on average from 17.1 up to 19.0 kG·m / min / kg ($p<0.05$).

Keywords: hypoxia, hypercapnia, reverse breathing, cardio-respiratory system.

References

1. Abrosimov V. N. *Hyperventilation syndrome in the practice of general practitioner*, 136 p. (Ryazan, 2001).
2. Shurigin I. A. *Monitoring respiration: pulse oximetry, capnography, oximetry*, 301 p. (Nevsky Dialect, St. Petersburg; Binom Publishing, M, 2000).
3. Antipov I. V. *On the possibility of the use of hypoxic-hypercapnic gas mixtures to extend the functionality of the respiratory system*, 832 p. (Ulyanovsk, 2005).
4. Volkov N. N., Mishchenko S. A. *Modern methods of hypoxic training in the sport*, 27p. (FIS, M, 1995).
5. Makarova G. A. *Sports Medicine*, 480 p. (Soviet sports, M, 2003).
6. Minina E. N., Belousova I. M., Bukov Y. A. A device for intermittent hypoxic-hypercapnic training of the human body. The decision on granting a patent for utility model № 20141536613/12 (085650) (2015).
7. Fainzilberg L. S. *Computer diagnostics of phase portrait ECG*, 190 p. (Osvita of Ukraine, K, 2013).
8. Minina E. N. Analysis of ECG T-wave in the phase space in determining the functional reserves of the myocardium, *Scientific notes of Taurida National University named after V.I Vernadsky*, **26(65)**, 148 (2013).
9. Minina E. N., Fainzilberg L. S. The phase portrait of a single channel ECG in assessing the functional reserves of cardiovascular system, *Bulletin of new medical technologies*, **21(3)**, 22 (2014).

Поступила в редакцию 28.11.2015 г.

УДК 502.753

ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА *CRAMBE MARITIMA* L. В УСЛОВИЯХ *EX SITU*

Михайлова О. А.

ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
Таврическая академия, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: eola_tseza@mail.ru

В статье рассмотрен жизненный цикл охраняемого литорального вида *Crambe maritima* L. в условиях *ex situ*, определена продолжительность жизненного цикла растений катрана морского, дано подробное описание и приведены морфометрические параметры растений всех возрастных состояний. Растения наблюдали на территории Ботанического сада Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь). Автором отмечены наиболее эффективные способы преодоления периода покоя семян, приведены данные о лабораторной и полевой всхожести семян.

Ключевые слова: онтогенез, охраняемый вид, *Crambe maritima* L., возрастные состояния, морфология, *ex situ*.

ВВЕДЕНИЕ

Crambe maritima L. – охраняемый литоральный вид сем. Brassicaceae [1–5]. Естественный ареал вида включает приморские территории Европы (Южной, Центральной, Северной и Восточной) и Черноморское побережье Кавказа [6]. В Крыму катран морской встречается на песчаных, песчано-гравийных, ракушечных и глыбово-галечниковых пляжах, образованных в результате разрушения неогеновых известняков вне волно-прибойной зоны [7]. Изменение численности *Cr. maritima* связано со стенотопностью вида, его низкой конкурентной способностью. Сохранение природных популяций становится особенно сложным в связи с трансформацией экотопов вследствие хозяйственной деятельности, увеличивающейся рекреационной нагрузки и активной застройки прибрежной полосы. В нормативных документах этот вид имеет различные категории редкости: в Красной Книге Украины он отмечен как уязвимый, а в Европейском Красном Списке находится в группе наименьшего риска [6, 5]. В последнем документе подчеркнута значимость этого вида как дикого родственника культивируемого растения (отдельная категория – CWR – stop wild relative). *Cr. maritima* включен в региональные охранные документы [1–3]. Это несомненно подтверждает необходимость изучения биологии, мониторинга состояния популяций вида и разработки мер охраны.

Одной из важнейших характеристик популяции является ее возрастной спектр. Литературные данные о продолжительности жизненного цикла, критериях возрастных состояний катрана морского противоречивы. Разными авторами вид

рассматривается как монокарпик или поликарпик [3, 8]. В этой связи цель настоящей работы – выявление продолжительности жизненного цикла и особенностей морфоструктуры на всех этапах онтогенеза *Cr. maritima* в условиях культуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Ботаническом саду Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (далее БС КФУ), расположенного в Симферополе, в пределах Предгорной зоны Крыма. Жизненный цикл изучали от момента прорастания до гибели растения. Семена получены из популяций *Cr. maritima* на м. Ильи и в бухте Коктебельской (Восточный Крым), на Кояшской косе (Керченский полуостров) и окрестностей м. Урет (Тарханкутский полуостров). Посевы были сделаны на двух участках различной освещенности: участок 1 – без притенения, участок 2 – с притенением несколько часов в день. Влияние иных факторов среды было идентично на обоих участках. Уход за всходами заключался в поливе дождевателем 3 раза в неделю по 10 минут и прополке.

Наблюдения за ритмами роста и развития и сезонными изменениями трех десятков особей проводились в течение 5 лет. Возрастные состояния были выделены по методике Работнова [9]. Особенности морфологии изучались на разных этапах вегетации с фотофиксацией, зарисовкой или сканированием. Подсчет количества побегов проводился в период плодоношения [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В БС КФУ особи *Cr. maritima* проходят все стадии развития и дают самосев. Это позволяет судить об успешном культивировании вида в условиях *ex situ* и сделать подробные описания растений на всех этапах онтогенеза.

Латентный период. Семена развиваются в двучленном ложнодвугнездном стручочке. Нижний членик стручочка всегда недоразвитый и, как правило, остается на растении, верхний членик содержит одно семя и при созревании опадает. Нижний членик стручочка имеет цилиндрическую форму, иногда может быть сужен к основанию, диаметром до 0,2 см. Верхний членик стручочка – светло-желтый, шаровидный, может быть со слегка оттянутой верхушкой, диаметром от 0,8 до 1,2 см. При созревании плодов на поверхности видны центральные жилки и швы плодолистиков, впоследствии при одревеснении мясистого перикарпия поверхность верхнего членика стручочка выравнивается, иногда может быть с бугорками. Семена без эндосперма, эллиптические, 0,3–0,4 см длиной. Семенная кожура – темно-коричневого цвета, длинный светлый фуникулюс – хорошо заметный, свободный, располагается вдоль семенного шва, изогнут в месте плацентации (рис. 1). Зародыш – с выраженными двумя семядолями и слабо дифференцированным зародышевым корешком и почечкой. Масса тысячи плодов – $36,81 \pm 4,14$ г, тысячи семян – $14,55 \pm 3,36$ г.

Период покоя обеспечивается за счет наличия ингибиторов в покровах семени, что характерно в целом для рода [11]. Для выхода из состояния покоя необходима

длительная стратификация низкими температурами. Лабораторные и полевые опыты по посеву семян после скарификации или без предварительной продолжительной стратификации показали, что всхожесть не превышает 11 %. Тогда как при подзимнем посеве семян в открытый грунт, а также при посеве в лабораторных условиях после 30-ти дневной стратификации в морозильной камере (-1 С°) этот показатель был 64 % и 42 % соответственно. Семена сохраняют всхожесть до 3 лет, при этом процент всхожих семян с каждым годом уменьшается.



Рис. 1. Семена *Cr. maritima*

Проростки. Прорастание семян надземное, в лабораторных условиях наступает на 5–6 сутки после замачивания, в открытом грунте в третьей декаде марта – первой декаде апреля. Прорастание начинается с развития зародышевого корешка. Гипокотиль – 0,1–0,2 см в диаметре и до 4,5 см в длину, белый, только в верхней трети небольшое количество антоциановых пигментов дают розовую или светло-фиолетовую окраску. Гипокотиль выносит на поверхность пару ассимилирующих мясистых семядольных листьев, цельнокрайних с широкой выемкой на верхушке. Листовая пластинка – 1,1–1,5 см шириной и 0,7–0,8 см длиной, с выраженной средней жилкой, на коротком черешке (до 0,3 см), без опушения, после выхода на поверхность приобретает серо-зеленую окраску, с адаксиальной стороны более насыщенную (рис. 2). Эпикотиль не развивается, что характерно для растений с розеточными побегами. Первый настоящий лист появляется на 12–16 сутки после начала прорастания семян. Листовая пластинка – эллиптическая, или яйцевидная, 1,4–2,1 см шириной и до 3 см длиной, с 3–5 парами зубцов, с неравнобоким основанием и округлой верхушкой, на длинном черешке – до 2,5 см. Жилкование слабо выражено, выделяется только средняя жилка, лист мясистый, голый. Одновременно с появлением первого настоящего листа начинается ветвление главного корня и образование одного-двух боковых корней. Высота проростков к моменту развития второго настоящего листа – 5–6 см. Листовая пластинка второго

настоящего листа отличается более выраженными зубцами, заметными боковыми жилками и размерами (до 6 см длиной и 2 см шириной).



Рис. 2. Сканированное изображение проростка *Cr. maritima*

Ювенильное возрастное состояние

Ювенильные растения характеризуются утолщением гипокотыля до 3 мм и развитием укороченного побега неполного цикла с 4–6 листьями. К этому времени семядольные листья отмирают, главный корень заглубляется в почву до 20 см и проявляет свои контрактивные свойства, благодаря чему розетка листьев располагается на уровне почвы. Боковые корни развиты слабо. Ювенильные листья – длинночерешковые (черешок до 6 см), голые, мясистые, сизо-зеленые, с восковым налетом. Жилкование – перисто-сетчатое, с выдающейся средней жилкой и 2–3 парами боковых жилок на абаксиальной стороне. Листовая пластинка в очертании – от овальной до продолговатой, до 12 см длиной и 7 см шириной, с округлой верхушкой и клиновидным или неравнобоким основанием. Края листовой пластинки – с тупыми зубцами, в нижней трети лист приобретает лопастное строение, иногда в основании с 1 парой отдельных сегментов (рис. 3). Ювенильное возрастное состояние наступает через 25–40 дней после появления проростков и длится около месяца.



Рис. 3. Особь *Cr. maritima* ювенильного возрастного состояния

Имматурное возрастное состояние

В течение следующего месяца происходит накопление зеленой массы растения и увеличение числа листьев в розетке до 6–10. Диаметр розетки варьирует от 20 до 45 см, в ее основании заметны следы отмерших семядольных и иногда первых настоящих листьев. Черешки имматурных листьев длиннее – до 10 см, листовая пластинка лопастная с 3–5 долями, ближе к основанию листа рассечение может доходить до средней жилки. Мясистые листья расположенные ранее вертикально становятся большей частью лежащими (рис. 4.). Подземная сфера представлена главным корнем толщиной 0,5–0,8 см и более тонкими многочисленными боковыми корнями первого и второго порядков.



Рис. 4. Имматурное растение *Cr. maritima*.

Виргинильное возрастное состояние

В июле большинство растений *Cr. maritima* вступает в виргинильное возрастное состояние. Этот период характеризуется дальнейшим увеличением ассимилирующей поверхности, появлением листьев зрелого типа, утолщением главного и боковых корней, закладкой каудекса. Розетка диаметром до 60 см состоит из 8–13 перисто-лопастных или перистораздельных листьев на длинных черешках. Листовая пластинка в очертании удлинненно-яйцевидная, 20–27 см длиной (у отдельных растений 35–37 см), с округлой верхушкой и сильно выступающими с абаксиальной стороны средней и боковыми жилками. Рассечение листовой пластинки увеличивается от верхушки к основанию.

В условиях культуры в этом возрастном состоянии представители исследуемого вида завершают первый вегетационный сезон и во второй половине ноября уходят в покой.

Зимующая часть растений представлена развитой корневой системой, состоящей из вертикального главного корня до 1 м диаметром в базальной части, достигающего глубины более одного метра. От главного корня в горизонте почвы от 10 до 30 см отходят 3–4 боковых скелетных корня. Более многочисленные мелкие всасывающие корни расположены на глубине более 30 см. В основании главного корня усиливается проявление контрактильности, что позволяет ему при сокращении увлекать за собой базальную часть стебля с находящимися на ней почками возобновления.



Рис. 5. Виргинильные особи *Cr. maritima* первого года жизненного цикла

На второй год жизни развитие растений начинается во второй-третьей декадах марта и идентифицируется по набуханию почек возобновления. Надземная часть каудекса имеет конусовидную форму. Помимо терминальной, как правило, развиваются 1–5 (до 10) аксиллярные почки, которые формируют боковые розеточные побеги (рис. 6).



Рис. 6. Начало отрастания *Cr. maritima* второго года жизненного цикла

Второй год жизни характеризуется переходом большинства растений в генеративное возрастное состояние. На хорошо освещенном участке 5–15 % особей остаются виргинильными. Таким образом, виргинильный период длится от 9 месяцев до полутора лет.

Молодое генеративное возрастное состояние

На этом этапе онтогенеза происходит удлинение метамеров розеточных побегов, переход к полурозеточным и формированию монокарпических, сильно ветвистых голых побегов полного цикла. Продолжительность этого этапа развития – 1 вегетационный сезон. Корневая система – стержневая, при этом скелетные боковые корни утолщаются до 1 см в диаметре, а главный корень – до 2–2,5 см. Корни приобретают серо-желтую окраску, на срезе мучнисто белые, в базальной части одревесневающие, снаружи серые. Розеточные листья – длинночерешковые, перисто-раздельные, в основании – перисто-рассеченные, с 5–7 парами долей и крупной верхушечной долей. Нижние сегменты листовой пластинки находятся на некотором удалении друг от друга и могут не быть супротивными. Ко времени созревания плодов большая часть розеточных листьев отмирает. Нижние стеблевые листья – короткочерешковые, лопатные, листовая пластинка – от яйцевидной до ланцетной, до 7 см длиной и 3 см шириной, с клиновидным основанием и тупой верхушкой. Ближе к верхушке побегов листья становятся сидячими, цельными, цельнокрайними, ланцетными, с хорошо выраженной главной жилкой.

Соцветие *Cr. maritima* компактное, шарообразное, 40–60 см в диаметре и представляет собой синфлоресценцию кисть из кистей (рис. 7). Главная ось образует ветвления второго и третьего (реже до четвертого) порядков, на которых располагаются элементарные кисти. Количество осей первого порядка не превышает 6, второго порядка – 6–8. Наибольшее количество цветков и, соответственно, плодов развивается в элементарных кистях верхушечных

паракладиев – до 34. Распускание цветков и созревание плодов происходит акропетально. При созревании плодов шарообразный монокарпический побег в базальной части отделяется от растения и становится «перекати-полем».



Рис. 7. Массовое цветение *Cr. maritima*

Средневозрастное генеративное состояние

В эту фазу растения вступают на второй год цветения, то есть на третий или четвертый год жизненного цикла, длительность данного этапа – от одного до двух лет. В течение этого периода происходит дальнейшее наращивание подземной массы, глубина залегания корней до 1,5 м. Каудекс утолщается и наблюдается его вертикальное рассечение, в результате чего конусовидная форма трансформируется в многоглавую. Каждый сегмент (обычно 4–5) – с терминальной почкой, из которой развивается розетка листьев взрослого типа, а в дальнейшем и соцветие. Аксиллярные почки имеют нулевую емкость. Благодаря такому куцению диаметр совокупности соцветий может достигать 1 м.

Старое генеративное возрастное состояние (субсенильное)

У старых генеративных особей на 4–5 год жизни появляются характерные признаки перехода к субсенильному возрастному состоянию. В целом морфоструктура сохраняется такая же, как и у средневозрастных генеративных растений. Отличительной особенностью данного этапа развития является глубокое вертикальное рассечение каудекса с последующей его партикуляцией на 2–8 частей с выпадением срединной части. Этот процесс не является способом размножения, поскольку партикулы не переходят к самостоятельному существованию, а ведет к гибели растения.

Полученные сведения позволяют определить критерии перехода особей *Cr. maritima* в различные возрастные состояния (табл. 1).

Таблица 1.

Критерии возрастных состояний *Cr. maritima*

Критерии	Проро- стки	Ювени- льные особи	Имматур- ные особи	Виргини- льные особи	Молодые генератив- ные особи	Средневозра- стные генеративны- е особи	Старовозраст- ные генеративные особи
Количество листьев в розетке, шт	2–4	3–6	6–10	8–13	5–9	5–9	5–9
Рассечение листовой пластинки	цельн- ый	перист- о- лопаст- ной	перисто- рассечен- ный	перисто- раздельн- ый	перисто- раздельн- ый	перисто- раздельный	перисто- раздельный
Максимальн- ая длина листовой пластинк	3,0	12,0	17,5	37,0	44,5	41,5	38,0
Строение каудекса	–	–	–	конусов- идный	конусови- дный	многоглавый	многоглавый, с выпадением срединной части
Количество цветоносных побегов, шт	–	–	–	–	1–2	5–6	до 6

Следует отметить, что за все годы наблюдений особи на участке 1 отставали в развитии по срокам и отличались габитуально. Количество листьев в розетке, размеры листовой пластинки и значение других морфометрических параметров было меньше, чем у растений на участке с притенением. В естественных условиях эти различия заметны между растениями, растущими на открытых участках и в понижениях микрорельефа, вблизи валунов и других местах, где влага задерживается дольше. Выявленные особенности необходимо учитывать при проведении оценки возрастного состояния особей в природных популяциях. Переход части особей в генеративное состояние происходил только на третьем году жизни с отмиранием после цветения (до 6 %). То есть растения развивались по типу многолетних монокарпиков. Таким образом, описания различных авторов [1, 4, 9], трактующих вид как монокарпик или поликарпик не являются ошибочными, а лишь подтверждают поливариантность развития особей *Cr. maritima*, зафиксированную нами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате 5-летних наблюдений установлено, что растения *Cr. maritima* в условиях *ex situ* в Предгорном Крыму проходят все стадии развития и дают

самосев, что позволяет судить о перспективе сохранения вида вне природных мест обитания.

2. В культуре наблюдали поливариантность развития особей катрана морского. Большинство растений развивается по типу многолетнего поликарпика с продолжительностью жизненного цикла 4–5 лет. В отдельных случаях (не более 6 %) особи ведут себя как многолетние монокарпические травы и завершают большой жизненный цикл за 3 года.
3. Подзимний посев в открытый грунт отмечен как наиболее эффективный и простой способ преодоления периода покоя семян *Cr. maritima*. Семена сохраняют всхожесть до 3 лет.
4. Установлено, что особи прегенеративных возрастных состояний отличаются количеством листьев в розетке и степенью рассечения листовой пластинки. Большинство растений переходят в виргинильное возрастное состояние к концу первого года вегетации и вступают в генеративную фазу на второй год жизни. Растения генеративных возрастных состояний отличаются глубиной рассечения каудекса и количеством цветоносных побегов. Выявлено, что партикуляция каудекса с выпадением срединной части означает вступление особей в субсенильный возрастной период.

Список литературы

1. Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. Изд. второе / Под ред. Литвинской С. А. Краснодар: ООО «Дизайн Бюро № 1», 2007. – 640 с.
2. Красная книга Приазовского региона. Сосудистые растения / Под ред. В. М. Остапко, В. П. Коломийчука. Киев: Альтерпрес, 2012. – 276 с.
3. Красная книга Ростовской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения / Под ред. В. В. Федяевой. Ростов-на-Дону: Изд.-полиграф. фирма «Мальш», 2004. – 333 с.
4. Красная книга Украины. Растительный мир / Под общ. ред. Я. П. Дидука. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 913 с.
5. Bilz M. European Red List of Vascular Plants / M. Bilz, Sh. P. Kell, N. Maxted, R. V. Lansdown. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. – 132 с.
6. GRIN. [Electronic recourse]. Режим доступа: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?12013>
7. Михайлова О. А. Современное состояние популяций *Crambe maritima* L. в Крыму / О. А. Михайлова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия: Биология, химия. – 2014. – Т. 27(66), №5. – С. 76–84
8. Шмараева А. Н. Рост и развитие *Crambe maritima* L. (сем. Brassicaceae) в условиях интродукции в Ботаническом саду ЮФУ/ А. Н. Шмараева, Ж. Н. Шишлова, В. В. Федяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2014. – №96(02). – С. 3–14
9. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Работнов Т. А. // Труды БИН им. В. Л. Комарова. Геоботаника. Сер. 3. Вып. 6. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 7–204.
10. Федоров Ал. А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Соцветие. / Ал. А. Федоров, З. Т. Артюшенко– Л.: Наука, 1979. – 296 с.
11. Каліста М. С. Особливості насінневого розмноження та репродуктивна стратегія *Crambe Koktebelica* (Junge) N. Busch. / М. С. Каліста, О. Ф. Щербакова // Вісник біосферного заповідника «Асканья-Нова», 2013. – Т. 2(53). – С. 93–101

ONTOGENESIS FEATURES OF *CRAMBE MARITIMA* L. UNDER
CONDITIONS OF *EX SITU**Mykhailova O.*

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: eola_tseza@mail.ru

The article describes the life cycle of littoral protected species *Crambe maritima* L. under conditions of *ex situ*, a detailed description and morphometric parameters of the plant are shown for all ages. Plants were observed in the Botanical Garden of Crimean Federal V. Vernadsky University.

As a result, the 5-year observation revealed that plants *Cr. maritima ex situ* in the Foothills of Crimea pass all stages of development and provide self-seeding, which gives an indication of the long term preservation of the species in its natural habitat.

In the culture of individuals observed polyalternativeness of life cycle of *Cr. maritima*. Most of the plants growing on the type of long-term polycarpic with a lifespan of 4–5 years. In some cases (no more than 6 %) individuals behave as perennial grasses and monocarpic complete life cycle of a large 3 years.

Late autumn sowing in open ground is marked as the most effective and easiest way to overcome the period of dormancy *Cr. maritima*. The seeds remain viable for up to 3 years.

It was found that individuals pregenerative age states differ in the number of leaves in the socket and the degree of dissection of the leaf blade. Most plants become the virginal state of age by the end of the first year of vegetation and enter the generative phase in the second year of life. Plants generative age states differ depth dissection of caudex and the number of flowering shoots.

Keywords: ontogenesis, protected species, *Crambe maritima* L., age, morphology.

References

1. The Red Book of the Krasnodar Territory. Plants and fungi. (*Design Bureau № 1*, 2007).
2. The Red Book of Azov region. Vascular Plants (Alterpress, 2012).
3. The Red Book of the Rostov region: Rare and endangered fungi, lichens and plants (Malysh, 2004).
4. The Red Book of Ukraine. Plants (Globalconsalting, 2009).
5. Bilz M., Kell Sh. P., Maxted N., Lansdown R. V., European Red List of Vascular Plants (*Publications Office of the European Union*, 2011).
6. GRIN. [Electronic recourse]. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?12013>
7. Mykhailova O. A. Current state of populations of *Crambe maritima* L. in Crimea, *Scientific notes of Taurida National V. Vernadsky University*, **27(66)**, №5, 76 (2014).
8. Shmareva A. N., Shishlova J. N., Fedyeva V. V. Droth and development of *Crambe maritima* L. (сем. Brassicaceae) in the Botanical garden of UFU, *Polythematic Network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, **96(02)**, 3 (2014).
9. Rabotnov T. A. The life cycle of perennial herbaceous plants in the meadow cenoses, *Works BIN V. Komarova*, **3, 6, 7** (1950).
10. Fedorov A. A., Artushenko Z. T. Atlas on descriptive morphology of higher plants. Inflorescence (*Science*, 1979).
11. Kalista M. S., Sherbakova O. F., Features of seed breeding and reproductive strategy *Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch., *Bulletin of the Biosphere Reserve "Askania Nova"*, **2(53)**, 93 (2013).

Поступила в редакцию 29.11.2015 г.

УДК 639.2:532.6

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ ВЫТЯЖКИ НА РОСТ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) СОРТА 'АДРЕТТА'

Отурина И. П., Зильберварг И. Р., Головань К. А., Подопризора В. Н.

*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: niphon@mail.ru*

Выяснено, что замачивание клубней картофеля сорта Адретта в водном растворе гуминовой вытяжки, полученной при щелочной обработке биогумуса, перед посадкой в течение 1 часа увеличивает количество побегов на кусте и скорость их роста. Растения, выросшие из обработанных клубней, формируют более рослые и облиственные кусты. Положительное влияние однократной непродолжительной обработки посадочного материала картофеля гуминовой вытяжкой сохраняется на протяжении всего вегетационного периода.

Ключевые слова: гуминовые вещества, картофель, скорость роста.

ВВЕДЕНИЕ

Гуминовые препараты из вермикомпостов (органических удобрений, образованных в процессе компостирования с участием микроорганизмов в присутствии некоторых видов дождевых червей) могут быть получены путем щелочной обработки субстрата в растворе. Эта технология позволяет получать более концентрированные препараты, содержащие практически все компоненты (водорастворимые и щелочерастворимые) вермикомпоста: соли гуминовых кислот и фульвокислот, аминокислоты, пептиды, витамины, антибиотики, гормоны роста и развития растений и другие продукты жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и самих дождевых червей (вермикультуры). Более того, при щелочной обработке из вермикомпоста полностью извлекаются не только все его компоненты, но многократно усиливается физиологическая активность гуминовых кислот, переходящих в соли, – гуматы натрия, калия или аммония [1]. Основной проблемой подобных препаратов является непостоянство качества, что влечет за собой слабо прогнозируемые эффекты после их применения в растениеводстве. Именно по этой причине в литературе есть сведения как о положительном эффекте [2], так и о его отсутствии [3] при использовании подобных препаратов для обработки растений, которые также могут быть использованы для восстановления почв [4].

Благодаря разработанной нами оригинальной технологии вытяжка гуминовых веществ имеет постоянный состав по основным химическим показателям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспериментов использовали растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта 'Адретта', выведенного в Германии. Растения этого сорта формируют высокий, прямой, обильно облиственный куст, устойчивый к раку, фитофторозу, а также стеблевой нематоды. Листья крупноватые, светлые с зеленым оттенком. При цветении наблюдается обилие цветков, соцветие раскидистое, венчик белый. Данный сорт среднеранний, столовый, формирующий крупные округло-овальные клубни желтоватого цвета, имеющие отменный товарный вид. Мякоть картофеля светлая с желтым оттенком, глазки снаружи мелковатые. Лежкость клубней хорошая. В начальный период развития растений быстро растут, клубни начинают формироваться рано. Урожаи получают уже через 75 дней после посадки: на одном кусте образуется от 1,6 до 2,1 кг клубней. Товарность продукции составляет 90–95 %, а средняя масса клубня – 100–150 г.

В экспериментах для замачивания клубней использовалась гуминовая вытяжка, полученная из продуктов вермикомпостирования, со следующими характеристиками: количество сухих веществ – 3 %; гуминовых веществ – 6,96 %; массовая доля азота – 0,96 %; рН 6,68.

Перед посадкой клубни картофеля замачивались на 1 час в соответствующих растворах вытяжки: опытный вариант № 1 – в 0,01 % растворе вытяжки, опытный вариант № 2 – в 0,001 % растворе. В контрольном варианте клубни замачивались в воде. После обработки влажные клубни помещали в теплое место, на 24 часа накрывали полиэтиленовой пленкой для сохранения их во влажном состоянии, а затем высаживали в почву.

Пробы почв на экспериментальном участке Раздольненского района отбирались по стандартным методикам [5]. Анализ почвенных образцов показал, что минерализация почвы составляет 0,8 мг/л; ее рН – 7,95; количество подвижного азота в почве – 27 мг/л; содержание фосфора – 0,7 мг/л; калия – 23 мг/л; магния – 32 мг/л; кальция – 68 мг/л; натрия – 48 мг/л.

В процессе выращивания картофеля проводились следующие агротехнические мероприятия:

1. Полив – по мере необходимости.
2. Регулярное окучивание.

3. Двукратная обработка препаратом «Конфидор Макси» фирмы BAYER от колорадского жука.

Для оценки эффективности действия гуминовой вытяжки «GV» на 7-й день после появления первых всходов измерялась высота кустов, подсчитывалось количество формирующихся в них побегов и количество листьев на одном побеге. На 14-й день эксперимента также измерялась высота кустов. В конце эксперимента оценивалась урожайность растений картофеля.

В каждом варианте опыта было по 120 кустов картофеля. Исследуемые показатели определялись на 30 кустах в каждой группе. Обработка полученных результатов проводилась с помощью стандартных статистических методов [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Картофель – многолетнее травянистое растение из семейства пасленовых, но возделывается он как однолетник. Рост и развитие картофеля в течение вегетационного сезона принято делить на 3 периода. Первый – от появления всходов до начала цветения, в это время усиленно растет ботва, клубни закладываются, но остаются чрезвычайно мелкими. Во втором периоде (время от цветения до начала увядания ботвы), когда происходит интенсивный рост клубней, накапливается 65–75 % урожая клубней. Третий период совпадает с фазой постепенного увядания ботвы. В это время прирост клубней продолжается, но менее интенсивно, чем во втором периоде.

Исследования влияния гуминовой вытяжки проводили в первом периоде роста и развития растений.

Результаты учета морфометрических показателей растений картофеля, выращиваемого из посадочного материала, обработанного гуминовой вытяжкой, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Количество побегов и листьев на кусте растений картофеля сорта 'Адретта' в первый период (активного вегетативного роста)

Варианты опыта	Количество побегов	Количество листьев на побеге
Контроль	2,0 ± 0,16	4,3 ± 0,31
Опыт № 1 (0,01% раствор вытяжки)	3,3 ± 0,23	4,6 ± 0,3
Опыт № 2 (0,001% раствор вытяжки)	3,5 ± 0,21	6,0 ± 0,38

По данным таблицы 1 видно, что обработка клубней картофеля перед посадкой увеличивает и количество побегов, и количество листьев на них. Эти данные подтверждаются результатами однофакторного дисперсионного анализа. Рассчитанное значение критерия Фишера для этих двух признаков ($F_{\phi} = S_a^2/S_e^2$, где S_a^2 – факториальная дисперсия, S_e^2 – остаточная дисперсия) гораздо больше, чем его теоретическое значение (F_{st}) для данных степеней свободы (для количества стеблей – $F_{\phi} > F_{st} = 14,96 > 4,88$; для количества листьев – $F_{\phi} > F_{st} = 7,22 > 4,88$). Следовательно, справедливо утверждение о том, что растворы вытяжки достоверно стимулируют рост надземных вегетативных органов – основы для формирования клубней с запасными питательными веществами. Ростактивирующее влияние гуминовой вытяжки можно проследить на гистограммах, построенных по данным таблицы 1 (рис. 1–2).

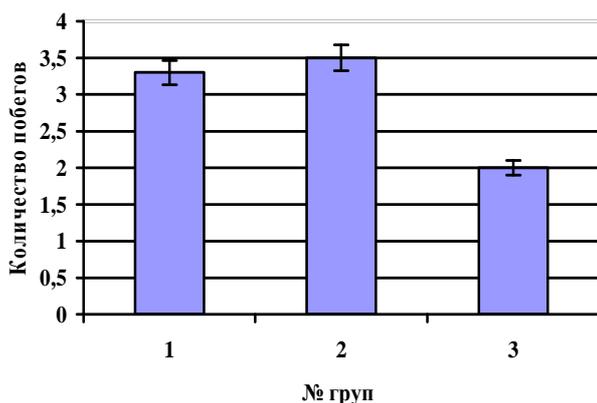


Рис. 1. Влияние предпосадочной обработки гуминовой вытяжкой клубней картофеля на формирование надземных побегов: 1 – 0,01% раствор вытяжки; 2 – 0,001% раствор вытяжки; 3 – контроль.

На рисунке 1 видно, что количество побегов в опытных вариантах существенно отличается от контроля. Проверка достоверности разности средних величин показателя с использованием коэффициента Стьюдента (t) показала, что разница между опытными вариантами № 1 и № 2 случайна, так как фактическое значение коэффициента Стьюдента (t_{St}) меньше табличного (t_F) ($t_{St} < t_F = 0.74 < 2.05$). В то же время разница средних величин показателя в обоих опытных вариантах и контроле оказалась достоверной: соответственно $t_F > t_{St} = 4,38 > 2.05$ и $t_F > t_{St} = 5,56 > 2.05$. Следовательно, обработка клубней картофеля перед посадкой активизирует образование надземных побегов независимо от концентрации гуминовой вытяжки – из обработанных вытяжкой клубней формируется больше побегов, чем в контрольном варианте.

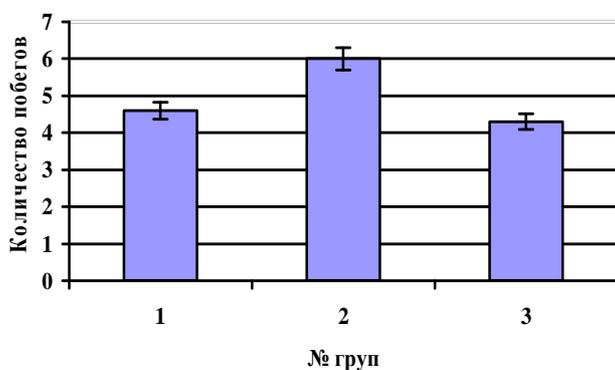


Рис. 2. Влияние предпосадочной обработки гуминовой вытяжкой клубней картофеля на облиственность надземных побегов: 1 – 0,01% раствор вытяжки; 2 – 0,001% раствор вытяжки; 3 – контроль.

На облиственность побегов обработка растворами гуминовой вытяжки действует иначе, чем на предыдущий исследованный признак. Из данных рисунка 2 видно, что максимальное количество листьев образуется на побегах в опытном варианте № 2 (0,001 % раствор вытяжки). Проверка достоверности разности средних величин с помощью коэффициента Стьюдента (t) показала, что разница между опытным вариантом №1 и контролем случайна, так как фактическое значение коэффициента Стьюдента (t_{st}) меньше табличного (t_F) ($t_F < t_{st} = 0,85 < 2,05$). В то же время разница между средними величинами в опытном варианте № 1, а также контролем и в опытном варианте № 2 оказалась достоверной: соответственно $t_F > t_{st} = 2,75 > 2,05$ и $t_F > t_{st} = 3,44 > 2,05$. Следовательно, увеличение количества листьев на побеге при предпосадочной обработке клубней картофеля наблюдается при использовании гуминовой вытяжки в концентрации 0,001%.

Для оценки скорости роста растений картофеля находили разницу между средними величинами высоты побегов, полученными на 7-й и 14-й день после появления всходов (табл. 2).

Таблица 2
Влияние гуминовой вытяжки на высоту кустов картофеля сорта 'Адретта'

Варианты опыта	Высота кустов картофеля, см		Прирост кустов, см
	7-й день	14-й день	
Контроль	7,06 ± 0,83	14,97 ± 1,04	7,91
Опыт № 1 (0,01% раствор вытяжки)	6,57 ± 0,64	17,8 ± 1,25	11,01
Опыт № 2 (0,001% раствор вытяжки)	9,75 ± 0,81	19,97 ± 1,15	10,22

Дисперсионный анализ полученных данных позволяет сделать заключение о том, что гуминовая вытяжка ускоряет рост растений картофеля. Рассчитанное значение критерия Фишера для этого признака ($F_\phi = S_a^2/S_e^2$) гораздо больше его теоретического значения (F_{st}) при данных степенях свободы (для средней высоты на 7-й день – $F_\phi > F_{st} = 4,76 > 3,11$; для данных, полученных на 14-й день – $F_\phi > F_{st} = 5,01 > 4,88$).

Закономерность влияния гуминовой вытяжки на рост кустов картофеля можно проследить на гистограммах (рис. 3, 4).

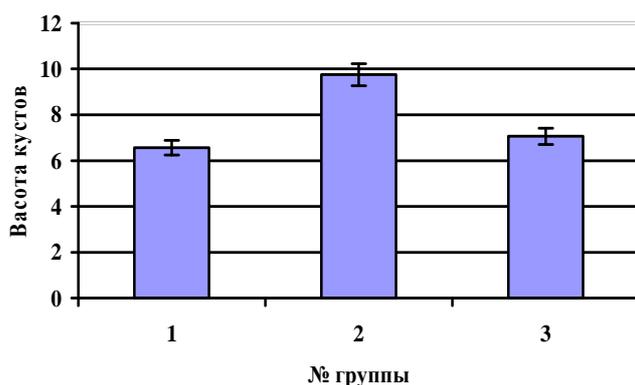


Рис. 3. Влияние предпосадочной обработки гуминовой вытяжкой клубней картофеля на высоту кустов на 7-й день после появления всходов: 1 – 0,01 % раствор вытяжки; 2 – 0,001 % раствор вытяжки; 3 – контроль.

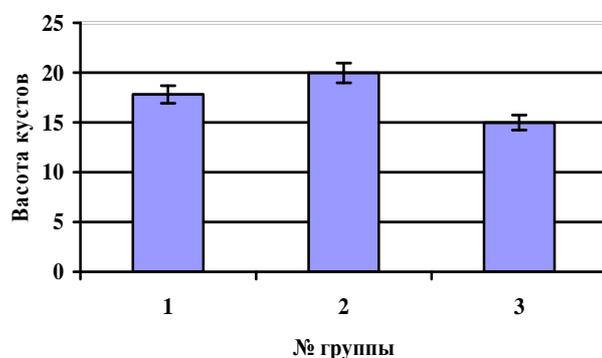


Рис. 4. Влияние предпосадочной обработки гуминовой вытяжкой клубней картофеля на высоту кустов на 14-й день после появления всходов: 1 – 0,01 % раствор вытяжки; 2 – 0,001 % раствор вытяжки; 3 – контроль.

На рисунках 3 и 4 видно, что средние значения высоты кустов в опытном варианте № 2 больше, чем в контроле и в опытном варианте № 1. Проверка достоверности разности средних величин с помощью коэффициента Стьюдента (t) дала неоднозначные результаты. Анализ отличий между средними величинами высоты кустов на 7-й день (рис. 3) после появления всходов показал, что разница между опытным вариантом № 1 и контролем случайна, так как фактическое значение коэффициента Стьюдента (t_{St}) меньше табличного (t_F) ($t_F < t_{St} = 0,48 < 2.05$). В то же время разница между средними величинами в опытном варианте № 1, а также контролем и в опытном варианте № 2 оказалась достоверной: соответственно $t_F > t_{St} = 3,08 > 2.05$ и $t_F > t_{St} = 2,32 > 2.05$.

В то же время при анализе значений высоты 14-дневных растений было установлено, что достоверна разница между средними значениями в опытном варианте № 2 и контроле ($t_F > t_{St} = 3,23 > 2.05$). Средние значения опытного варианта

№ 1 и контроля не отличаются друг от друга ($t_F < t_{St} = 1,75 < 2,05$), также не обнаружена достоверная разница между величинами в опытных вариантах № 1 и № 2 ($t_F < t_{St} = 1,28 < 2,05$). Такой эффект может наблюдаться в случае ускоренного роста кустов в опытном варианте № 1 (рис. 5).

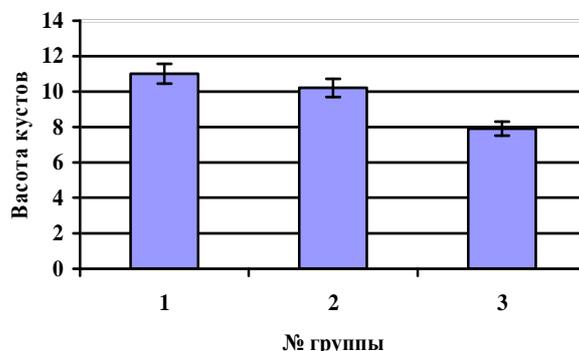


Рис. 5. Прирост побегов картофеля под влиянием гуминовой вытяжки: 1 – 0,01 % раствор вытяжки; 2 – 0,001 % раствор вытяжки; 3 – контроль.

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о том, что гуминовая вытяжка активизирует процессы роста надземных вегетативных органов картофеля сорта 'Адретта'. Растения, выращенные из обработанных клубней, формируют более рослые и облиственные кусты. Увеличение количества листьев и, как следствие, возрастание площади листового аппарата, несомненно, приведет к активизации фотосинтетической функции, в ходе которой и образуется основное запасное вещество – крахмал, оттекающее по флоэме в подземные столоны, формирующие клубни. Необходимо отметить, что рост надземных побегов стимулируется достаточно низкими разведениями гуминовой вытяжки (0,001 % раствор), что свидетельствует о ее высокой ростостимулирующей активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предпосадочное замачивание клубней картофеля сорта Адретта в водном растворе гуминовой вытяжки в течение 1 часа, полученной при щелочной обработке вермикомпоста, увеличивает количество побегов на кусте и скорость их роста.
2. Растения, выросшие из обработанных клубней, формируют более рослые и облиственные кусты.
3. Ростостимулирующий эффект зависит от дозы применяемого препарата. Низкая концентрация гуматов (0,001 %) достоверно увеличивала значения исследованных морфометрических показателей.
4. Положительное влияние однократной непродолжительной обработки посадочного материала картофеля гуминовой вытяжкой сохраняется на протяжении всего вегетационного периода.

Список литературы

1. Титов И. Н. Гуминовые препараты на основе продуктов аэробной биоконверсии органических отходов для органического земледелия // Матер. Всеросс. научно-практической конференции «Инновационные подходы к естественнонаучным исследованиям и образованию». Казань, 12-13 марта 2009 г. / Титов И. Н., Усоев В. М. // Казань: Лаб. оперативной печати ТГГУ Университета. – 2009. – С. 282–286.
2. Фёдоров А. Я. Агроэкологическая эффективность применения органических и минеральных удобрений при выращивании картофеля в условиях севера Якутии: Автореф. дис. канд. сельскохозяйственных наук. / Фёдоров А. Я. – М., 2007. – 18 с.
3. Порсев И. Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья: Автореф. дис. доктора сельскохозяйственных наук. / Порсев И. Н. – Краснодар, 2010. – 18 с.
4. Касатиков В. А. Действие и последствие вермигуматов на агроэкологические свойства с. – х. культур и их урожайность / В. А. Касатиков, И. И. Васенев, Н. П. Шабардина // Мат. III международной научно – практической конференции ведущих ученых, специалистов, предпринимателей и специалистов «Вермикомпостирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы». – Минск: ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам». – 2013. – С. 114–120.
5. Ганжара Н. Ф. Практикум по почвоведению. / Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов. / Лакин Г. Ф. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.

**INFLUENCE OF HUMIC EXTRACTION ON HEIGHT OF PLANTS OF
POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) SORTS OF 'АДРЕТТА'**

Oturina I. P., Zil'bervarg I. R., Golovan' K. A., Podoprigora V. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: niphon@mail.ru*

Thus, analysis of the results of the research indicates that humic hood activates the processes of growth of the aerial vegetative organs of potato varieties 'Adretta'. Plants grown from tubers treated, forming a tall deciduous shrubs. Increasing the number of leaves and, consequently, an increase in the area of the sheet device will undoubtedly lead to the activation of a photosynthetic function, and in which is formed the main storage material - starch flowing in phloem underground stolons, tubers forming. It should be noted that the growth of the aerial shoots stimulated sufficiently low dilutions of humic extract (0.001% solution), which indicates its high growth promoting activity. It is found out that the soakage of tubers of potato of sort of Adretta in water solution of humic extraction, before landing during 1 hour, got at alkaline treatment of biohumus, increases the amount of escapes on a bush and speed of their height. Plants growing from treat tubers form more tall. Positive influence of single of short duration treatment of planting-stock of potato is saved humic extraction during all vegetation period.

Keywords: humic substances, potatoes, growth rate.

References

1. Titov I. N., Usoev V. M. Guminovye preparaty na osnove produktov ajerobnoj biokonversii organicheskikh othodov dlja organicheskogo zemledelija. *Mater. Vseross. nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye podhody k estestvennonauchnym issledovanijam i obrazovaniju»*. Kazan', 12-13 marta 2009 g. – P. 282–286. (Kazan': Lab.operativnoj pečati TGGP Universiteta, 2009).
2. Fjodorov A. Ja. Agrojekologičeskaja jeffektivnost' primeneniya organicheskikh i mineral'nyh udobrenij pri vyrashhivanii kartofelja v uslovijah severa Jakutii: Avtoref. dis. kand. sel'skohozjajstvennyh nauk. – 18 p. (M., 2007).
3. Porsev I. N. Adaptivnye fitosanitarnye tehnologii vozdeľvan'ja osnovnyh sel'skohozjajstvennyh kul'tur v uslovijah Zaural'ja: Avtoref. dis. doktora sel'skohozjajstvennyh nauk. – 18 p. (Krasnodar, 2010).
4. Kasatikov V. A., Vasenev I. I., Shabardina N. P. Dejstvie i posledstvie vermigmatov na agrojekologičeskie svojstva s.–h. kul'tur i ih urozhajnost'. *Mat. III mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoy konferencii vedushhih uchenyh, specialistov, predprinimatelej i specialistov «Vermikompostirovanie kak osnova jekologičeskogo zemledelija v XXI veke: dostizhenija, problemy, perspektivy»*. –114 (Minsk: GNPO «NPC NAN Belarusi po bioresursam», 2013).
5. Ganzhara N. F., Borisov B. A., Bajbekov R. F. *Praktikum po pochvovedeniju*. – 280 p. (M.: Agrokonsalt, 2002).
6. Lakin G. F. *Biometrija: uchebnoe posobie dlja biol. spec. vuzov*. – 293 p. (M.: Vysshaja shkola, 1980).

Поступила в редакцию 02.12.2015 г.

УДК 635.925 (477.75)

ПАРКООБРАЗУЮЩИЕ ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ МАССАНДРОВСКОГО ПАРКА

Репецкая А. И.¹, Захаренко Г. С.¹, Маринова Ю. А.¹, Макриди И. Б.²

¹*ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия*

²*Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым, Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: anna.repetskaya@gmail.com*

Предложен новый методологический подход дифференцированного анализа аборигенных пород и экзотов при оценке современного состояния парковых сообществ. Местные виды и интродуценты играют разную роль в обеспечении устойчивости и самоподдержания парковых экосистем. Метод апробирован на примере насаждений Массандровского парка, основными паркообразующими породами которого являются аборигенные виды (дуб пушистый и фисташка туполистная) и хвойные интродуценты (вечнозеленый кипарис, ливанский и атласский кедры, итальянская, алеппская и приморская сосны).

Ключевые слова: парковое сообщество, основные паркообразующие породы, Массандровский парк, аборигенные виды, интродуценты.

ВВЕДЕНИЕ

Процессы преобразования естественных ландшафтов затрагивают все большие площади. Их степень зависит от магистрального направления и интенсивности хозяйственной деятельности в конкретной местности. Спектр формирующихся в итоге антропогенно трансформированных систем весьма широк – от радикально измененных территорий карьеров и отвалов горнодобывающих предприятий до парковых сообществ. В последнем случае мы сталкиваемся чуть ли не с уникальной формой вмешательства человека в природу, при которой происходит улучшение физиогномии экологической системы за счет усложнения ее структуры и повышения биологического разнообразия. Безусловно, этот результат имеет свою цену в виде снижения способности паркового ценоза к самоподдержанию и саморегуляции по сравнению с естественным и зависимости от внесения питательных и энергетических ресурсов извне. В отсутствие поддерживающей человеческой деятельности парковые сообщества изменяются, однако учет на этапе их конструирования биологических характеристик видов, особенностей взаимодействия между ними на фоне специфических условий среды может способствовать формированию более устойчивых природно-искусственных систем.

Первые работы по изучению биоэкологии парковой растительности были выполнены отечественными ботаниками в прошлом столетии [1–4]. Однако эти исследования не нашли активного продолжения. Экологические подходы получили

свое развитие в трудах московской, Санкт-Петербургской, Волгоградской школ ландшафтного проектирования [5–9].

Особый интерес представляет получение информации о характере взаимодействия аборигенных и интродуцированных видов как неотъемлемых компонентов всех объектов ландшафтной архитектуры в любой точке земного шара. Анализ парков, достигших, по крайней мере, 100-летнего возраста, может предоставить исследователям бесценную информацию не только о состоянии представителей инорайонной флоры в иных почвенно-климатических условиях по сравнению с естественным ареалом, но и о взаимном влиянии друг на друга растений, изучение которых в природной среде не возможно. В дальнейшем выявление высокодекоративных и устойчивых в биоэкологическом отношении сочетаний местных видов и экзотов позволит сформировать наборы перспективных древесно-кустарниковых комбинаций для определенных условий среды. На наш взгляд, это может стать одним из инструментов обеспечения длительного устойчивого развития парковых экосистем высокой декоративности и относительно небольшой затратности.

Крым является прекрасным полигоном для исследований в области парковой фитоценологии в связи с более чем 200-летней историей современного паркостроительства. Высокое ландшафтное, климатическое, почвенное и флористическое разнообразие полуострова дает возможность получения данных в широком спектре фоновых экологических показателей на относительно компактной территории. Настоящая работа посвящена одному из старейших на Южном берегу Крыма Массандровскому парку, на примере которого рассмотрен новый методологический подход к дифференцированному анализу жизнеспособности основных паркообразующих древесных пород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований явились основные дендрологические породы Массандровского парка.

Основанием для отбора группы наиболее важных паркообразующих видов древесных растений явились материалы ранее проведенной инвентаризации насаждений [10] и Проект организации территории парка [11]. Данные были актуализированы в ходе выборочного обследования, выполненного нами летом-осенью 2015 г. В ходе обследования определяли класс высоты с «шагом» 2 м, диаметр ствола на уровне 1,3 м с «шагом» 10 см.

Возраст особей аборигенных пород рассчитывали с помощью «Методики определения возраста деревьев» [12]. Для представителей инорайонной флоры использовали сведения о времени интродукции вида в Крым, истории закладки парков Южного берега, параметрах экземпляров того же вида в близких экологических условиях [13–18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Массандровский парк – один из старейших на Южном берегу Крыма. Его создание началось одновременно с Алушкинским после перехода имения Массандра в 1823 году к графу М.С. Воронцову под руководством главного садовника Карла Кебаха. В Нижней Массандре был заложен питомник, а большая часть отведена под парк [19]. В дореволюционных научных и научно-популярных изданиях он описывается как один из лучших, обширнейших и образцово содержащихся на Южном берегу [Домбровский, 1850; Безгинский, 1902: цит. по 11].

Дендрологическое богатство парка в разные годы существования оценивалось в 200–250 видов [15]. Представление о прежнем разнообразии можно получить из «Путеводителя по Крыму» 1914 года [20], где упоминаются вечнозеленые дубы, приморские и итальянские сосны, плакучий кипарис, таксодий, чилийские араукарии («самые крупные на ЮБК»), съедобные каштаны, гинкго, листопадные и вечнозеленые магнолии, бамбук, павлония, пальмы, тис, пудуб, самшит, ливанские и гималайские кедры, инжир, «громодная» веллингтония. Многие породы впоследствии были утрачены по разным причинам. А. Полканов в 1927 г. [цит. по 11] пишет о морозах 1920 года, погубивших много экзотических растений. Вероятно, именно они привели к гибели араукарий, которые в 1914 году были в прекрасном состоянии [20]. Второй причиной снижения видового богатства в послереволюционный период стала бесхозяйственность, прекращение ухода и варварское отношение населения, вырубавшего деревья и выпасавшего скот [21]. В последующие годы наиболее серьезные потери в парковой растительности произошли во время Великой Отечественной войны, а также в ходе событий последних десятилетий.

Сведения о дендрофлоре и ландшафтной организации Массандровского парка немногочисленны. Из последних исследований следует назвать работы Л. И. Улейской [22, 23]. В качестве наиболее полных предшествующих публикаций она приводит статью М. П. Волошина 1954 года [24], где автор отмечает 118 видов деревьев и кустарников. В 1991 году сотрудниками Никитского ботанического сада была проведена инвентаризация, согласно которой видовой состав включал 231 таксон деревьев, кустарников и лиан [10]. В 1999 году в ходе выполнения Проекта организации территории Массандровского парка выявлено 18 тыс. деревьев и кустарников 226 ботанических наименований, из них 172 вида отнесены к основным ландшафтообразующим породам. В их числе 970 экземпляров из 35 видов выделены как особо ценные паркообразующие растения (великовозрастные, редкие, особо ценные), в том числе 19 шт. отнесены к категории выдающихся великовозрастных особей [11]. Л. И. Улейская дает более скромную оценку видового богатства парка, приводя список из 142-х таксонов деревьев, кустарников и лиан [22].

Нами не ставилась задача выявления всего таксономического разнообразия. Основной упор в настоящей работе сделан на анализ важнейших паркообразующих пород, которые составляют дендрологический «каркас» садово-паркового объекта. Их обследование было выполнено летом-осенью 2015 года (табл. 1).

Большое место в ландшафтной организации Массандровского парка играют солитерные старовозрастные экземпляры, выступающие в роли акцентов [22, 23]. Однако мы рассматриваем настоящую работу как один из этапов по формированию набора древесно-кустарниковых групп, оптимальных с экологической и декоративной точки зрения. В связи с этим малочисленные в данном парке древесные породы не анализировали.

Таблица 1.
Паркообразующие древесные породы Массандровского парка

№	Древесная порода	Участие в составе дендрологического «каркаса» парка, %
1	<i>Дуб каменный (Quercus ilex L.)</i>	0,01
2	<i>Дуб пробковый (Quercus suber L.)</i>	0,04
3	Дуб пушистый (Quercus pubescens Willd.)	0,45*
4	Земляничник мелкоплодный (Arbutus andrachne L.)	0,01
5	<i>Кедр атласский (Cedrus atlantica (Endl.) Manetti ex Carrière)</i>	0,01
6	<i>Кедр ливанский (Cedrus libani A.Rich)</i>	0,04
7	<i>Кипарис вечнозеленый ф. пирамидальная (Cupressus sempervirens var. pyramidalis (O.Targ. Tozz.) Nyman)</i>	0,06
8	<i>Сосна апеннская (Pinus halepensis Mill.)</i>	0,02
9	<i>Сосна итальянская (Pinus pinea L.)</i>	0,05
10	<i>Сосна приморская (Pinus pinaster Aiton)</i>	0,02
11	Фисташка туполистная (Pistacia atlantica Desf.)	0,20
12	Ясень обыкновенный (Fraxinus excelsior L.)	0,01

Жирным шрифтом выделены аборигенные виды.

Вполне закономерно, что более половины наиболее старых и крупных деревьев, определяющих облик парка, составляют дуб пушистый и фисташка туполистная. Парк располагается в нижнем лесостепном поясе южного макросклона Крымских гор, где преобладают листопадные гемиксерофильные группировки [25]. Он заложен на базе естественных сообществ, в которых доминантом 1-го яруса выступает дуб пушистый с незначительной примесью ясеня высокого [11]. В этом растительном поясе к пушистоводубовым лесам может примешиваться фисташка туполистная или можжевельник высокий [25].

Из других местных видов гораздо менее обильно представлены земляничник мелкоплодный и ясень высокий. Оба они – сохранившиеся элементы естественных фитоценозов. Земляничник, в отличие от пушистого дуба, характерен для средней псевдомаквисовой полосы нижнего пояса. В пространственной организации Массандровского парка он приурочен к приморской части. Ясень – мезофильная порода, не характерная для природной растительности Южного бережья и встречающаяся выше в горных лесах Крыма, в более влажных условиях и на богатых почвах. Он практически не используется в паркостроительстве на ЮБК, в то время как в озеленении городов Предгорного Крыма находит широкое применение [26–29]. Наличие ясеня объяснимо хорошей влагообеспеченностью местности, что сделало возможным его присутствие в естественных ценозах, на базе которых заложен парк.

Если аборигенные виды составляют основу Массандровского парка, то разнообразные интродуценты, прежде всего, хвойные, определяют его характерный для южнобережных садово-парковых объектов облик. По количеству особей среди основных паркообразующих пород 20 % приходится на долю сосен, кедров и кипарисов, которые создают колористическое и текстурное богатство ландшафтно-архитектурной ткани, увеличивают разнообразие пейзажных картин, продляют период декоративности на целый год.

Невысокое обилие экзотов не уменьшает их значимости. Скорее, наоборот, будучи центром ландшафтных композиций, они выступают в качестве солитеров и ключевых элементов разновидных групп. Выпадение особей этих видов заметнее отразится на эстетических качествах парка, чем того же количества экземпляров дуба пушистого или фисташки.

К основным паркообразующим породам Массандровского парка мы также отнесли два вечнозеленых дуба – пробковый и каменный. Основным критерием служило количество крупных возрастных особей, которое составило более 2-х десятков у первого и восемь у второго. Однако участие их в сложении парковых сообществ несравненно ниже, чем аборигенного вида того же рода. По значению в создании своеобразия, атмосферности этого ландшафтного объекта, на наш взгляд, вечнозеленые дубы уступают хвойным деревьям.

Таким образом, наиболее важными с точки зрения устойчивости экологической системы Массандровского парка выступают представители естественных ценозов: дуб пушистый и фисташка туполистная, а его эстетические качества и оригинальность определяются хвойными видами: кипарисом вечнозеленым, кедром ливанским и атласским, соснами итальянской, алеппской и приморской.

Перспективы крупных садово-парковых ансамблей во многом определяет возрастная структура важнейших дендрологических пород и их потенциальное долгожительство. Нами установлены преобладающие классы возраста основных древесных видов Массандровского парка.

В работе Ю. В. Плугатаря [12] на основании таксационной базы данных типобразующих пород Крыма составлены математические модели, связывающие диаметр ствола и возраст растений. Автором приведены возрастные характеристики девяти крымских видов (в том числе дуба пушистого и фисташки туполистной) в

оптимальных для каждого условиях. Для учета влияния экотопа применены поправочные коэффициенты. Так, для регулируемой части парков они составляют от 0,5 до 0,83. В связи с варьированием условий в пределах парковой территории мы усреднили этот показатель и использовали для расчета возраста деревьев *Quercus pubescens* Willd. коэффициент 0,65. Таким образом, если дуб пушистый с диаметром ствола 30 см в оптимальных условиях имеет возраст 159 лет [12], то в парке – $159 \cdot 0,65 = 103$ года. Для фисташки туполистной с диаметром ствола 20 см автором методики возраст определен в 145 лет. Мы сочли возможным не вводить для этой древесной породы поправочный коэффициент, т.к. на территории Массандровского парка фисташка встречается в типичных экотопах.

Используя данный подход, на основании показателей толщины ствола построены диаграммы, отражающие возрастную структуру старой возрастной группы дуба пушистого и фисташки туполистной Массандровского парка (рис. 1, 2).

В старовозрастной группе *Quercus pubescens* Массандровского парка преобладают растения классов 160–185 и 185–210 лет (диаметр ствола 50–60 см и 60–70 см соответственно) (рис. 1). Дуб пушистый на Южном берегу Крыма доживает до 1000 и более лет [13]. В садово-парковых объектах, например, в арборетуме Никитского ботанического сада произрастают деревья старше 1000-летнего возраста [13, 14]. В возрастной структуре фисташки туполистной подавляющее большинство (88,3 %) составляют растения младше 200 лет (классы диаметра ствола 18–20 и 20–30 см) (рис. 2). 300–500-летние группы этого вида встречаются в сходных экологических условиях по всему ЮБК от Севастополя до Коктебеля. Примером долгожительства является памятник природы «1000-летняя фисташка» в Никитском ботаническом саду [14] и экземпляр, произрастающий в Массандровском парке, предположительно того же возраста.

Исходя из имеющихся в литературе сведений и лесотаксационных данных, можно сделать благоприятный прогноз о перспективах сохранения структуры и способности к самоподдержанию экосистемы Массандровского парка, основу которой составляют эти породы.

Применить к экотам подобный подход с использованием возраста группы, доминирующей по количеству особей в том или ином парке, не представляется возможным. Отсутствие массива информации о морфометрических показателях разновозрастных растений, аналогичного лесотаксационной базе местных видов, не позволяет выявить математические закономерности хода роста интродуцированных пород, а следовательно, статистически связать возраст особи и ее параметры, например, диаметр ствола. Экстраполировать результаты исследований, проведенных в пределах естественного ареала, на районы интродукции также недопустимо. Возрастные категории деревьев в парках можно определить либо при известном времени их посадки и возрасте саженцев, либо с использованием прецедентного подхода, основанного на предположении, что особи одного вида в сходных условиях среды, имеющие одинаковый диаметр, входят в один класс возраста. Последнее предположение весьма уязвимо и может привести к ложным выводам. Во-первых, несмотря на то, что генофонд вида в пределах района интродукции значительно обеднен по сравнению с природными популяциями,

генотипическая вариабельность у завезенных пород деревьев весьма существенна. Во-вторых, в одном парке может встречаться несколько экотопов, и особи одного возраста в силу экологической пластичности будут сильно отличаться. Соответственно, сложно назвать корректным перенос информации о возрастных характеристиках однопородных экземпляров со сходными морфометрическими показателями одного парка на другой.

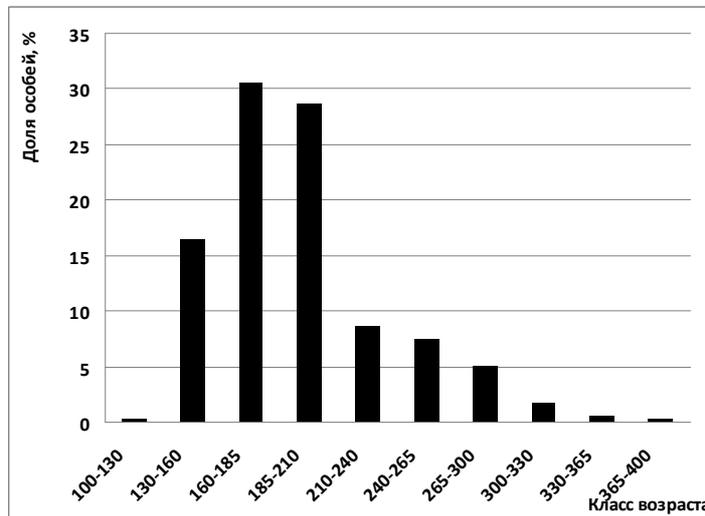


Рис. 1. Возрастная структура старой возрастной группы дуба пушистого Массандровского парка

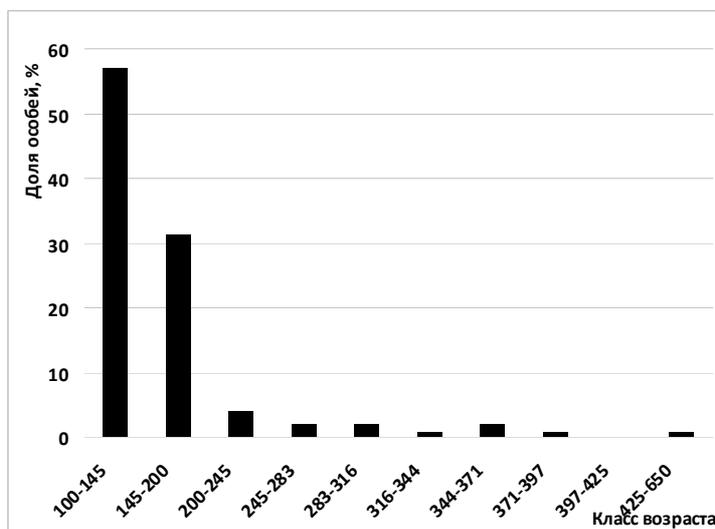


Рис. 2. Возрастная структура старой возрастной группы фисташки туполистной Массандровского парка

Проиллюстрируем это на примере сосен Массандровского парка. Половина старовозрастных хвойных в нем приходится на род *Pinus* L. Обилие итальянской сосны выше; приморская и алеппская составляют не более трети (табл.1).

Основные посадки в Верхней и Нижней Массандре были выполнены в 40-х гг. XIX в. [11, 19]. Около десятка самых крупных итальянских сосен имеют диаметр ствола 80–90 см (рис. 3). Их возраст может быть соотнесен со временем закладки парка и поскольку саженцы высаживались, по крайней мере, 5-летними, приближаться к 180-и годам.

Разными авторами приводятся следующие данные для итальянских сосен на Южном берегу: в Никитском ботаническом саду в возрасте 120 лет диаметр особей составлял 100 см, высота – 12 м и 16 м, в 154 года – высота 24 м; в Гурзуфе в 120–125 лет – высота 16 м, диаметр 105 см; в Алушке 115 лет – высота 17 м, диаметр 95 см. А. И. Колесников отмечает, что в молодом возрасте (10–40 лет) итальянская сосна растет быстро, позже ее рост замедляется [13–15].

Одновременно с Массандровским был основан парк имени «Карасан» [17]. Одно из центральных мест в нем занимает роща итальянских сосен. Наше обследование 2015 года показало, что максимальный диаметр ствола в ней составляет 84 см, а преобладают экземпляры классов 40–50, 50–60 и 60–70 см. На их долю приходится почти 90 % растений, т.е. в этом парке старовозрастные пинии имеют еще меньшую толщину ствола, чем в Массандровском.

О параметрах сосны алеппской в условиях интродукции на ЮБК можно найти противоречивую информацию. В Массандре диаметр ствола особей этой древесной породы варьирует от 50 до 100 см (рис. 3). В НБС в 100 лет она имела высоту 12 м, диаметр ствола 59 см, в Алушке на лучшей почве в том же возрасте – высоту 18 м, диаметр ствола почти в 2 раза больше – 120 см, в Суук-Су в 50 лет – высоту 10 м, диаметр ствола 35 см [13, 15]. В каталоге НБС [14] указана сосна алеппская 149-ти лет высотой 18 м.

По результатам нашего обследования Меллаского парка (июль 2015 г.) особи этого вида в старой части рядом с дворцом графа Л. А. Перовского имели ствол толщиной 60–70 см при высоте 20 м. Они были высажены при создании дворца в период интенсивного усадебного и паркового строительства Крыму в 30-х годах XIX века [30] и входят в класс возраста 180–200 лет.

Приморская сосна встречается в парках Южнобережья реже предыдущих. В Никитском саду 100-летний экземпляр имел высоту 13 м, диаметр ствола 41 см; в возрасте 129 года высота составляла 16 м [14, 15].

Как видно из вышеприведенных данных, в условиях ЮБК диаметр и высота средиземноморских сосен широко варьируют, и сделать более или менее определенный вывод об их возрасте, базируясь на морфометрических показателях, весьма затруднительно.

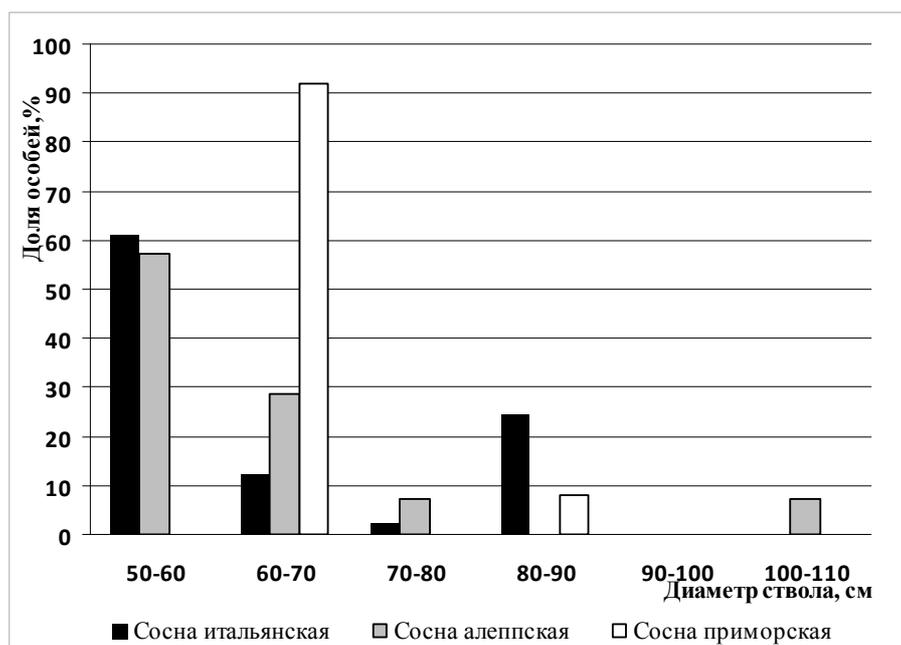


Рис. 3. Распределение по диаметру ствола сосен старой возрастной группы Массандровского парка

Вторым ограничением использования возрастного критерия для прогноза устойчивости экзотов в составе парковых комплексов является отсутствие достоверных сведений об их предельном возрасте вне природного ареала. На Юге России интенсивная интродукционная деятельность началась с созданием Никитского ботанического сада в 1812 году. Около 200 лет назад в культуру был введен ряд долгоживущих на родине древесных видов, которые попросту еще не дожили до своего возрастного предела, а гибель отдельных экземпляров (и даже большого их количества) может быть связана с причинами экологического, фитопатогенного, агротехнического и иного характера.

Итальянская и алеппская сосны были интродуцированы одними из первых – в 1813–14 гг., алеппская повторно в 1821 г. *Pinus pinaster* появилась в нашей стране несколько позже – в 1839 году [13], т. е. крымские экземпляры этого вида в настоящий момент не могут быть старше 176 лет. По данным А. И. Колесникова, сосна итальянская доживает до 500 лет [15]. В то же время И. А. Забелин отмечает потерю декоративности и частую гибель 100-летних пиний на ЮБК [31]. В качестве предельного возраста алеппской сосны А. И. Колесников [15] называет 100–150 лет, а другие авторы приводят сведения о гибели растений этой породы на ЮБК в возрасте около 100 лет [13]. Находящиеся в разных садово-парковых ансамблях Южного берега Крыма экземпляры средиземноморских сосен (и других хвойных экзотов), приближающиеся к 180–200-летней отметке и имеющие хорошее жизненное и декоративное состояние, заставляют пересмотреть представления о сроках их жизни в условиях сухих субтропиков Южного берега Крыма.

Возвращаясь к Массандровскому парку, можно отметить, что преобладающий класс диаметра у итальянской и алеппской сосен – 50–60 см (рис. 3). У приморской 90 % возрастных особей имеют ствол толщиной 60–70 см. По мнению Л. И. Улейской [23], возраст Массандровской роши из 19 экз. пиний, диаметр ствола которых не превышал 60 см, – около 100 лет. Исходя из вышеизложенного, сложно сделать однозначный вывод. Возможно, преобладающие в старой возрастной группе итальянские и алеппские сосны диаметром 50–60 см не превысили вековой рубеж. С другой стороны, экологическая пластичность вида может выражаться в относительной миниатюризации растений в менее оптимальных микросайтах парка, не ведущей к снижению жизнеспособности и потере декоративности. Массандровские пинии имеют хорошее жизненное состояние и эстетические характеристики [22, собственные наблюдения]. Предпосылок потери декоративности и гибели в 100-летнем возрасте, на что указывал И. А. Забелин [31], не наблюдается. Скорее, можно сделать положительный прогноз об их существовании в составе парковых насаждений Массандры на ближайшие несколько десятков лет (в отсутствие усиления негативного антропогенного влияния).

Важную роль в композиционной структуре Массандровского парка играют и другие представители инорайонной флоры хвойных: ливанские и атласские кедры (табл. 1). Основная масса возрастных особей находится в хорошем жизненном состоянии и обладает высокой декоративностью [22, собственные наблюдения]. Диаметр ствола старых растений у *Cedrus libani* варьирует от 50 до 110 см, у *Cedrus atlantica* – в более узком диапазоне – от 60–90 см (рис. 4).

Для кедров соотносить морфометрические показатели с возрастом еще сложнее, чем для видов рода *Pinus* L. В связи с большей морозостойкостью они распространены в интродукции шире теплолюбивых средиземноморских сосен. В частности, ливанский кедр активно используется в городском озеленении населенных мест Предгорного Крыма – от Севастополя до Феодосии [26–29]. Произрастая в большем спектре экологических условий, эти породы демонстрируют высокую пластичность. Даже в пределах одной территории, выровненной по климатическим факторам, морфометрические показатели растений весьма изменчивы. Так, в Ботаническом саду Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь) произрастает около 150 особей кедра ливанского в возрасте 45–50 лет. Диапазон варьирования значений диаметра ствола составляет 10–76 см [собственные наблюдения]. На Южном берегу в Никитском ботаническом саду 100-летние экземпляры имели диаметр 80 см, высоту 17–19 м [14, 15].

С. И. Кузнецов [16] приводит данные о параметрах атласского кедра на родине, в Среднем Атласе: в возрасте 90 лет на среднеплодородных вулканических почвах диаметра ствола особей составляет 60 см, на известковых – в два раза меньше. В лесных культурах на юго-западе Франции и в Пиренеях к 70 годам растения достигают 60–70 см в толщину и 30 м в высоту. В Крыму для ЮБК в литературе приводятся такие сведения: в НБС типичная форма *Cedrus atlantica* имела в возрасте 75 лет высоту 15 м и диаметр 87 см; в Суук-Су серебристая форма в 60 лет – 16 м и 46 см, а голубая в 40 лет при той же высоте – толщину 38 см [15].

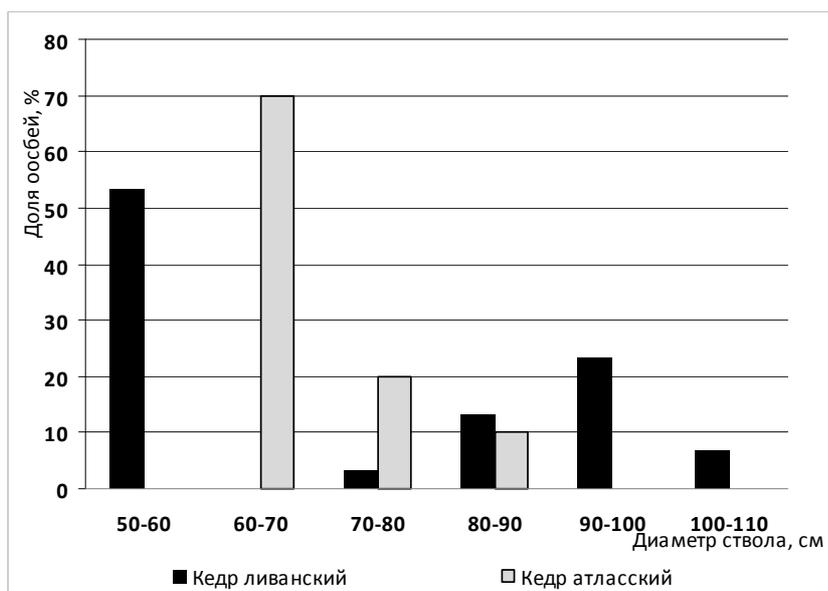


Рис. 4. Распределение по диаметру ствола кедров старой возрастной группы Массандровского парка

В пределах естественного ареала, в Ливане отдельные экземпляры *Cedrus libani* достигают 40 м высоту при диаметре ствола 4–4,5 и доживают до 1000 лет [16]. В России в культуру кедры были введены в Никитском ботаническом саду: ливанский – в 1826 г., атласский – на четверть века позднее, в 1850 г. [13]. На наш взгляд, предельный возраст кедров в условиях интродукции в Крыму еще не достигнут и перспективы их сохранения в структуре южнобережных парков в ближайшие десятилетия весьма реальны. В Массандровском парке следует обратить внимание на самые крупные особи, достигающие 1 м в толщину, и рассмотреть вопрос о посадке «дублеров».

Особую роль в садово-парковых композициях на ЮБК играют пирамидальные кипарисы, возвышающиеся над основной массой деревьев. В Массандровском парке подавляющее большинство составляют стройные (20–30 см толщиной), хотя уже довольно высокие особи (15–19 м), возраст которых, вероятно, не превышает 50 лет. Кульминацией верхней части парка является площадка с водоемом неправильной округлой формы в окружении мощных кипарисов, подобные которым, по мнению Родичкина [17], имеются лишь в НБС, где *Cupressus sempervirens* был интродуцирован в 1813 году [13, 14]. Диаметр ствола старых массандровских кипарисов превышает 80, а то и 100 см (рис. 5). Ни в Алушкинском, ни в Ливадийском парках таких монументальных экземпляров нет или они очень редки [16].

В литературе отмечается долговечность вечнозеленого кипариса в пределах естественного ареала: до 2000 лет на Ближнем Востоке, до 500 лет в Южной Европе. Порода относится к быстро растущим, достигающим предельной высоты к 100

годам. На ЮБК кипарис, по данным А. И. Колесникова [15], недолговечен и часто гибнет от сердцевинной гнили в 100–120 лет.

Существует мнение, что самыми старыми кипарисами на полуострове, сохранившимися до наших дней, являются два 200–210-летних дерева, произрастающие с двух сторон от входа в музей А. С. Пушкина в Гурзуфе [18]. Они имеют окружности ствола 250 и 190 см, что соответствует диаметру 80 и 60 см соответственно. Вместе с тем произрастающий на террасе за зданием музея экземпляр, известный как «Пушкинский кипарис», имеет ствол обхватом 263 см, т. е. 83 см в диаметре. На основании имеющихся данных о морфометрических характеристиках этих растений, приведенных А. Л. Бертье-Делагардом 100 лет назад [32], авторы приходят к выводу, что более крупный экземпляр кипариса имеет меньший возраст – около 160–170 лет. Стоит отметить, что пристальное внимание исследователей к этим растениям, что объясняется связью с личностью А. С. Пушкина, предоставило возможность отследить динамику роста кипариса вечнозеленого на протяжении 200 лет в условиях ЮБК. После 100–120-летнего возраста темпы нарастания в толщину у особей этой древесной породы сильно снижаются. Так, в 1937 году, в 125-летнем возрасте они имели диаметр ствола до 74 см [15], а сейчас у самого крупного зарегистрировано 83 см в толщину [18].

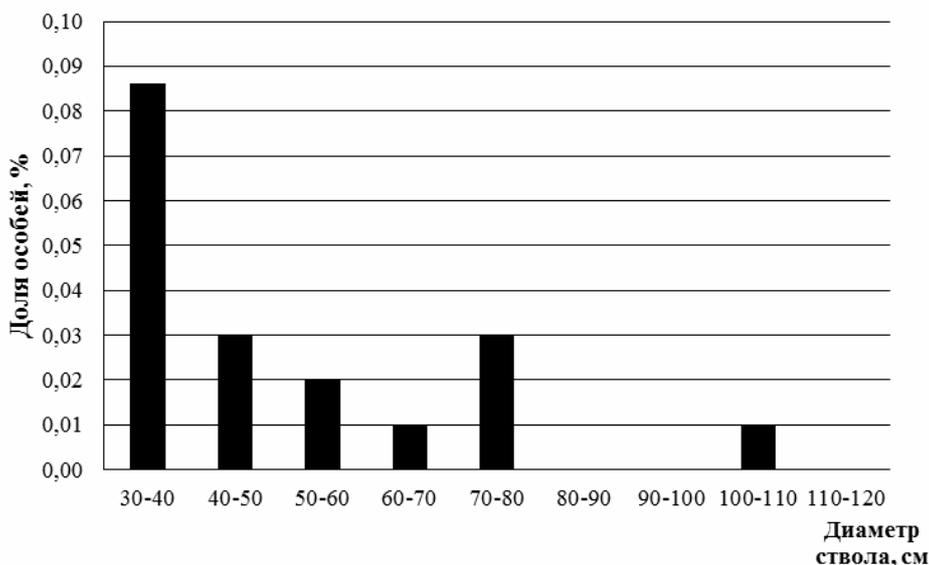


Рис 5. Распределение по диаметру ствола кипариса вечнозеленого старой возрастной группы Массандровского парка

Этот частный случай служит еще одним доказательством затруднительности выводов о возрасте экзотов на основании значений их диаметра или высоты. Однако толщина ствола 80–100 см у пирамидальных кипарисов Массандры явно свидетельствует об их долгожительстве. Мы склонны предположить, что эти мощные экземпляры входят в класс возраста 180–200 лет и были высажены в

первые годы создания парка. Как и в случае с наиболее мощными кедрями, представляется целесообразной высадка молодых деревьев-«дублеров».

Парк как живая система проходит ряд этапов в ходе своего существования. Для прогноза его развития требуется разработка методологических подходов, позволяющих объективно оценить современное состояние и возможные сценарии дальнейших событий. Если составляющие его основу древесные породы являются аборигенными, а их популяции обладают способностью к самоподдержанию, то степень вмешательства человека будет определять оригинальность и экзотичность парка. Так, активные усилия садовников привели в XIX веке к созданию в Массандре парка, насыщенного «образчиками средиземноморской и даже тропической флоры» [Безгинский, 1902: цит. по 11]. После прекращения интенсивной поддерживающей деятельности и выпадения ряда видов сохранились наиболее долговечные интродуценты, устойчивые в почвенно-климатических условиях ЮБК и менее требовательные к уходу. На новом этапе парк частично изменился, но не утратил свой облик полностью.

В 70-80-е годы XX века была проведена масштабная реконструкция Массандровского парка в связи со строительством рядом с ним комплекса «Ялта-Интурист» и увеличением потока посетителей. Была реконструирована водная система, включающая каскады и водоемы, в связи с чем претерпела изменения композиционная структура отдельных участков. Возросла роль инертных материалов за счет создания подпорных стенок и рокариев из крупных валунов с хвойными кустарниками. Для восстановления древесно-кустарниковых композиций высажены растения-«дублеры» [11, 17]. Исторический парк приобрел более современный облик.

Последние пару десятилетий вновь произошло снижение интенсивности уходовых работ, что способствовало выпадению ряда ценных растений, зарастанию самосевом. И вновь это не повлекло за собой разрушения садово-паркового объекта как единого целого. Для поддержания облика парка, обновленного в ходе реконструкции, достаточно незначительного вмешательства, заключающегося в замене погибших древесных экземпляров, бывших центрами садово-парковых композиций, и ухода за молодыми растениями в первые годы жизни.

Однако новая проблема, приобретающая в последние десятилетия масштабы бедствия для Южного берега, грозит уничтожить Массандровский парк, как это произошло с другими объектами ландшафтной архитектуры ЮБК, например, парком санатория «Ясная поляна». Варварское изъятие земельных участков и частная застройка в парковой зоне Южного берега Крыма ведет к фрагментации целостных садово-парковых ансамблей, ухудшению экологических условий и гибели растений из-за нарушения системы инженерных коммуникаций, влияния транспорта, интенсивной рекреационной нагрузки. Происходит прямое уничтожение ценных старовозрастных деревьев. Экологическая система исторических парков способна к самоподдержанию, а сохранение эстетических достоинств возможно при незначительном участии человека. Но их существование как образцов садово-паркового искусства возможно только при возвращении изъятых участков и условии запрета нового строительства в парковой зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В основу методологии оценки современного состояния и прогноза устойчивости и самоподдержания парковых экосистем представляется целесообразным положить дифференцированный подход к анализу аборигенных пород и экзотов. Для представителей местной флоры можно использовать возрастной критерий, основанный на статистической связи возраста и морфометрических характеристик особей с учетом условий экотопа. Для интродуцентов необходимо использовать комплексную оценку, включающую параметры растений, их жизненное состояние и эстетические качества.
2. Основными паркообразующими породами Массандровского парка являются аборигенные виды – дуб пушистый и фисташка туполистная. Из интродуцентов наиболее важную роль играют хвойные виды (пирамидальный кипарис, ливанские и атласские кедры, средиземноморские сосны), выступающие в качестве композиционных центров ряда фрагментов парка. Среди наиболее крупных деревьев ведущих пород преобладают особи средних классов. Они находятся в хорошем и удовлетворительном жизненном состоянии, обладают высокой декоративностью и не достигли предельного возраста. Это позволяет сделать благоприятный прогноз на ближайшую перспективу в отношении устойчивости парковых композиций с участием хвойных интродуцентов и поддержания целостности и самобытности Массандровского парка.
3. Анализ сведений по прошлому и настоящему Массандровского парка позволяет сделать вывод, что для сохранения неповторимого облика Южнобережья Крыма, который связан с формировавшейся на протяжении двух столетий единой парковой зоной, требуется неотложное государственное вмешательство. Необходимо принятие мер по регулированию застройки Южного берега Крыма и прекращению разрушения приморских ландшафтов, уничтожения уникальных естественных сообществ и исторических парков, являющихся частью сокровищницы российского садово-паркового искусства.

*Работа выполнена при поддержке гранта **РФФИ № 15-29-02596** «Биоэкологические основы оптимизации состава и структуры парковых сообществ».*

Список литературы

1. Бялович Ю. П. Введение в культурфитоценологию / Ю. П. Бялович // Советская ботаника – 1936. – №2. – С. 21–36.
2. Ларина Т. Г. Методические указания по изучению парковых сообществ / Т. Г. Ларина, А. А. Анненков. – Ялта: ГНБС, 1980. – 28 с.
3. Ниценко А. А. Сады и парки как объект геоботанического исследования / А. А. Ниценко // Вестник Ленингр. ун-та. Биология. – 1969. – №15. – Вып. 3. – С. 54–62.
4. Тамм Х. Э. Антропотолерантность биоценозов и изучение садово-парковых комплексов / Х. Э. Тамм // Антропотолерантность наземных биоценозов и прикладная экология. – Таллин, 1977. – С. 99–102.

5. Боговая И. О. Ландшафтное искусство / И. О. Боговая, Л. М. Фурсова – М.: Агропромиздат, 1988. – 223 с.
6. Боговая И. О. Озеленение населенных мест / И. О. Боговая, В. С. Теодоронский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
7. Иванова Н. В. Эколого-эстетические основы регионального проектирования озеленения городов / Н. В. Иванова – Волгоград: Изд-во ВолгГА-СУ, 2006. – 156 с.
8. Теодоронский В. С. Объекты ландшафтной архитектуры / В. С. Теодоронский, И. О. Боговая – М.: МГУЛ, 2003. – 300 с.
9. Теодоронский В. С. Садово-парковое строительство и хозяйство / В. С. Теодоронский, А. И. Белый – М.: Стройиздат, 1989. – 351 с.
10. Материалы дендрологической инвентаризации Массандровского парка. Исполнители: Галушко Р. В., Слизык В. В., Юшкова О. И., Соколова Т. Л. – Ялта: ГНБС, 1991.
11. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка и внедрение проектов организации территории парков-памятников садово-паркового искусства (Массандровский, Ливадийский, Мисхорский) АР Крым». Т.1. Проект организации территории Массандровского парка-памятника садово-паркового искусства общегосударственного значения. – Ялта, 1999. – 201 с.
12. Плугатарь Ю. В. Методика определения возраста деревьев / Ю. В. Плугатарь // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2011. – Вып. 2. – С. 122–148.
13. Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. – М. – Л.: Изд-во АН СССР. – Т.1. Голосеменные, 1949. – 463 с. – Т.2. Покрытосеменные, 1951. – 610 с.
14. Каталог дендрологической коллекции арборетума Государственного Никитского ботанического сада. – С.: Таврида, 1970. – 90 с.
15. Колесников А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.
16. Кузнецов С. И. Основы интродукции и культуры хвойных Древнего Средиземноморья на Украине и в других районах юга СССР / С. И. Кузнецов – Киев: Наукова думка, 1984. – 124 с.
17. Родичкин И. Д. Сады, парки и заповедники Украинской ССР. Заповедная природа, преобразованный ландшафт, садово-парковое искусство / И. Д. Родичкин, О. И. Родичкина, И. Л. Гринчак, В. С. Сергеев, П. И. Фещенко – К.: Будівельник, 1985. – 167 с.
18. Севастьянов В. Е. Первые кипарисы в Крыму / В. Е. Севастьянов, Г. С. Захаренко // Труды Никитского ботанического сада. – 2012. – Т. 134. – С. 413–425.
19. Сергеев В. С. Силуэты Ялтинского побережья. Архитектурно-исторические очерки / В. С. Сергеев – Ялта, Киев: Яникс, 1998. – 224 с.
20. Крым: Путеводитель / под ред. К. Ю. Бумбера, Л. С. Вагина, Н. Н. Клепина, В. В. Соколова; Крымское общество естествоиспытателей и любителей природы. – Часть I: Очерки Крыма / Н. И. Андрусов, А. С. Башкиров, С. А. Зернов, Н. Н. Клепинин, С. А. Мокржецкий, В. Ф. Нейенкирхен, М. Н. Сарандинаки, А. А. Яната; Часть II: Справочная: Путеводитель. – Симферополь: Тип. Таврич. губ. земства, 1914. – 688 с.
21. Крым: Путеводитель / под ред. И. М. Волошинова, В. В. Лункевича, И. И. Пузанова, А. О. Штекера; Крымское общество естествоиспытателей и любителей природы. – Ч. I: Очерки Крыма / А. С. Башкиров, Г. А. Бонч-Осмоловский, А. В. Вознесенский, Е. В. Вульф, Н. Н. Клепинин, А. М. Лункевич, П. В. Никольский, А. Д. Петровский-Ильенко, С. П. Попов, И. И. Пузанов; Ч. II: Справочник. – Симферополь: Крымгиз, 1929. – 614 с.
22. Улейская Л. И. Дендрофлора Массандровского парка и оценка ее состояния в начале XXI столетия / Л. И. Улейская // Бюлл. Никитского ботанического сада. – 2007. – Вып. 94. – С. 31–37.
23. Улейская Л. И. Особенности образно-пространственной структуры Массандровского парка / Л. И. Улейская // Бюлл. Никитского ботанического сада. – 2007. – Вып. 95. – С. 18–20.
24. Волошин М. П. Парки ЮБК и перспективы их развития / М. П. Волошин // Бюлл. Главн. ботан. сада. – 1954. – Вып. 17. – С. 35–38.
25. Григора И. М. Растительность Украины (эколого-ценотический, флористический и географический обзор) / И. М. Григора, В. А. Соломаха – К.: Фитосоциоцентр, 2005. – 452 с.
26. Вишневский С. О. Центральный парк культуры и отдыха в г. Симферополь – первый объект ландшафтной архитектуры губернского города: история и современное состояние /

- С. О. Вишневский, Е. Ю. Ступников // Материалы VII Международных чтений памяти Т. Б. Дубяго «Парки Советского периода». – С.-П.: СПбГЛТА, 2015. – С. 38–45.
27. Потапенко И. Л. Декоративные древесные растения г. Феодосии / И. Л. Потапенко, В. Ю. Летухова, О. Г. Розенберг, Е. В. Диордиенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия Биология, химия. – 2014. – Т.27 (66), № 5. – С. 119–132.
28. Репецкая А. И. Ботанический сад Таврического национального университета им. В. И. Вернадского / А. И. Репецкая, И. Г. Савушкина, В. В. Леонов, Л. Ф. Кирпичева – К.: Лыбидь, 2008. – 232 с.
29. Репецкая А. И. Дендрофлора Комсомольского парка г. Феодосии / А. И. Репецкая, Н. В. Ворошилова, И. Г. Савушкина, Л. В. Чертвертак // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып. 9. – С. 77–85.
30. Моисеенкова Л. С. Жизнь без боли, страха и страданий / Л. С. Моисеенкова, П. Н. Марциновский // Россия. Третье тысячелетие. Вестник актуальных прогнозов – 2005. – №. 12, Т.1. Жизнь под знаком качества. – С. 154–156.
31. Забелин И. А. Итоги и перспективы интродукции шишконосных на Южном берегу Крыма / И. А. Забелин // Труды Никит. ботан. сада. – 1959. – Т.29. – С. 95–111.
32. Бертъе-Делагард А. Л. Память о Пушкине в Гурзуфе / А. Л. Бертъе-Делагард // Пушкин и его современники: Материалы и исследования. – СПб., 1913. – Вып. 17/18. – С. 77–155.

THE MAIN TREE SPECIES FORMING MASSANDRA PARK

Repetskaya A.¹, Zacharenko G.¹, Marinova J.¹, Makridi I.²

¹ *V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation*

² *Ministry of Ecology and Natural Resources of Republic of Crimea, Simferopol, Russian Federation*

E-mail: anna.repetskaya@gmail.com

Native species and introducents play different roles in sustaining and self-maintenance of park ecosystems. A new methodological approach of differentiated analysis of native species and exots in the evaluation of the current state of the park communities are proposed. The method was tested on the example of the Massandra park. The age criterion based on the statistical relationship of age and morphometric characteristics of individuals with regard to the ecotope conditions may be used for the species of local flora. A comprehensive assessment that includes the parameters of the plants, their living condition and aesthetic quality recommend for using for the exotic species.

The Massandra park - one of the oldest on the Southern coast of Crimea. Its creation began simultaneously with the Alupka park after the transition the Massandra estate to the Count MS Vorontsov in 1813. The main gardener was Karl Kebah. The dendrological variety of the park is estimated as 200–250 species in different years. The main park-forming native species are *Quercus pubescens* Willd., *Pistacia atlantica* Desf., *Arbutus andrachne* L. и *Fraxinus excelsior* L. They are the surviving elements of the natural communities. More than half of the oldest and largest trees are *Quercus pubescens* and *Pistacia atlantica*. Major roles from exotic species play *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* (O.Targ. Tozz.) Nyman, *Cedrus libani* A.Rich, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière, *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus ilex* L., *Quercus suber* L. Coniferous trees are compositional centers of a number of fragments of the park.

The representatives of the natural cenoses *Quercus pubescens* and *Pistacia atlantica* are most important for the stability of the ecological system of the Massandra park. The aesthetic qualities and originality of the Massandra park are determined by coniferous species – *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* and *Pinus pinaster*.

Currently the reliable information about the age limit for many exotic species outside the natural distribution area is absent. In the south of Russia intensive introductions activity began with the creation of the Nikita Botanical Gardens in 1812. A number of long-lived tree species was introduced about 200 years ago. In our opinion their potential longevity is not yet implemented in the South coast of Crimea. The loss of individual specimens (and even a large number of them) may be associated with environmental factors, plant pathogenic, agro-technical and other reasons.

The individuals of the middle classes of diameter are dominated among the largest trees leading conifers species. They have the good life condition and demonstrate the high decorativeness. For our opinions this trees have not reached the age limit in the South coast of Crimea. This allows us to make a favorable forecast for the near future in relation to the stability of landscape compositions with conifers and of maintaining the integrity and identity of the Massandra park.

The historical parks of the Southern coast of Crimea are part of the treasury of the Russian landscape art. The urgent government intervention need for their preservation. The measures should be taken to regulate the building on the Southern coast of Crimea and to stop the destruction of coastal landscapes and objects of landscape architecture.

Keywords: park community, park-forming tree species, Massandra park, native species, introducents.

References

1. Byalovich Y. P. Introduction in culture phytocenology, *Soviet botany*, **2**, 21 (1936).
2. Larina T. G., Annenkov A. A. *Guidelines for the Study of the park communities*, 28 p. (GNBS, Yalta, 1980).
3. Nicenko A. A. Gardens and parks as an object of geobotanical study, *Vestnik Leningrad. Univ. Biology*, **3**, №15, 54 (1969).
4. Tamm J. E. Anthropotolerance of the biocenoses and study of the landscaping complexes, *Anthropotolerance of terrestrial biocenosis and Applied Ecology*. (Tallinn, 1977), p. 99.
5. Bogovaya I. O., Fursova L. M. *Landscape art*, 223 p. (Agropromizdat, Moscow, 1988).
6. Bogovaya I. O., Teodoronsky V. S. *Urban greening*, 239 p. (Agropromizdat, Moscow, 1990).
7. Ivanova N. V. *Ecological and aesthetic basis for regional design of the urban greening*, 156 p. (Publishing house VolgGA, Volgograd, 2006).
8. Teodoronsky V. S., Bogovaya I. O. *Objects of Landscape Architecture*, 300 p. (MSFU, Moscow, 2003).
9. Teodoronsky V. S., Belij A. I. *Landscape construction and agriculture*, 351 p. (Stroyizdat, Moscow, 1989).
10. Galushko R. V., Slizik V. V., Yushkova O. I., Sokolov T. L. The Materials of the dendrological inventory of Massandra park, (GNBS, Yalta, 1991).
11. Report on the research project "Development and implementation of projects of territory planning the parks-monuments of landscape art (Massandra, Livadia, Miskhor) of Autonomous Republic of Crimea." V.1. The project of territory planning Massandra park-monument of landscape art of national importance, 201 p. (Yalta, 1999).

12. Plugatar` Y. V. Methods of determining the age of trees, *Scientific Notes of the nature reserve "Cape Mart`jan"*, **2**, 122 (2011).
13. Trees and shrubs of the USSR. Wild, cultured and perspective for the introduction. Vol.1. Gymnosperms, 463 p. (Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, Leningrad, 1949). Vol.2. Angiosperms, 610 p. (Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, Leningrad, 1951).
14. *Catalog of the dendrological collection of Nikita State botanical garden*, 90 p. (Taurida, Simferopol, 1970).
15. Kolesnikov A. I. *Decorative dendrology*, 704 p. (Forest Industry, Moscow, 1974).
16. Kuznetsov S. I. The basics of introduction and cultivation of the ancient Mediterranean conifers in the Ukraine and other parts of southern USSR, 124 p. (Naukova Dumka, Kiev, 1984).
17. Rodichkin I. D., Rodichkina O. I., Grinchak I. L., Sergeev V. S., Feshenko P. I. *Gardens, parks and reserves of the Ukrainian SSR. Reserved nature, transformed landscape, landscape art*, 167 p. (Budivelnik, Kiev, 1985).
18. Sevastyanov V. E., Zakharenko G. S. First cypresses in Crimea, *Proceedings of the Nikitsky botanical garden*, **134**, 413 (2012).
19. Sergeev V. S. *Silhouettes of the Yalta coast. Architectural and historical essays*, 224 p. (Yaniks, Yalta, Kiev, 1998).
20. *Crimea: Guide*, Ed. K.Y. Bumber and other. Part I: Essays of the Crimea; Part II: Handbook: Guide, 688 p. (Printing house of Taurida gubernia Zemstvo, Simferopol, 1914).
21. *Crimea: Guide*, Ed. I. M Voloshinov and other. Part I: Essays of the Crimea; Part II: Handbook: Guide, 614 p. (Krimgiz, Simferopol, 1929).
22. Uleyskaya L. I. Dendroflora of the Massandra Park and assessment of its status at the beginning of XXI century, *Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden*, **94**, 31 (2007).
23. Uleyskaya L. I. Features volume and spatial structure of the Massandra Park, *Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden*, **95**, 18 (2007).
24. Voloshin M. P. South Coast of Crimea Parks and prospects of developing, *Bulletin of the Main Botanical Garden*, **17**, 35 (1954).
25. Grigora I. M., Solomaha V. A. *The vegetation of Ukraine (eco-coenotic, floral and geographical survey)*, 452 p. (Fitosotsiocenter, Kiev, 2005).
26. Vishnevsky S. O., Stupnikov E. J. Central Park of Culture and Rest in Simferopol – the first object of landscape architecture of gubernia town: history and current status, *Proceedings of the VII International Readings in memory of T.B. Dubyago "Park of the Soviet period."* (SPbGLTA, St.-Peterburg, 2015), p. 38.
27. Potapenko I. L., Letuhova V. Y., Rosenberg O. G., Diordienko E. V. Ornamental woody plants of Feodosia, *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. Biology, Chemistry*, **27 (66)**, **5**, 119 (2014).
28. Repetskaya A. I., Savushkina I. G., Leonov V. V., Kirpicheva L. F. *The Botanical Garden of Taurida V.I. Vernadsky National University*, 232 p. (Lybid, Kiev, 2008).
29. Repetskaya A. I., Voroshilova N. V., Savushkina I. G., Chertvertak L. V. Dendroflora of the Komsomolsky Park of Feodosia, *Ecosystems, their optimization and protection*, **9**, 77 (2013).
30. Moiseenkova L. S., Martinsovski P. N. Life without pain, fear and suffering, *Russia. The third millennium. Bulletin of actual forecasts*, **1, 12**, 154 (2005).
31. Zabelin I. A. Results and prospects of the introduction of coniferous on the Southern Coast of Crimea, *Proceedings of the Nikitsky botanical garden*, **29**, 95 (1959).
32. Berthier-Delagarde A. L. The memory of Pushkin in Gurzuf, Pushkin and his contemporaries: Materials and Research, **17/18**, 77 (1913).

Поступила в редакцию 06.12.2015 г.

УДК 712.3:635.92(477.75)

КУЛЬТИВИРУЕМАЯ ДЕНДРОФЛОРА Г. БЕЛОГОРСКА (РЕСПУБЛИКА КРЫМ)

Репецкая А. И., Савушкина И. Г., Колосюк Е. С.

*Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: anna.repetskaya@gmail.com*

Проведен анализ систематической, экоморфологической и ботанико-географической структуры зеленых насаждений общего пользования г. Белогорска. Дана оценка фитосанитарного состояния. Выполнено детальное обследование насаждений старой части города, включающее анализ возрастной структуры, морфометрических параметров растений. Показана необходимость проведения работ по созданию новых и реконструкции существующих зеленых насаждений города.

Ключевые слова: дендрофлора, древесно-кустарниковые растения, озеленение, насаждения общего пользования, ассортимент, Белогорск.

ВВЕДЕНИЕ

Для всех развитых стран мира экологическая ситуация, складывающаяся в городах, является предметом особого внимания официальных властей всех уровней, политических партий и общественных движений, средств массовой информации и широких слоев населения. Зеленые насаждения являются органичной частью планировочной структуры современного города и выполняют в нем разнообразные функции, способствующие созданию оптимальных условий для труда и отдыха жителей. Основные из них – оздоровление воздушного бассейна и улучшение микроклиматических условий в пределах урбозкосистем.

Работы по изучению таксономической структуры зеленых насаждений городов России в настоящее время довольно многочисленны [1–5 и др.]. В Крыму такие исследования также проводились как для муниципальных образований в целом [6–8], так и для отдельных элементов зеленого каркаса города [9–13].

Одной из основных проблем в зеленом строительстве крымских городов является отсутствие современной концептуальной (взаимосвязанной) системы озеленения. Создание такой системы возможно только при наличии актуальной базы данных зеленых насаждений. К сожалению, в большинстве населенных мест Крыма работы по инвентаризации коммунальными службами не проводились несколько десятилетий, что значительно затрудняет проведение и планирование мероприятий по реконструкции и развитию городского озеленения. Белогорск в этом плане не является исключением. Древесно-кустарниковая растительность города характеризуются низким видовым разнообразием, общей угнетенностью. Площадь зеленой зоны явно недостаточна. В связи с этим изучение состава и

состояния деревьев и кустарников Белогорска, разработка рекомендаций по оптимизации зеленых зон города весьма своевременны и имеют важное практическое значение.

Целью настоящей работы является анализ древесно-кустарниковых насаждений общего пользования г. Белогорска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Белогорск, один из старинных городов Крыма, расположен в центральной части полуострова, в долине реки Биюк-Карасу и ее притоков. В настоящее время это административный центр Белогорского района, в который также входят 1 поселковый и 78 сельских населенных пунктов. Город не относится к категории промышленных. Экономика преимущественно представлена предприятиями торговли и сферы услуг. Площадь города составляет 5,42 км².

Согласно схеме агроклиматического районирования, Белогорск находится в центральной части Восточного Предгорного агроклиматического района [14]. Климат на основной части территории теплый, полусухой, с мягкой зимой, переходный от степного к горно-лесному – предгорный лесостепной. Средняя годовая температура воздуха – 9,2–10,3 °С. Средняя температура самого теплого месяца (июля) – +19,4 – +22,3 °С, самого холодного (января) – -0,5 – +2,0 °С. В июле в полдень температура воздуха поднимается до + 27,5–28,5 °С, в отдельные годы до + 36–40 °С. На поверхности почвы температура в июле повышается до +64–68 °С, в феврале понижается до -29–33 °С. Средняя глубина промерзания почвы – 19–24 см, минимальная – 5–6 см, максимальная – 33–52 см. Годовое количество осадков – 500–600 мм/год. Максимум осадков наблюдается в июне, минимум – в феврале–апреле. Годовая продолжительность солнечного сияния – 2250–2300 ч/год [14, 15]. Белогорский район обеспечивают водой три водохранилища: Белогорское, Тайганское и Балановское. Большое значение имеют водные ресурсы рек Биюк-Карасу, Бурульча, Зуя, Кучук-Карасу, Су-Индол, протекающих по территории Белогорского района.

Изучение дендрофлоры города проводили в 2012–2015 гг. Работу по ботанической инвентаризации зеленых насаждений общего пользования выполняли с применением методов сплошного обследования, согласно методике инвентаризации городских зеленых насаждений [16].

Современная таксономическая структура и названия видов приведены в соответствии с классификацией цветковых растений APG III [17] по международной базе данных The Plantlist [18]. Определение и уточнение видовой принадлежности растений проводили с использованием фундаментальных изданий: Флора европейской части СССР и Флора Восточной Европы [19], Деревья и кустарники СССР [20], Определитель высших растений Крыма [21].

Выполнено детальное обследование старой части города с центральными улицами Луначарского и Нижнегорской и сквером им. Азиза. Их озеленение проводилось в 50-е годы XX в., и именно здесь представлены основные древесные породы, создающие типичный облик города. Одна из главных в Белогорске улица Нижнегорская длиной 4 км проходит через западную часть с юга на северо-запад и

имеет оживленное автотранспортное движение. Улица Луначарского – второстепенная, пешеходная, протяженностью 1 км, отходит от улицы Нижегородской и примыкает к скверу им. Азиза. Он имеет площадь 1 га и занимает центральное место в системе зеленых зон города.

При анализе насаждений старой части была использована модифицированная нами методика инвентаризации зеленых насаждений: определялся класс возраста с шагом 20 лет, класс высоты (шаг – 2 м), ступень толщины ствола (шаг – 20 см). Качественное и фитосанитарное состояние растений определяли как хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное в соответствии с системой оценки состояния озелененных территорий [16, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного обследования установили, что зеленые насаждения общего пользования г. Белогорска включают 18 895 экземпляров деревьев и кустарников и фрагменты живой изгороди, относящиеся к 24 семействам и 48 родам. Доля Magnoliophyta в дендрофлоре – 91,7 %, Pinophyta – 8,3 %. Последние представлены исключительно хвойными (Pinopsida). Дендрофлора города включает 68 таксонов и складывается из представителей аборигенной флоры (21), адвентивных видов (41) и 5 декоративных культиваров (не считая сортов *Rosa hybrida hort.*) (Табл. 1).

Таблица 1
Видовой состав дендрофлоры г. Белогорска

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
Розоцветные (Rosaceae)				
1.	Абрикос обыкновенный (<i>Prunus armeniaca</i> L.)	Кавказ, Средняя и Восточная Азия	1791	9,48
2.	Айва обыкновенная (<i>Cydonia oblonga</i> Mill.)	Кавказ, Средняя и Малая Азия, Иран	16	0,08
3.	Боярышник пятипестичный (<i>Crataegus pentagyna</i> Waldst. & Kit. ex Willd.)	Азия, Кавказ, Европа	19	0,10
4.	Вишня обыкновенная, или садовая (<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.)	Вид культивированного происхождения	1058	5,60
5.	Миндаль обыкновенный (<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb)	Северная Африка, Кавказ, Средиземноморье, Средняя и Малая Азия, Иран	5	0,03
6.	Роза гибридная (<i>Rosa hybrida hort.</i>)	Гибридные сорта	109	0,58

Продолжение таблицы 1

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
7.	Слива домашняя (<i>Prunus domestica</i> L.)	Вид культивированного происхождения	52	0,28
8.	Слива растопыренная (Алыча) (<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.)	Китай, Азия, Кавказ, Европа, Средиземноморье, Россия	79	0,42
9.	Спирея зверобоелистная (<i>Spiraea hypericifolia</i> L.)	Кавказ, Средняя Азия, Европа	12	0,06
10.	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> L.f.)	Япония, Китай, Корея	4	0,02
11.	Черешня, или Вишня птичья (<i>Prunus avium</i> (L.) L.)	Европа, Россия, Кавказ, Западная Азия	107	0,57
12.	Яблоня лесная, или яблоня дикая (<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.)	Европа	23	0,12
Ивовые (Salicaceae)				
13.	Ива белая (<i>Salix alba</i> L.)	Северная Африка, нетропическая Евразия, Крым	63	0,33
14.	Ива козья 'Плакучая' (<i>Salix caprea</i> 'Pendula')	Декоративная форма	22	0,12
15.	Ива трехтычинковая (<i>Salix triandra</i> L.)	Европа и Азия, Африка, Крым	21	0,11
16.	Ива цельнолистная 'Накуро nichiki' (<i>Salix integra</i> 'Hakuro nichiki')	Декоративная форма	10	0,05
17.	Тополь белый, или серебристый (<i>Populus alba</i> L.)	Северная Африка, Канарские о-ва, нетропическая Евразия, Крым	285	1,51
18.	Тополь Болле (<i>Populus bolleana</i> Louche)	Средняя Азия	181	0,96
19.	Тополь дрожащий, или осина (<i>Populus tremula</i> L.)	Европа и Азия, Африка, Крым	1	0,01
20.	Тополь итальянский (<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> Münchh)	Декоративная форма	122	0,65
Бобовые, или Мотыльковые (Fabaceae, или Leguminosae)				
21.	Бобовник анагировидный (<i>Laburnum anagyroides</i> Medic.)	Европа, Средиземноморье	4	0,02

КУЛЬТИВИРУЕМАЯ ДЕНДРОФЛОРА Г. БЕЛОГОРСКА ...

Продолжение таблицы 1

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
22.	Гледичия трехколючковая (<i>Gleditsia triacanthos</i> L.)	Северная Америка	548	2,90
23.	Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Северная Америка	1026	5,43
24	Софора японская (<i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott)	Восточная Азия	334	1,77
Маслиновые (Oleaceae)				
25.	Бирючина обыкновенная (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	Северная Африка, Европа, Кавказ, Средиземноморье, Малая Азия, Иран, Крым	ж.и. 7 м	-
26.	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	Европа, Средиземноморье	124	0,66
27.	Форзиция европейская (<i>Forsythia europaea</i> Degen & Bald.)	Европа	17	0,09
28	Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Европа, Кавказ, Крым, Средиземноморье, Малая Азия	654	3,46
Берёзовые (Betulaceae)				
29.	Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i> Roth.)	Северная Америка, Европа, Азия, Африка, Крым	605	3,20
30.	Граб обыкновенный (<i>Carpinus betulus</i> L.)	Европа, Малая Азия, Кавказ, Крым	615	3,25
31.	Лещина обыкновенная, или орешник (<i>Corylus avellana</i> L.)	Европа, Малая Азия, Иран, Кавказ, Крым	114	0,60
Сосновые (Pinaceae)				
32.	Ель колючая (<i>Picea pungens</i> Engelm)	Северо-запад Северной Америки	129	0,68
33.	Ель канадская (<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss)	Северная Америка	9	0,05
34.	Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.)	Европа	274	1,45
35.	Сосна крымская (<i>Pinus pallasiana</i> D. Don)	Крым, Кавказ, Средиземноморье	631	3,34
36.	Сосна обыкновенная (<i>Pinus silvestris</i> L.)	Умеренная Азия, Европа, Крым	28	0,15

Продолжение таблицы 1

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
Тутовые (Moraceae)				
37.	Инжир, Фиговое дерево (<i>Ficus carica</i> L.)	Малая Азия, Ближний Восток, Африка, Европа	1	0,01
38.	Маклюра оранжевая (<i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C.K.Schneid)	Северная Америка	4	0,02
39.	Шелковица белая (<i>Morus alba</i> L.)	Китай	173	0,92
40.	Шелковица черная (<i>Morus nigra</i> L.)	Юго-Западная Азия, Европа	29	0,15
Ореховые (Juglandaceae)				
41.	Орех грецкий (<i>Juglans regia</i> L.)	Кавказ, Европа, Малая и Средняя Азия, Иран	2308	12,21
42.	Орех черный (<i>Juglans nigra</i> L.)	Северная Америка	4	0,02
Вязовые (Ulmaceae)				
43.	Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	Европа, Сибирь, Кавказ, Малая Азия, Крым	1185	6,27
44.	Вяз граболистный (<i>Ulmus carpinifolia</i> Gled)	Европа, Кавказ, Средняя Азия, Иран, Малая Азия, Африка, Крым	882	4,67
45.	Клен американский (<i>Acer negundo</i> L.)	Северная и Центральная Америка	1201	6,36
Сапидовые (Sapindaceae)				
46.	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	Средиземноморье, Европа, Кавказ, Средняя Азия, Иран	1000	5,29
47.	Клен белый (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	Европа, Кавказ, Средиземноморье	869	4,60
48.	Конский каштан обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	Южная Европа	380	2,01
Кипарисовые (Cupressaceae)				
49.	Можжевельник виргинский (<i>Juniperus virginiana</i> L.)	Восток Северной Америки	2	0,01
50.	Можжевельник казацкий (<i>Juniperus sabina</i> L.)	Умеренная зона Евразии, Африка, Крым	57	0,30
51.	Можжевельник колючий (<i>Juniperus oxycedrus</i> L.)	Северная Африка, Азия, Европа	5	0,03

Продолжение таблицы 1

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
52.	Туя восточная (<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franc)	Умеренная Азия	560	2,96
53.	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	Северная Америка	342	1,81
Бигнониевые (Bignoniaceae)				
54.	Камписис укореняющийся (<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.)	Северная Америка	1	0,01
55.	Катальпа бигнониевидная (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter.)	Юго-восток Северной Америки	89	0,47
Адоксовые (Adoxaceae)				
56.	Бузина черная (<i>Sambucus nigra</i> L.)	Кавказ, Европа, Малая Азия, Крым, Средиземноморье	305	1,61
57.	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	Северная Африка, умеренная Евразия, Крым	1	0,01
Жимолостные (Caprifoliaceae)				
58.	Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i> L.)	Средняя Азия, Европа	7	0,04
Тамариковые (Tamaricaceae)				
59.	Тамарикс ветвистый (<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb)	Средняя Азия, Европа, Крым	8	0,04
Лоховые (Elaeagnaceae)				
60.	Лох серебристый (<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb)	Северная Америка	16	0,08
Симарубовые (Simaroubaceae)				
61.	Айлант высочайший (<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle)	Восточная Азия, Китай	28	0,15
Платановые (Platanaceae)				
62.	Платан восточный (<i>Platanus orientalis</i> L.)	Западная Азия, Европа	201	1,06
Коноплевые (Cannabaceae)				
63.	Хмель обыкновенный (<i>Humulus lupulus</i> L.)	Северная Африка, Азия, Крым, Европа, Северная Америка,	9	0,05
Лютиковые (Ranunculaceae)				
64.	Ломонос виноградолистный (<i>Clematis vitalba</i> L.)	Северная Африка, Азия, Европа, Крым	57	0,30

Продолжение таблицы 1

№	Порода	Природный ареал (или культивар)	Кол-во, шт.	%
Мальвовые (Malvaceae)				
65.	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	Европа, Сибирь, Кавказ, Крым	73	0,39
Самшитовые (Buxaceae)				
66.	Самшит вечнозеленый (<i>Buxus sempervirens</i> L.)	Северная Африка, Азия, Европа	ж.и. 28 м	-
Кизиловые (Cornaceae)				
67.	Свидина кроваво-красная (<i>Cornus sanguinea</i> L.)	Азия, Европа, Крым	ж.и. 8 м	-
Виноградовые (Vitaceae)				
68.	Виноград девичий пятилисточковый (<i>Parthenocissus quinquefolia</i> L.)	Северная Америка, Европа	6	0,39
Всего: 18 895 шт.				

Ведущее положение по количеству родов занимает семейство Rosaceae, насчитывающее 7 родов. На втором месте семейство Fabaceae и Oleaceae (по 4 рода), на третьем – Cupressaceae, Moraceae и Betulaceae (по 3 рода). Семейств, включающих 2 рода, – 5 (Salicaceae, Pinaceae, Sapindaceae, Bignoniaceae, Adoxaceae), однородовых семейств – 12 (Juglandaceae, Ulmaceae, Caprifoliaceae, Elaeagnaceae, Simaroubaceae, Iatanaceae, Cannabaceae, Ranunculaceae, Malvaceae, Buxaceae, Cornaceae, Vitaceae).

По количеству видов также доминирует семейство Rosaceae (8 видов, 3 культивара). За ним следует семейство Salicaceae – 5 видов и 3 культивара, Pinaceae и Cupressaceae – по 5 видов. Семейства Fabaceae, Oleaceae, Moraceae, включают по 4 вида, Sapindaceae – 3 вида и 1 культивар, Betulaceae – 3 вида, Juglandaceae, Ulmaceae, Bignoniaceae, Adoxaceae – по 2 вида. 11 семейств включает по 1 виду (Caprifoliaceae, Tamaricaceae, Elaeagnaceae, Simaroubaceae, Platanaceae, Cannabaceae, Ranunculaceae, Malvaceae, Buxaceae, Cornaceae, Vitaceae).

По количеству экземпляров наиболее широко представленными родами являются: Prunus, Cerasus, Robinia, Juglans, Ulmus, Acer (Табл. 1).

Из 68 пород 11 являются вечнозелеными и 57 – листопадными. Преобладают деревья (45 видов, 66,2 %), кустарники составляют 27,9 % (19 видов), лианы представлены 4 видами (5,9 %). Из них Калина обыкновенная, Лох серебристый, Ива белая, Бобовник анагировидный, Айва обыкновенная, Самшит вечнозеленый, Лещина обыкновенная, Тамарикс ветвистый, Миндаль и Вишня обыкновенная могут иметь форму как деревьев, так и кустарников.

При анализе ареалов естественного произрастания растений, представленных в насаждениях общего пользования, выявлены следующие закономерности: наиболее

распространены представители евразийской флоры (35,3 %), четверть всего состава приходится на голарктические виды, реже встречаются североамериканские (16,2 %), азиатские (8,8 %) и европейские (5,9 %). Шесть таксонов (8,8 %) имеют культивируемое происхождение (*Cerasus vulgaris*, *Rosa hybrida*, *Prunus domestica*, *Salix caprea* 'Pendula', *Salix integra* 'Hakuro nichiki', *Populus nigra* var. *italica*).

Основными планировочными элементами в городских насаждениях Белогорска являются солитеры, группы и линейные посадки.

В ходе изучения насаждений города было выполнено детальное обследование старой его части – двух главных улиц (Нижегородская и Луначарского) и центрального сквера им. Азиза.

Зеленые насаждения старой части города относятся к 14 семействам и 30 видам. Доминирующими по количеству экземпляров являются рода *Platycladus*, *Pinus*, *Prunus*, *Juglans*, *Ulmus*, *Populus*, *Acer*, *Robinia*.

Наиболее многочисленны в дендрофлоре такие породы, как Вяз граболистный и Клен американский, представляющие совместно более 20 % от всех растений, а также Туя восточная (около 8%). Клен американский обладает быстрым ростом, неприхотлив, легко размножается и вытесняет аборигенные виды, поэтому его распространение следует ограничить. Такие растения, как Спирея японская, Бобовник анагировидный, Камписис укореняющийся, Калина обыкновенная обладают высокой декоративностью, оригинальностью габитуса, позволяют создавать композиции, декоративные в течение всего вегетационного периода. Они неприхотливы, быстро и эффективно размножаются, поэтому их использование в озеленении города следует расширить.

Большинство экземпляров Вяза граболистного входят в классы высоты 14–16 м (32,1 %) и 16–18 м (65,7 %), Клена американского – 10–12 м (6,6 %) и 14–16 м (77,7 %), Туи восточной – 4–6 м (39,8 %) и 6–8 м (50,5 %). Преобладающим классом толщины ствола у Вяза граболистного является 60–80 см (56,2 %), Клена американского – 40–60 см (76 %) и Туи восточной – 40–60 см (60,2 %).

Возрастной анализ показал, что большая часть растений относится к 40–60-летней возрастной группе (Вяз граболистный – 99,3 %, Клен американский – 91,7 %, Туя восточная – 100%). Основная часть посадок была выполнена в 50–60 гг. XX в., и в более поздние сроки массового озеленения не проводилось.

Биоморфологическая структура дендрофлоры старой части города – простая: большинство составляют деревья, преимущественно листопадные. В меньшей степени представлены кустарники, лианы отсутствуют.

В результате фитосанитарного обследования было установлено, что 71 % деревьев и кустарников находится в хорошем состоянии, 22 % – в удовлетворительном и 7 % – в неудовлетворительном. Растения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, характеризуются усыханием ветвей, наличием инфекционных заболеваний, деформацией ветвей и ствола.

В центре города растения развиваются в условиях конкуренции, главным образом, за свет, вследствие чего особи низкорослых пород угнетены. Переплетение и охлестывание ветвей приводит к механическим повреждениям. Для оптимизации

условий произрастания древесной растительности следует отправить в санитарную рубку наиболее угнетенные и находящиеся в аварийном состоянии экземпляры.

Таким образом, в озеленении города Белогорска представлены 68 видов и форм древесно-кустарниковых пород, относящиеся к 48 родам из 24 семейств.

На сегодняшний день в Белогорске необходимо проведение работ по созданию новых и реконструкции существующих насаждений. Работы по реконструкции должны предусмотреть не только замену старовозрастных усыхающих растений, но и улучшение породного состава и структуры зеленых насаждений, основываясь на современном ассортименте. При создании новых композиций будет целесообразно включение долговечных, устойчивых и высокодекоративных видов и форм. Эта задача требует комплексного решения, предусматривающего взаимодействие органов местного управления и организаций, ответственных за благоустройство города, с привлечением специалистов профильных научных учреждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Древесно-кустарниковая растительность г. Белогорска насчитывает 18 895 экземпляров, относящихся к 24 семействам, 48 родам и 68 видам и формам. Из них 11 являются вечнозелеными и 57 – листопадными. Биоморфологическая структура включает 45 видов деревьев, 19 – кустарников и 4 – лиан.
2. Зеленые насаждения старой части города представлены 30 видами, которые формируют типичный облик Белогорска. Наиболее многочисленны Вяз граболистный, Клен американский, Туя восточная. Большинство растений находятся в 40–60-летней возрастной группе, что свидетельствует об отсутствии проведения работ по массовому городскому озеленению в последние десятилетия. В результате фитосанитарного обследования установлено, что 71 % деревьев и кустарников находится в хорошем состоянии, 22 % – в удовлетворительном и 7 % – в неудовлетворительном.
3. Проведенная оценка состава и состояния зеленых насаждений общего пользования г. Белогорска показала, что необходимо проведение работ по их реконструкции, предусматривающих замену старовозрастных усыхающих растений и улучшение породного состава и структуры зеленых насаждений с использованием долговечных, устойчивых к местным условиям и высокодекоративных видов и форм.

Работа выполнена в рамках госзадания Министерства образования и науки РФ № 2015/701-5 по теме: «Биоэкологические особенности интродуцированных и местных видов растений в условиях культуры в Предгорном Крыму» и при поддержке гранта РФФИ № 15-29-02596 «Биоэкологические основы оптимизации состава и структуры парковых сообществ».

Список литературы

1. Колмогорова Е. Ю. Видовое разнообразие и жизненное состояние древесных растений в зеленых насаждениях г. Кемерово : дис. канд. биол. наук : 03.00.05. Томск, 2005. – 163 с.
2. Рябовол С. В. Деревья и кустарники во флоре г. Красноярска / С. В. Рябовол // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL: www.science-education.ru/106-7380 (дата обращения: 05.12.2015).
3. Молганова Н. А. Таксономическая структура дендрофлоры г. Перми / Н. А. Молганова, С. А. Овеснов // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. – 2011. – Вып. 3. – С. 147–150.
4. Постарнак Ю. А. Урбанофлора города Краснодара / Ю. А. Постарнак, С. А. Литвинская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5 (3). – С. 80–82.
5. Куклина Т. Э. Ассортимент древесных растений, используемых в озеленении г. Томска / Т. Э. Куклина, И. Е. Мерзлякова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 4 (24). – С. 47–66.
6. Епихин Д. В. Современное состояние растительного покрова г. Симферополя : автореф. дис. канд. биол. наук : 03.00.05. Ялта, 2008– 20 с.
7. Потапенко И. Л. Древесные растения аборигенной флоры в зеленом строительстве восточного района Южного берега Крыма / И. Л. Потапенко // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 2. – С. 30–41.
8. Потапенко И. Л. Декоративные древесные растения г. Феодосии / И. Л. Потапенко, В. Ю. Летухова, О. Г. Розенберг, Е. В. Диордиенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Том 27 (66), №5. – С. 119–132.
9. Репецкая А. И. Дендрофлора Комсомольского парка г. Феодосии / А. И. Репецкая, Н. В. Ворошилова, И. Г. Савушкина, Л. В. Четвертак // Дендрофлора Комсомольского парка г. Феодосии // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып. 9 (28). – С. 71–79.
10. Потемкина Н. В. Результаты инвентаризации зеленых насаждений центрального парка г. Джанкой / Н. В. Потемкина, В. Е. Севастьянов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып. 9. – С. 96–101.
11. Репецкая А. И. Сквер 70-летия Великой Отечественной Войны (г. Севастополь): современное состояние и предложения по реконструкции / А. И. Репецкая, И. А. Парфенова // Экосистемы. – 2015. – Вып. 1 (31). – С. 71–79.
12. Вишневский С. О. Бульвары г. Симферополя: историко-архитектурный анализ и современное состояние / С. О. Вишневский, Е. В. Сиваченко // Вестник ландшафтной архитектуры. Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции (15–16 сентября 2015 г.), посвященной 150-летию РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева (часть 2). – 2015. – Вып.1. – С. 40–44.
13. Вишневский С. О. Центральный парк культуры и отдыха в г. Симферополь – первый объект ландшафтной архитектуры губернского города: история и современное состояние / С. О. Вишневский, Е. Ю. Ступников // Материалы VII Международных чтений памяти Т. Б. Дубяго «Парки Советского периода» 23-25 сентября 2015 года. – С.-П.: СПбГЛТА, 2015. – С. 38–43.
14. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма / В. И. Важов // Труды Никитского ботанического сада. – 1977. – Т. 76. – С. 92–120.
15. Агрокліматичний довідник по Автономній республіці Крим (1986–2005 рр.) / За редакцією О. І. Прудка, Т. І. Адаменко. – Сімферополь: Таврида, 2011. – 343 с.
16. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. МинСтрой РФ. М., 1997 г. [Электронный ресурс]. Доступ из базы нормативной документации: www.complexdoc.ru
17. The Angiosperm Phylogeny. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III // Botanical Journal of the Linnean Society. 2009. Vol. 161, Issue 2. Pages 105–202.
18. The Plant List, 2013. Version 1.1; URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения 1.12.2015).
19. Флора европейской части СССР: в 11 т. Т. I. / Отв. ред. Ан. А. Фёдоров. Ред. тома Н. Н. Цвелёв и С. К. Черепанов. - Л.: Наука, Лен. отд, 1974. - 404 с.; Т. III. / Отв. ред. Ан. А. Фёдоров. Ред. тома

- Ю. Л. Меницкий. – Л.: Наука, 1978. – 259 с.; Т. V. / Отв. ред. Ан. А. Фёдоров. Ред. тома Р. В. Камелин. – Л.: Наука, 1981. – 380 с.; Т. IX. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. – СПб.: Мир и семья-95, 1996. – 456 с.; Т. X. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. – СПб.: Мир и семья; Изд-во СПХФА, 2001. – 670 с.; Т. XI. Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. – М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 536 с.
20. Деревья и кустарники СССР. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1949–1962, т. I – 463 с., т. II – 611 с., т. III – 872 с., т. IV – 973 с., т. V – 544 с., т. VI – 379 с.
21. Определитель высших растений Крыма / Под ред. И. Рубцова. – Ленинград: Наука, 1972. – 550 с.
22. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации. Утверждены Приказом Госстроя России от 15 декабря 1999 г. N 153. [Электронный ресурс]. Доступ из справочной системы «КонсультантПлюс», предоставленный ЗАО «ТелекомПлюс».

THE CULTIVATED DENDROFLORA OF BELOGORSK (REPUBLIC OF CRIMEA)

Repetskaya A. I., Savushkina I. G., Kolosyuk E. S.

*Tavrida Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University
E-mail: anna.repetskaya@gmail.com*

Green areas are an integral part of modern city planning structure and perform a variety of functions in it, contributing to the creation of optimal conditions for work and leisure residents. One of the main problems in green building is the lack of a common conceptual (linked) system of greenery. Creating such a system is possible only if there is an actual database of greenery. The aim of this work is to get the analysis of tree and shrub plantings in public places in Belogorsk.

Belogorsk is one of the oldest cities in the Crimea located in the central part of the peninsula. The area of the city is 5.42 km². The study was carried out in the city dendroflora during 2012–2015.

We have found that the green areas of common use in Belogorsk include 18,895 copies of trees and shrubs and fragments of hedges related to 24 families and 48 genera. Part of Magnoliophyta in dendroflora – 91,7 %, Pinophyta – 8,3 %. City dendroflora includes 68 taxa, and consists of representatives of indigenous flora (21), adventitious species (41) and 5 ornamental cultivars (not counting the cultivars of *Rosa hybrida hort.*).

Of the 68 species 11 are evergreen, 57 are deciduous. Among detected in the city plants trees dominate (45 species, 66.2 %), shrubs takes 27.9 % (19 species), lianas are represented by 4 species (5.9 %). The most common are Eurasian species (24, or 35, 3 %), less - North American (11 or 16.2 %), Asian (6 or 8.8 %), European (4, or 5.9 %). Six taxa (8.8 %) was cultivated originally. The main planning elements in urban plantings of Belogorsk are single plants, groups and line planting.

Green areas of the central part of the city belong to 14 families and 30 species. The most numerous species in dendroflora such as *Ulmus carpinifolia* and *Acer negundo*, together represent more than 20 % of all plants and *Platicladus orientalis* (about 8 %). The age analysis of trees and shrubs has shown that most of the plants included in the 40-60 - year age group. It was found that 71 % of trees and shrubs is in good phytosanitary condition, 22 % – in a satisfactory and 7 % – in unsatisfactory condition.

Belogorsk today needs to work on the creation of new greenery and reconstruction of existing.

Keywords: Dendroflora, trees and shrubs, greenery, public places, range, Belogorsk.

References

1. Kolmogorova E. J. Species diversity and living condition of woody plants in the green areas of Kemerovo: dissertation, 163 p. (Tomsk, 2005).
2. Riabovol S. V. Trees and shrubs in the flora of Krasnoyarsk, *Modern problems of science and education*, 6 (2012). URL: www.science-education.ru/106-7380 (the date of circulation: 05.12.2015).
3. Molganova N. A. and Ovesnov S. A. Taxonomic structure of Perm dendroflora, *Udmurt University Journal of Biology. Earth Sciences*, 3, 147 (2011).
4. Postarnak J. A., Litvinskaya S. A. The urban flora of Krasnodar. *Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Journal*, 13, 5 (3), 80 (2011).
5. Kuklina T. E. and Merzlyakova I. E. Assortment of woody plants used in Tomsk landscape gardening, *Tomsk State University Journal of Biology*, 4 (24), 47 (2013).
6. Iepikhin D. V. *Current state of Simferopol vegetative cover*: thesis abstract, 20 p. (Yalta, 2008).
7. Potapenko I. L. Arboreal plants of aboriginal flora in planting of greenery in the east region of the South Crimean Coast, *Optimization and Protection of Ecosystems*, 2, 30 (2010).
8. Potapenko I. L., Letuhova V. Yu., Rozenberg O. G. and Diordienko Y. V. Ornamental arboreal plants of Feodosia, *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, 27 (66), 5, 119 (2014).
9. Repetskaya A. I., Voroshilova N. V., Savushkina I. G. and Chetvertack L. V. Dendroflora of Komsomolskiy park in Feodosiya, *Optimization and Protection of Ecosystems*, 9, 77 (2013).
10. Potyomkina N. V. and Sevastyanov V. E. The results of green plantations' inventory of Dzhankoy's Central Park, *Optimization and Protection of Ecosystems*, 9, 96 (2013).
11. Repetskay A. I. and Parfenova I. A. Square of the 70th anniversary of the Great Patriotic War (Sevastopol): current state and proposals for reconstruction, *Ecosystems*, 1 (31), 71 (2015).
12. Vishnevsky S. A. and Sivachenko E. V. Parkways of Simferopol: historical and architectural analysis and the current state, *Bulletin of landscape architecture. Proceedings of the scientific-practical Internet-conference (15-16 September 2015), dedicated to the 150th anniversary of RGAU-ICCA them. KA Timiryazev (part 2)*, 1, 40, (2015).
13. Wisniewski S. O. and Stupnikov E. J. Central Park of Culture and Rest in Simferopol - the first object of landscape architecture provincial town: history and current status, *Materials of the VII International Readings memory T.B. Dubyago "Soviet Park" on 23-25 September 2015*, 38 (2015).
14. Vazhov V. I. Agroclimatic zoning of Crimea, *Proceedings of the Nikitsky botanical garden*, 71, 92 (1977).
15. *Agroclimatic guide to the Autonomous Republic of Crimea (1986-2005)*, 343 p. (Tavrida, Simferopol, 2011).
16. Methods of inventory of urban greenery. Ministry of Construction of the Russian Federation. M., 1997 [Electronic resource]. Access from the database of normative documents: www.complexdoc.ru
17. The Angiosperm Phylogeny. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 (2), 105 (2009).
18. The Plant List, 2013. Version 1.1; URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения 1.12.2015).
19. *Flora of the European part of the USSR and Flora Eastern Europe*, Vol. I - 404 p.; Vol. III - 259 p.; Vol. V. - 380 p.; Vol. IX - 456 p.; Vol. X. - 670 p.; Vol. XI. - 536 p. (1974-2004).
20. *Trees and shrubs of the USSR*, Vol. I - 463 p., Vol. II - 611 p., Vol. III - 872 p., Vol. IV - 973 p., Vol. V - 544 p., Vol VI - 379 p. (Publishing House of the USSR Academy of Sciences, M.-L., 1949-1962).
21. *The determinant of higher plants of Crimea*, 550 p. (Nauka, Leningrad, 1972).
22. Terms of the creation, protection and maintenance of green areas in the cities of the Russian Federation. Approved by Order of the State Construction Committee of Russia on 15.12.1999 N 153. [Electronic resource]. Accessing the Help system "Consultant" provided by JSC "TelecomPlus."

Поступила в редакцию 26.11.2015

УДК 612.215:612.66]:314.7(1=477.75)

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У МИГРАНТОВ И ПОСТОЯННЫХ ЖИТЕЛЕЙ КРЫМА РАЗЛИЧНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП

Сафронова Н. С., Викулова Н. Н.

*ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», Таврическая академия, Симферополь,
Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: ninel95@rambler.ru*

В работе рассмотрены возрастные изменения системы внешнего дыхания у пожилых и стариков, представителей крымских татар и славян, как мигрировавших, так и постоянно проживающих в Крыму. С увеличением возраста для всех обследуемых являлось характерным уменьшение легочных объемов, силы экспираторных мышц, ухудшение бронхиальной проходимости в целом и на всех уровнях бронхиального дерева. Отмечено снижение парциального давления углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха. Были выявлены особенности, связанные с последствиями миграции и этнической принадлежностью мужчин. Так, славяне мигранты по сравнению с другими группами отличались более выраженными возрастными изменениями изучаемых показателей. Напротив, лицам, постоянно проживающим в Крыму, было свойственно более высокое функциональное состояние дыхательной системы.

Ключевые слова: дыхательная система, пожилые, старики, возрастные изменения, мигранты, легочные объемы, механика дыхания, бронхиальная проходимость, углекислый газ.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что процесс старения сопровождается морфологическими и функциональными перестройками в организме, приводящими к снижению его приспособительных возможностей, возникновению условий для развития патологии. Выраженность и темпы возрастных изменений обусловлены как периодом онтогенеза, так и многочисленными эндогенными и экзогенными факторами. В комплексе геронтологических исследований отдельный интерес представляют два направления: влияние последствий миграционных процессов на функциональное состояние пожилого человека и роль его этно-физиологических характеристик в формировании и реализации адаптационно-приспособительных механизмов, сохранении высокого уровня здоровья или предрасположенности к заболеваниям [1, 2].

В рамках данной проблемы важное место занимает изучение у пожилых лиц и стариков особенностей функционального состояния системы внешнего дыхания, которая испытывает особое напряжение на фоне непосредственного контакта с изменяющимися условиями окружающей среды. Современная тенденция к росту хронической пульмонологической патологии диктует необходимость уточнения, с учетом этнических особенностей, возрастных критериев дыхательной системы с целью разграничения собственно возрастных изменений от патологических. Особое

значение имеет своевременное выявление ряда респираторных расстройств с исключительно функциональными проявлениями, не связанными с органическими нарушениями [3–5]. Важной проблемой остается организация превентивных мер и коррекционных воздействий, направленных на сохранение здоровья, повышение работоспособности и качества жизни пожилого человека.

Проблема крайне актуальна для республики Крым, где наблюдается неблагоприятная ситуация как по заболеваемости, так и по распространенности болезней органов дыхания среди населения. Например, в 2013 году они составили 39,7 % всей зарегистрированной патологии и заняли первое место в структуре общей заболеваемости. Был определен их высокий удельный вес (17,2 %) и, соответственно, вторая позиция по распространенности [6]. Кроме того, принимая во внимание исторически сложившийся полиэтничный состав полуострова и последствия активных миграционных потоков во второй половине прошлого столетия, представляет интерес изучение этно-физиологических аспектов старения, в том числе и системы внешнего дыхания, у представителей различных этнических и возрастных групп населения Крыма.

В связи с этим была определена цель данного исследования – выявление этно-физиологических особенностей возрастных изменений системы внешнего дыхания у мигрантов и постоянных жителей Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании с соблюдением этических норм приняли добровольное участие 115 мужчин в возрасте 60–85 лет без заболеваний дыхательной системы. Обследуемые были разделены на 3 группы. В 1 (n = 39) вошли представители крымских татар, мигрировавшие в Крым из Средней Азии в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века. 2 группа (n = 45) была сформирована из славян (русских и украинцев), переехавших в тот же временной период на полуостров из центрально-европейской части России и северо-восточных областей Украины. 3 группу (n = 31) составили славяне, родившиеся и постоянно проживающие в Крыму. В каждой группе были выделены возрастные подгруппы: 60–64 года (А), 65–69 лет (Б), 70–74 года (В), 75–79 (Г) лет. Дополнительно во 2 группе была выделена подгруппа стариков 80–85 (Д) лет.

Механика дыхания изучалась при помощи прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали минутный объем дыхания (МОД, л/мин), дыхательный объем (ДО, л), частоту дыхательных движений (ЧДД, цикл/мин), жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л), резервный объем вдоха (РОВд, л), резервный объем выдоха (РОВыд, л). Оценивали уровень дыхания по соотношению РОВыд/РОВд, (отн. ед.). При выполнении маневра форсированного выдоха регистрировали форсированную жизненную емкость легких выдоха (ФЖЕЛ, л), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁, л), процентное отношение объема форсированного выдоха за 1 секунду к форсированной жизненной емкости легких (ОФВ₁/ФЖЕЛ, %), пиковую объемную скорость (ПОС, л/с), мгновенную объемную скорость на уровне 25, 50, 75 % от форсированной ЖЕЛ (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅, л/с), время форсированной жизненной

емкости легких ($T_{\text{ФЖЕЛ}}$, с), площадь форсированной жизненной емкости легких ($\text{Пл}_{\text{ФЖЕЛ}}$, см²). Показатели ОФВ₁, ПОС, МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅ сравнивали с их должными величинами в процентном отношении (%ДОФВ₁, % ДПОС, % ДМОС₂₅, % ДМОС₅₀, % ДМОС₇₅). [7–9].

С помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД» в состоянии относительного покоя в течение 3 минут записывали капнограмму. Регистрировали показатели давления углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха $P_{\text{ЕТ}}\text{CO}_2$, (мм рт.ст), неравномерности дыхания (ПНД, %), долю мёртвого пространства в альвеолярной вентиляции (ДМП, %) [10].

Обработку полученных данных осуществляли с использованием лицензированных пакетов программ статистического анализа Statistica 6.0, OriginPro 8.5. Оценку характера распределения данных проводили по критерию Шапиро – Уилка. Результаты описательной статистики для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, представляли в виде среднего арифметического значения (M) и стандартной ошибки среднего арифметического (m), для данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, – в виде медианы (Me), первого и третьего ($Q1$ и $Q3$) квартилей. Для оценки значимости независимых выборок исследования использовали критерий t Стьюдента (для параметров с нормальным распределением) и критерий U Манна – Уитни (для параметров, которые не подчиняются закону нормального распределения). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важная роль в реализации вентиляторной функции отводится величине ЖЕЛ и ее составляющих. Инволютивные процессы, сопровождающие старение, приводят к ригидности грудной клетки, уменьшению силы дыхательной мускулатуры и эластичности легочной ткани, что в итоге отражается на показателях легочных объемов и резервов, участвующих в обеспечении приспособительных реакций системы внешнего дыхания [5, 11]. Проведенный анализ позволил выявить тенденцию к снижению ЖЕЛ в каждом возрастном диапазоне по сравнению с предыдущим во всех трех группах обследуемых (табл. 1, рис. 1). Однако статистически значимые отличия проявились между средними значениями параметра в подгруппах с разницей в возрасте не менее 10 лет, что в дальнейшем может быть использовано для уточнения возрастных критериев дыхательной системы обследуемых данного региона. Под влиянием процессов старения наиболее выраженные изменения в системе внешнего дыхания наблюдались у мигрантов 1 и 2 групп, где разница величины ЖЕЛ у мужчин 60–64 и 75–79 лет равнялась 26,2 %, ($p < 0,05$), и 24,6 %, ($p < 0,05$), тогда, как у лиц, проживающих на полуострове постоянно, она не превышала 20,5 %, ($p < 0,05$). Закономерно, что наименьшие значения показателя, в среднем составившие $2,69 \pm 0,22$ л, были зарегистрированы у стариков 80–84 лет.

Таблица 1

Показатели вентиляторной функции обследуемых 1, 2 и 3 групп
(M ± m) или Me (Q1-Q3)

Пок-ль		ЧДД, цикл/мин	МОД, л/мин	ЖЕЛ, л	РОВыд/ РОВд, отн.ед.	ПНД, %
Воз-т, лет	Группа (n)					
60-64 (А)	1 (14)	17,6±1,1	12,35±1,30	3,97±0,32	0,52±0,07	16,7±2,5
	2 (12)	15,6±1,4	11,88±0,69	3,90±0,17	0,53±0,06	16,3±2,4
	3 (13)	15,9±0,9	12,57±0,51	3,89±0,21	0,50±0,05	11,0±1,1
	*	-	-	-	-	1-2, 1-3
65-69 (Б)	1 (10)	16,5±1,1	12,87±0,62	3,80±0,31	0,46±0,11	18,0±2,2
	2 (11)	15,7±1,8	12,80±0,89	3,81±0,33	0,34 (0,28-0,88)	17,1±2,5
	3 (5)	17,0±2,2	13,39 (10,11-13,81)	3,74±0,42	0,47±0,08	10,8±2,1
	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	1-2, 1-3
70-74 (В)	1 (10)	17,1±1,9	12,75±1,44	3,57±0,24	0,42±0,08	20,6±3,4
	2 (10)	17,4±1,8	9,99 (9,36-10,86)	3,36±0,15	0,43±0,14	16,4±1,6
	3 (8)	16,4±2,6	11,33±1,40	3,55±0,38	0,47±0,08	10,8±2,2
	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	А-В	-	-
	3	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	1-2, 1-3
75-79 (Г)	1 (5)	16,4±1,0	10,74±1,14	2,48 (2,47-3,61)	0,32±0,07	14,8±1,1
	2 (7)	17,7±2,1	11,41±1,39	2,94±0,19	0,34±0,05	11,0±1,5
	3 (5)	16,4±1,0	10,74±1,14	3,09±0,32	0,38±0,05	10,0±2,5
	1	-	-	А-Г, Б-Г	А-Г	-
	2	-	-	А-Г, Б-Г	А-Г	Б-Г, В-Г
	3	-	-	А-Г	-	-
	*	-	-	1-3	-	-
80-85 (Д)	2 (5)	18,2±2,2	11,69±1,53	2,69±0,22	0,33±0,07	9,6±1,9
	2	-	-	А-Д, Б-Д, В-Д	А-Д	А-Д, Б-Д, В-Д.

различия статистически достоверны (p < 0,05):

* – между показателями обследуемых 1, 2 и 3 групп одной возрастной подгруппы;

А-В – различных возрастных подгрупп (А, Б, В, Г, Д) одной группы

Как правило, к пожилому и старческому возрасту рестриктивные ограничения затрагивают все составляющие ЖЕЛ. В меньшей степени это касается ДО, тогда как более выраженные изменения характерны для РОвд и особенно для РОвыд. Действительно, если в подгруппах 60–65 лет по отношению к лицам 75–79 лет отмечалась тенденция к уменьшению ДО, то снижение с возрастом показателя РО вдоха варьировало уже от 16,6 % ($p < 0,05$) до 19,0 % ($p < 0,05$), РО выдоха – от 37,0 % ($p < 0,05$) до 55,8 % ($p < 0,05$). Вызывает интерес факт, что у мужчин 3 группы 75–79 лет по сравнению с аналогичными подгруппами мигрантов отмечалась наименьшая потеря экспираторного объема и сохранение наиболее высоких абсолютных значений компонентов ЖЕЛ.

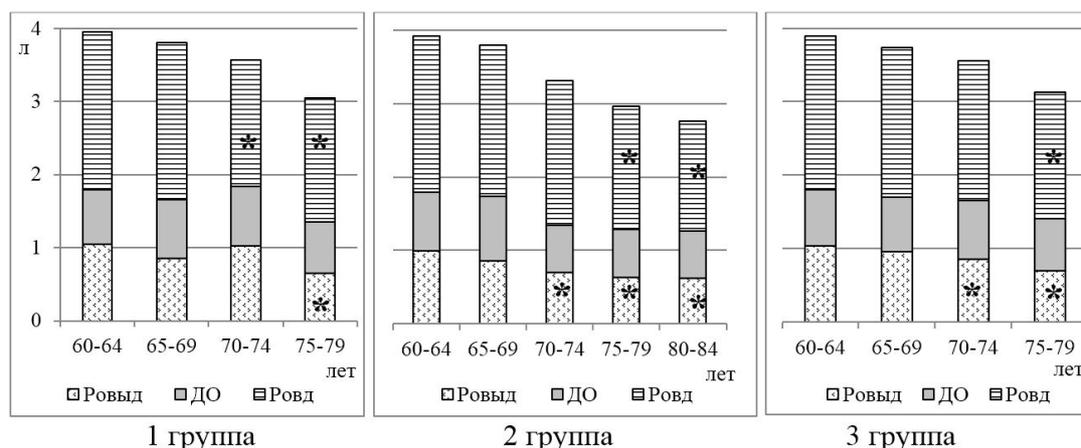


Рис. 1. Показатели ЖЕЛ и ее компонентов у обследуемых 1, 2 и 3 группы

Примечание: * – различия статистически достоверны, ($p < 0,05$) между показателями обследуемых 60–64 лет и других возрастных подгрупп в 1, 2 и 3 группе

Можно предположить, что более заметное уменьшение резервного объема выдоха по сравнению с резервным объемом вдоха оптимизирует соотношения между вентилирующей и вентилируемой емкостью легких в условиях увеличения остаточного объема и является одним из возможных механизмов компенсации нарушений вентиляции. Однако снижение резервных легочных объемов в определенной степени ограничивает приспособительные возможности дыхательной системы пожилых и стариков к функциональным нагрузкам. При этом уменьшение соотношения экспираторного резерва к инспираторному выступает фактором, формирующим низкий уровень дыхания. Так, с увеличением возраста показатель РОвыд/Рвд демонстрировал тенденцию к снижению, однако статистически значимые различия наблюдались только между крайними возрастными подгруппами в 1 и 2 группе (табл 1).

При старении парциальное давление углекислоты в альвеолярном воздухе снижается, что, по-видимому, связано с преобладанием тахипноического компонента в паттерне дыхания. При этом низкий уровень дыхания создает дополнительные условия для избыточной элиминации CO_2 через легкие.

Склонность обследуемых всех групп к гипокапническому типу вентиляции отразилась на средних значениях $P_{ET}CO_2$, которые приближались к нижней границе диапазона физиологической нормы и не превышали 38,7 мм рт. ст. (рис. 2). В то же время были выявлены некоторые межгрупповые отличия. Так, наиболее низкие величины $P_{ET}CO_2$ были выявлены у мигрантов-славян 75–79 лет, 80–85 лет и крымских татар 70–74 лет. В целом, наиболее выраженная динамика падения (19,4 %) парциального давления углекислоты в альвеолярном воздухе с возрастом соответствовала группе мигрантов крымских татар.

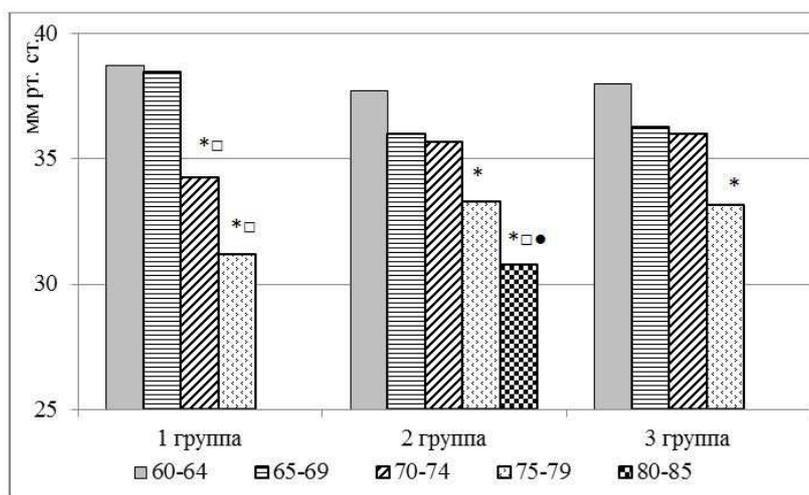


Рис. 2. Показатели $P_{ET}CO_2$ у обследуемых 1, 2, и 3 групп

Примечание: различия статистически достоверны, ($p < 0,05$), между показателями обследуемых в 1, 2 и 3 группе:

* – 60–64 лет и других возрастных подгрупп; □ – 65–69 лет и других возрастных подгрупп;
 ● – 70–74 лет и других возрастных подгрупп

Также следует обратить внимание на показатели МОД, которые превышали физиологическую норму и находились в пределах 11,3–13,5 л/мин у всех обследуемых, что на фоне повышения доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции следует рассматривать, как нерациональную приспособительную реакцию к возрастным структурным и функциональным изменениям. Вероятно, у пожилых и стариков постепенное увеличение уровня физиологического мертвого пространства в итоге приводит к превышению им объема анатомического мертвого пространства, что способствует ухудшению газообмена в легких и избыточной легочной вентиляции [5, 11]. Во всех группах обследуемых показатель ДМП в альвеолярной вентиляции демонстрировал тенденцию к увеличению от каждого возрастного периода к последующему (рис. 3). При этом статистически значимый прирост в 1 и 2 группах был обнаружен в только в 10-летнем диапазоне.

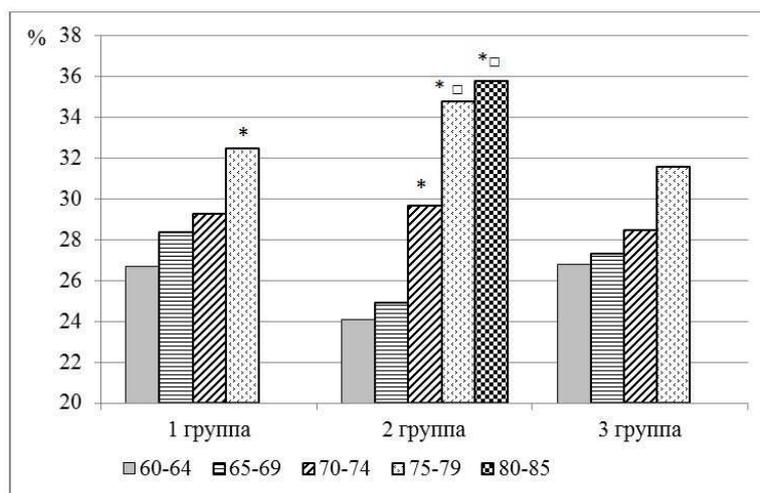


Рис. 3. Показатели доли мертвого пространства (ДМП) в альвеолярной вентиляции у обследуемых 1, 2, и 3 групп.

Примечание: различия статистически достоверны, ($p < 0,05$), между показателями обследуемых в 1, 2 и 3 группе: * – 60–64 лет и других возрастных подгрупп; □ – 65–69 лет и других возрастных подгрупп

Дегенеративно-дистрофические процессы, развивающиеся в организме при старении, захватывают всю ЦНС и дыхательный центр в том числе. Как следствие, возникают различные перестройки в регуляции дыхания. Например, с возрастом повышается чувствительность гипоталамических структур к изменению химизма внутренней среды, что имеет приспособительное значение. Однако наряду с высокой возбудимостью наблюдается быстрая истощаемость рефлексов с хеморецепторов в старости. В результате ослабления рефлекса Геринга – Брейера нарушаются реципрокные отношения между экспираторными и инспираторными нейронами, что способствует учащению дыхательной аритмии [12]. Вполне вероятно, что усиление неравномерности ряда дыхательных циклов сопряжено с возрастанием «напряженности» дыхательного центра. Кроме того, несмотря на ослабление, нельзя исключать регулирующих воздействий коры большого мозга на дыхание, и изменение его паттерна под влиянием факторов психогенного происхождения. В этой связи особый интерес представляет динамика ПНД в трех группах обследуемых (табл. 1). Так, в подгруппах 60-65-летних мигрантов крымских татар и славян отмечалась более высокая степень дыхательной аритмии по сравнению с лицами, постоянно проживающими в Крыму. При этом с прибавлением возраста у представителей 1 группы прослеживалась тенденция к ее дальнейшему росту, и только у стариков 75–79 лет было выявлено уменьшение ПНД. Иная картина наблюдалась в группе мигрантов-славян, где значения показателя оставались в одном диапазоне до 75 лет, затем было обнаружено его значительное снижение. Мужчинам всех возрастных категорий 3 группы соответствовали наиболее низкие и практически неизменные величины ПНД.

Таблица 2

Фактические и должные значения показателей механики дыхания обследуемых 1, 2 и 3 группы ($M \pm m$) или $Me (Q1-Q3)$

Пок-ль		ОФВ ₁ , л	% ДОФВ ₁	ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	Т ФЖЕЛ с	Пл ФЖЕЛ	ПОС, л/с	% ДПОС,%
Воз-т, лет	Группа (n)							
60-64 (А)	1 (13)	2,88±0,27	88,8±7,1	83,0±3,68	2,17±0,30	12,8±2,0	6,24±0,40	78,4±4,9
	2 (12)	2,79±0,16	91,8±5,7	84,8±2,8	2,21±0,27	11,2±1,2	6,56±0,35	82,4±5,3
	3 (7)	2,79±0,11	89,6±4,4	82,0±4,1	2,02±0,18	11,5±1,5	6,63±0,45	82,2±6,3
	*	-	-	-	-	-	-	-
65-69 (Б)	1 (10)	2,75±0,20	90,6±4,8	84,5 (76,5-87,6)	2,08±0,36	10,5±1,8	6,27±0,44	84,3±5,3
	2 (7)	2,69±0,18	90,1±4,1	79,0 (76,0-86,0)	2,30±0,27	9,8±2,2	6,25±0,93	78,7±10,4
	3 (5)	2,81±0,25	92,7±7,8	83,8±0,4	2,58±0,19	11,5±1,5	6,49 6,48-6,54	82,9±1,5
	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-	-
70-74 (В)	1 (10)	2,43 (1,29-2,72)	81,5±8,6	78,2±5,1	2,57±0,32	6,8±1,2	4,73±0,47	63,6±6,2
	2 (8)	2,31 (1,97-2,38)	87,7±6,1	77,6±5,5	2,61±0,39	7,5±0,9	5,22±0,46	73,8±7,1
	3 (8)	2,26±0,24	86,2±6,7	81,0±3,2	2,53±0,36	7,9±1,4	5,57±0,51	76,0±6,5
	1	-	-	-	-	А-В	А-В	-
	2	А-В	-	-	-	А-В	А-В	-
	3	А-В	-	-	-	А-В	-	-
	*	-	-	-	-	-	-	-
75-79 (Г)	1 (5)	1,19 (1,19-2,89)	39,8 (37,7-105,9)	70,4±9,6	3,06±0,43	5,0±2,1	3,51±0,40	48,2±5,6
	2 (7)	2,17 (2,04-2,23)	75,9±6,0	64,2±8,8	3,00±0,31	6,6±1,5	4,93±0,13	66,5±2,6
	3 (8)	2,23±0,08	83,7±4,1	66,0±8,4	2,71±0,43	6,6±1,5	5,36±0,24	72,2±3,6
	1	А-Г	-	-	А-Г	А-Г	А-Г, Б-Г	А-Г, Б-Г
	2	А-Г	-	А-Г	А-Г	А-Г	А-Г, Б-Г	А-Г, Б-Г
	3	А-Г	-	-	А-Г	А-Г	А-Г	Б-Г
	*	-	-	-	-	-	1-2, 1-3	1-2,1-3
80-85 (Д)	2 (5)	1,59±0,13	80,5±6,7	61,2±8,8	3,17±0,20	5,3±0,7	4,50±0,50	70,6±8,4
	2	А-Д, Б-Д, В-Д, Г-Д	-	А-Д	А-Д Б-Д, В-Д	А-Д Б-Д, В-Д	А-Д, Б-Д	-

различия статистически достоверны ($p < 0,05$):

* - между показателями обследуемых 1, 2 и 3 групп одной возрастной подгруппы;

А-В - различных возрастных подгрупп (А, Б, В, Г, Д) одной группы

Таблица 3
Фактические и должные значения показателей скорости воздушного потока
на различных уровнях ФЖЕЛ у обследуемых 1, 2 и 3 группы
(M ± m) или Me (Q1-Q3)

Пок-ль		МОС ₂₅ , л/с	% ДМОС ₂₅ , %	МОС ₅₀ , л/с	% ДМОС ₅₀ , %	МОС ₇₅ , л/с	% ДМОС ₇₅ , %
Возраст, лет	Группа (n)						
60-64 (А)	1 (13)	5,92±0,30	84,2±4,1	4,11±0,39	89,1±7,7	1,70±0,19	82,4±8,1
	2 (12)	5,90±0,44	89,5±6,2	3,75±0,37	88,8±7,5	1,46±0,19	80,2±10,1
	3 (13)	5,92±0,40	83,1±6,5	3,60±0,47	84,6±10,6	1,65±0,16	86,5±10,2
	-	-	-	-	-	-	-
65-69 (Б)	1 (10)	5,68±0,42	85,9±5,4	3,78±0,27	88,4±6,3	1,55±0,14	82,6±6,3
	2 (7)	5,60±0,73	79,4±9,2	3,48±0,44	77,1±8,7	1,37±0,16	68,8±6,5
	3 (5)	5,81±0,26	82,9±7,3	3,64±0,50	74,1±5,5	1,51±0,16	78,0±5,4
	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-
70-74 (В)	1 (10)	4,33±0,39	66,1±6,0	2,91±0,32	71,6±7,8	1,27±0,15	63,3 (50,3- 81,6)
	2 (8)	4,35±0,55	74,6±9,6	2,68±0,32	73,2±8,6	1,22±0,15	79,1±10,8
	3 (8)	5,00±0,45	78,5±6,6	3,33±0,52	84,1±10,6	1,39±0,19	82,2±10,6
	1	А-В, Б-В	А-В, Б-В	А-В, Б-В	-	А-В	-
	2	А-В	-	А-В	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-
75-79 (Г)	1 (5)	3,46±0,61	51,1±8,7	2,44±0,64	58,2±15,2	1,22±0,31	67,1±16,6
	2 (7)	3,99±0,19	65,5±3,6	2,64±0,12	69,8±2,3	1,18±0,16	72,9±9,5
	3 (5)	4,77±0,40	78,5±6,6	3,23±0,40	77,7±10,8	1,35±0,15	74,9±9,2
	1	А-Г, Б-Г	А-Г, Б-Г	А-Г, Б-Г	-	А-Г	-
	2	А-Г, Б-Г	А-Г	А-Г, Б-Г	А-Г	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-
80-85 (Д)	2 (5)	3,68±0,67	71,2 (68,1- 77,3)	2,28±0,34	73,1±11,2	0,99±0,11	67,5±7,5
	2	-	А-Д	А-Д, Б-Д	-	А-Д	-

различия статистически достоверны (p < 0,05):

* - между показателями обследуемых 1, 2 и 3 групп одной возрастной подгруппы;

А-В - различных возрастных подгрупп (А, Б, В, Г, Д) одной группы

При старении, вследствие атрофии бронхиального эпителия, ухудшения работы желез, ослабления моторики, нарушается дренажная функция и увеличивается бронхиальное сопротивление, что отчетливо определяется при анализе кривых «поток-объем» на спирограмме. Также необходимым условием правильной оценки состояния механики дыхания является сопоставление фактических показателей с должными величинами (табл. 2, табл. 3) [7, 9, 13]. Чаще всего возрастные изменения более выражены на выдохе, чем на вдохе. Уменьшение бронхиальной проходимости и эффективности мышечного усилия создают условия для возникновения турбулентных течений и, как следствие, приводят к ограничению скорости экспираторного воздушного потока в целом и на всех уровнях бронхиального дерева. Так, значения $ОФВ_1$, характеризующая суммарную проходимость дыхательных путей, с возрастом постепенно снижались: у мигрантов 1 группы 60–64 лет по сравнению с лицами 75–79 лет на 33,3 %, ($p < 0,05$), и 2 группы на 26,9 %, ($p < 0,05$), соответственно. У мужчин, постоянно проживавших на полуострове, изменения показателя были менее выражены и не превышали 20,0 %, ($p < 0,05$). Причем для них было характерным наименьшее отклонение должных значений параметра от фактических. Например, в подгруппе стариков разница составила 16,3 %, тогда, как у крымских татар мигрантов такого же возраста она равнялась 34,5 %, ($p < 0,05$). На снижение функциональных возможностей респираторной мускулатуры в ходе старения указывало также уменьшение ПОС в трех группах обследуемых. Если средние величины параметра у мужчин в подгруппах 60–64 года варьировали от $6,24 \pm 0,40$ л/с до $6,63 \pm 0,45$ л/с, то в 75–79 лет диапазон составил уже $3,51 \pm 0,13$ л/с и $5,36 \pm 0,24$ л/с, ($p < 0,05$). Вызывает интерес, что наиболее высокие значения показателя были выявлены в 3 группе обследуемых, тогда как мигрантам были свойственны более низкие. Подобная динамика прослеживалась относительно скорости воздушного потока на всех уровнях бронхиального дерева, включая бронхи крупного, среднего и мелкого калибра, представленных в таблице 3, параметрами $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$. Вместе с тем, при старении отклонения должных величин от фактических проявлялись менее заметно, что, вероятно, объясняется учетом возрастных и антропометрических особенностей человека при расчете должных показателей. Наибольшие отличия демонстрировали параметры $МОС_{25}$ и $МОС_{50}$ у крымских татар 75–79 лет и мигрантов-славян 75–79 лет и 80–85 лет, что соответствовало легкому снижению относительно нормы [9].

При анализе кривых «поток-объем» было определено, что с возрастом у обследуемых всех групп на фоне увеличения времени форсированной ЖЕЛ, заметно уменьшается ее площадь (табл. 2).

Таким образом, смена постоянного места проживания, сопровождающаяся изменением действия на человека привычных экологических и социальных факторов, является мощным стрессогенным механизмом, длительно влияющим на многие функциональные и анатомо-физиологические системы организма. При этом система внешнего дыхания находится в состоянии особого напряжения по причине своей функциональной лабильности на фоне постоянного контакта с окружающей средой. Вероятно, мигранты оказались более подверженными данным влияниям в отличие от мужчин, постоянно проживающих в Крыму, что проявилось в более

выраженных возрастных изменениях со стороны дыхательной системы. Однако отмеченные между группами различия мы склонны рассматривать не только, как отражение негативных последствий миграции на функциональное состояние дыхательной системы, но и как положительное проявление особенностей экологического портрета крымско-татарской этнической группы. Можно предположить, что представителей крымских татар отличал исторически сформировавшийся в данных климатогеографических условиях экологический портрет, который в определенной степени оптимизировал механизмы адаптогенеза и, несмотря на возрастные изменения, позволил поддерживать более высокое функциональное состояние дыхательной системы по сравнению с мигрантами славянами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полученные результаты свидетельствовали, что с увеличением возраста для обследуемых всех групп являлось характерным уменьшение легочных объемов, однако наиболее выраженные изменения наблюдались у мигрантов 1 и 2 групп, где разница значений ЖЕЛ у мужчин 60–64 и 75–79 лет равнялась 26,2 %, ($p < 0,05$), и 24,6 %, ($p < 0,05$), тогда, как у лиц, проживающих на полуострове постоянно, она не превышала 20,5 %, ($p < 0,05$). Относительно компонентов ЖЕЛ, в большей степени снижение величин коснулось РОвд и составило от 37,0 %, ($p < 0,05$), до 55,8 %, ($p < 0,05$).
2. Анализ результатов спирометрии позволил выявить уменьшение с возрастом как объемных, так и скоростных параметров, зарегистрированных при выполнении маневра форсированного выдоха. Было отмечено падение скорости воздушного потока в целом и на всех уровнях бронхиального дерева. При этом снижение отдельных показателей у стариков 75–79 лет по сравнению с пожилыми обследуемыми 60–64 лет достигло 30–35 %, ($p < 0,05$).
3. Было определено, что, начиная от подгрупп пожилых лиц 60–64 лет, и до более старших возрастных категорий прослеживалась динамика падения значений парциального давления углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха. Наименьшие величины показателя $30,8 \pm 1,5$ мм рт. ст. и $31,2 \pm 1,6$ мм рт. ст. были зарегистрированы у 75–79-летних крымских татар и 80–85-летних мигрантов-славян. При этом с прибавлением возраста увеличение доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции в большей степени проявилось у мужчин 2 группы.
4. Исследование показало, что на фоне закономерных инволютивных перестроек у обследуемых трех групп, проявился ряд особенностей, связанных как с последствиями миграции, так и этнической принадлежностью мужчин. Славянам 3 группы, постоянно проживающим в Крыму, соответствовало наиболее высокое функциональное состояние дыхательной системы. При этом мигранты-славяне 1 группы отличались более выраженными возрастными изменениями большинства изучаемых показателей, не только по сравнению с 3 группой славян, но и с мигрантами крымскими татарами.

Список литературы

1. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации/ В. П. Казначеев.– Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.
2. Агаджанян Н. А. Экологическая физиология человека / Н. А. Агаджанян, А. Г. Марачев, Г. А. Бобков. – М.: Наука, 1998. – 415 с.
3. Иванова Е. В. Заболеваемость и смертность населения трудоспособного возраста по причине болезней органов дыхания в 2010–2012 гг./ Е. В. Иванова, Т. Н. Биличенко, А. Г. Чучалин // Пульмонология. – 2015. – Т. 26. № 3. – С. 291–297.
4. Feyrouz Al-Ashkar. Interpreting pulmonary function tests: Recognize the pattern, and the diagnosis will follow / Feyrouz Al-Ashkar, Reena Mehza, PeterJ Mazzone // Cleveland Clinic Journal of Medicine. – 2003. – № 10. Oct. – P. 866–881.
5. Коркушко О.В. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхо-легочной патологии / О. В. Коркушко, Д. Ф. Чеботарев Н. Д. Чеботарев // Український пульмонологічний журнал. – 2005. – № 3. – С. 35–41.
6. Сафронова Н. С. Анализ заболеваемости и распространенности болезней органов дыхания у населения Крыма / Н. С. Сафронова // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». – 2015. – Т. 17. № 3. – С. 27 – 31.
7. Кузнецова В.К. Критерии оценки границ нормальных значений параметров, рассчитываемых из регистрации отношений поток-объем-время маневра форсированной жизненной ёмкости легких выдоха / В. К. Кузнецова, Е. С. Аганезова // Пульмонология. – 1996. – В. 1. – С. 125–132.
8. Чикина С.Ю. Спирометрия в повседневной практике / С.Ю. Чикина, А.В. Черняк // Лечебное дело. 2007. – № 2. – С. 29–37.
9. Клемент Р. Ф. Принципиальные и методические основы разработки единой системы должных величин / Р. Ф. Клемент // Современные проблемы клинической физиологии дыхания. – Л., 1987. – С. 5–20.
10. Бяловский Ю. Ю. Капнография в общеврачебной практике / Ю. Ю. Бяловский, В. Н. Абросимов. – Рязань.: Дело, 2007. – 142 с.
11. Батагов С. Я. Структурные и функциональные изменения дыхательной системы, развивающиеся в процессе старения / С. Я. Батагов // Особенности течения и лечения заболеваний у жителей блокадного Ленинграда, лиц пожилого и старческого возраста. Вып. 1. Заболевания легких.– СПб., 2008. – С. 38–41.
12. Фролькис В. В. Регуляция дыхания в старости / В. В. Фролькис // В кн.: Дыхание, газообмен и гипоксические состояния в пожилом и старческом возрасте. – К., 1975. – С. 17–30.
13. Crapo R. O. The role of reference values in interpreting lung function tests / R. O. Crapo // Eur. Respir.J. – 2004. – Vol. 24, №3. – P.341–342.

AGE CHANGES OF EXTERNAL RESPIRATION IN MIGRANTS AND PERMANENT RESIDENTS OF CRIMEA OF VARIOUS ETHNIC GROUPS

Safronova N. S., Vikulova N. N.

*Taurida Academy (Academic Unit) FSAEE HE “CFU named after V.I.Vernadsky”, Simferopol,
Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: nine195@rambler.ru*

In view of historically developed polyethnic structure of the Crimean peninsula and a consequence of active migratory streams in the second half of last century, studying of ethno-physiological aspects of ageing including systems of external respiration at representatives of various ethnic and age groups of population of the region becomes an actual problem. Therefore revealing of ethno-physiological peculiarities of age changes of an external respiration system in migrants and permanent residents of Crimea became the

purpose of the given work. In research 115 men have taken voluntary part at the age of 60-85 years without a pathology of respiratory system and decompensate forms of cardiovascular diseases. Examined people have been divided into 3 groups. In the 1st group (n=39) the representatives of the Crimean Tatars migrating to Crimea from Central Asia in the late of 80th in the beginning of 90th years of the last century have entered. The 2nd group (n=45) has been generated from Slavs (Russian and Ukrainians), moved at the same time period to Crimea from the central-European part of Russia and northern-east areas of Ukraine. The 3rd group (n=31) was made by the Slavs, who was born and constantly living on the peninsula. In addition in each group age subgroups have been allocated: 60-64 years, 65-69 years, 70-74 years, 75-79 years. Separately in the 2nd group the subgroup of old men of 80-85 years was generated. In the work methods of spirometry and capnography were used. The obtained data was processed by nonparametric methods of the statistical analysis.

As has shown research, with increase of age for examined people reduction of pulmonary volumes, force of expiratory muscles, deterioration of bronchial permeability was characteristic. At all men decrease in values of vital capacity of lungs and its components was observed. Thus more essential changes, which have made from 30,8 % to 40,4 %, have concerned of an indicator of reserve volume of an expiration. At performance of maneuver of the forced expiration reduction of speed of an air stream as a whole and at all levels of a bronchial tree has been registered. Some indicators exceeded 30-35 % with the age decrease. Falling of partial pressure of carbon dioxide in a final portion of the expiratory air in the group of 75-79-years Crimean Tatars have reached 28,7 мм of mercuric column is noted. At the same time some intergroup differences obviously the migrations connected with consequences and an ethnic accessory of men have been noted. So, the Slavs who was born and constantly living in Crimea, in comparison with migrants, differed by less expressed age changes of the majority of studied values. Thus separate parameters of system of the external respiration registered in representatives of the Crimean Tatars, were essentially higher of concerning similar indicators of Slavs migrants.

Thus, the change of the constant place of residence accompanied by change of action on the person of habitual ecological and social factors is powerful stress-genic mechanism long influencing on many functional and anatomy-physiological systems of an organism. Thus the system of external respiration is in a condition of special pressure because of the functional lability on the background of constant contact with environment. Probably migrants have appeared more subject to the given influences, unlike the men constantly living in Crimea that was showed in more expressed age changes from a respiratory system. However we are inclined to consider the distinctions noted between groups not only as reflection of negative consequences of migration on a functional condition of respiratory system, but also as positive display of features of an ecological portrait of the Crimean Tatar ethnic group. It is possible to assume that representatives of the Crimean Tatars were distinguished historically generated in the present climatic geographical conditions an ecological portrait, which in certain degree optimized mechanisms of adaptogenesis, and despite at age changes has allowed supporting higher functional state of respiratory system in comparison with Slavs migrants.

Keywords: respiratory system, elderly, old men, age changes, migrants, pulmonary volumes, mechanics of respiration, bronchial permeability, carbon dioxide.

References

1. Kaznacheev V. P., *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern aspects of adaptation]. 192 p. (Novosibirsk, Nauka, 1980). [in Russian].
2. Agadzhanian N. A., Marachev A. G., Bobkov G. A. *Ekologicheskaya fiziologiya* [Ecological physiology]. Moscow, 1999, 415 p. [in Russian].
3. Ivanova E. V., Bilichenko T. N., Chuchalin A. G. *Pul'monologiya*, [Pulmonology]. 2015, vol. 26, no. 3, pp. 291-297. [in Russian].
4. Feyrouz Al-Ashkar, Reena Mehza, PeterJ Mazzone. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2003. vol. 10. Oct. pp. 866-881.
5. Korkushko O. V., Chebotarev D. F., Chebotarev N. D. *Ukrainskij pulmonologichnij zhurnal* [Ukrainian Pulmonology Journal], **3**, 35 (2005) [in Russian].
6. Safronova N. S. *Zhurnal nauchnyh statej "Zdorove i obrazovanie v XXI veke"* [The Journal of scientific articles "Health and Education Millennium"], **17**, **3**, 27. (2015). [in Russian].
7. Kuznetsova V. K., Aganezova E. S. *Pul'monologiya*, [Pulmonology], **1**, 125. (1996) [in Russian].
8. Chikina S. U., Cherniak A. V. *Lechebnoe delo*, **2**, 29 (2007). [in Russian].
9. Klement R. F. *Principialnye i metodicheskie osnovy razrabotki edinoj sistemy dolzhnyh velichin* [Fundamental and methodical bases of development of a unified system of proper values], *Sovremennye problemy klinicheskoy fiziologii dyhaniya* [Modern klynycheskoy fyzyolohyy breathing problems], 5 (1987) [in Russian].
10. Byalovsky J. J., Abrosimov V. N. *Kapnografiya v obshchevrachebnoj praktike* [Capnography in therapeutic practice]. 142 p. (Ryazan: Business, 2007). [in Russian].
11. Batagov S. J. *Osobennosti techeniya i lecheniya zabolevanij u zhitelej blokadnogo leningrada lic pozhilogo i starcheskogo vozrasta. Vyp. 1. Zabolevaniya legkih* [Features of the course and treatment of diseases among residents of besieged Leningrad, elderly and old age. Vol. 1. Lung diseases]. SPG, 38 (2008) [in Russian].
12. Frolkis V. V. *Dyhanie gazoobmen i gipoksicheskie sostoyaniya v pozhilom i starcheskom vozraste* [The breath gas exchange and hypoxic conditions in elderly persons], 17. (K., 1975). [in Russian].
13. Crapo R. O. *Eur. Respir. J.*, **24**, **3**, 341 (2004).

Поступила в редакцию 05.12.2015 г.

УДК 612.014.42:594.38

**БЛОКАДА ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ НАЛОКСОНОМ
У МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* МОДИФИЦИРУЕТ ИНФРАДИАННУЮ
РИТМИКУ НОЦИЦЕПЦИИ ПРИ УМЕРЕННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ
ЭКРАНИРОВАНИИ**

Темурьянц Н. А.¹, Чуян Е. Н.¹, Туманянц К. Н.¹, Костюк А. С.², Ярмолюк Н. С.¹

¹*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь,
Республика Крым, Россия*

²*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
E-mail: timur328@gmail.com*

Обнаружено, что блокирование опиоидных рецепторов налоксоном у интактных животных приводит к изменениям инфрадианной ритмики ноцицепции, заключающимся в уменьшении числа выявляемых периодов, сдвигах фаз в отдельных периодах. Умеренное ЭМЭ, при котором ослабляются переменная и постоянная компоненты геомагнитного поля, а также ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл у моллюсков с блокированием опиоидных рецепторов вызывают возрастание числа выявляемых периодов в спектрах, значительные амплитудно-фазовые сдвиги. Эти изменения более выражены при ЭМЭ, чем при действии ПеМП частотой 8 Гц.

Делается вывод о важной роли опиоидной системы в изменении инфрадианной ритмики ноцицепции при электромагнитных воздействиях.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, переменное магнитное поле, крайне низкие частоты, моллюски, инфрадианная ритмика, ноцицепция, налоксон, опиоидные рецепторы.

ВВЕДЕНИЕ

Развивающаяся в настоящее время концепция биологического действия микродоз [1, 2] оказалась плодотворной для доказательства экологической роли электромагнитных полей (ЭМП) естественного происхождения, что показано в разнообразных экспериментах с их активным воздействием на животных [3–7]. Важное значение для развития этих представлений имеет и исследование эффектов ослабленного геомагнитного поля (ГМП), достигаемого электромагнитным экранированием (ЭМЭ). Интерес к таким исследованиям возрос и в связи с развитием концепции биологического действия комбинированных магнитных полей (МП) и изучением резонансных механизмов их действия [8]. Кроме фундаментального значения, такие исследования имеют и прикладную значимость, т. к. ослабление ГМП различной степени довольно распространено, но слабо изучено [9].

Показано, что важное экологическое значение имеет такой компонент ГМП как переменные магнитные поля (ПеМП) крайне низкой частоты (КНЧ). Их интенсивность максимальна по сравнению с интенсивностью полей других

частотных полос как в спокойные периоды, так и особенно во время геомагнитных возмущений, когда его интенсивность может возрастать в 10–1000 раз [10]. Важной составляющей природного электромагнитного фона этого диапазона являются колебания на основной частоте ионосферного волновода 8 Гц, а также разнообразные геомагнитные пульсации магнитосферного и ионосферного происхождения [11, 12]. Изменения параметров ПеМП этого диапазона широко используются в биосфере для передачи разнообразной информации [3].

Обычно реакции организма на действие электромагнитных факторов оцениваются по изменению показателей системы крови, центральной нервной, сердечно-сосудистой систем и т.д. Однако наиболее воспроизводимые и стойкие результаты получены при исследовании ноцицепции [13–15]. Показано также, что при действии слабых электромагнитных факторов изменяется временная организация биологических систем. Ранее нами было обнаружено, что при ЭМЭ и при действии ПеМП 8 Гц развивается десинхронизация, определенный по изменению параметров инфрадианной ритмики (ИР) ноцицепции [14].

Но, несмотря на важность временной организации для функционирования биологических систем, многие аспекты их ритмических изменений изучены совершенно не достаточно. В частности, недостаточно исследованы физиологические механизмы генерации и регуляции ИР. Этот аспект актуальной проблемы хронобиологии рассмотрен лишь в единичных исследованиях [16–18].

Известно, что в регуляции ноцицепции важную роль играют антиноцицептивные системы. В 1993 году А. Н. Frey [19] впервые высказал предположение о том, что в реакции организма на действие ЭМП вовлечена и опиоидная система. Ее важная роль в изменении ноцицепции при ЭМЭ и действии ПеМП КНЧ показана нами ранее [20, 21]. Однако ее участие в изменении ИР ноцицепции при таких воздействиях не изучено. Учитывая однотипные изменения этой системы при ЭМЭ и действии ПеМП КНЧ [20, 21], была поставлена задача сравнить модификацию ИР ноцицепции при блокаде опиоидных рецепторов не только при ЭМЭ, но и при действии ПеМП частотой 8 Гц. В связи с изложенным целью исследования явилось исследование участия опиоидной системы в изменении ИР ноцицепции при ЭМЭ и действии ПеМП частотой 8 Гц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на наземных моллюсках *H. albescens* с соблюдением принципов биоэтики в соответствии с международными принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Directive 2010/63/EU, Страсбург, 2010) [22], под контролем комиссии по биоэтике КФУ им. В. И. Вернадского.

Устройство и свойства экранирующей камеры описаны нами ранее [14, 20, 21]. В этой камере достигалось ослабление вертикальной составляющей ГМП в 4.4 раз, горизонтальной – в 20 раз. 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 $10 \text{ нТл/Гц}^{0.5}$. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц – порядка трех. На частотах больше 1 МГц имеет место практически полное

экранирование. Методика измерений интенсивности ЭМП различных диапазонов описана ранее [14, 20, 21]. Таким образом, в нашем исследовании применялось экранирование, умеренно ослабляющее как постоянную, так и переменную компоненты ГМП.

В нашем исследовании использовалось ПеМП частотой 8 Гц и индукцией 50 нТл. Величину магнитной индукции выбирали с таким расчетом, чтобы она была значительно выше интенсивности ПеМП естественного происхождения на данной частоте. Это позволило уменьшить эффекты неконтролируемых электромагнитных воздействий, а вследствие широкого «амплитудного окна» на этой частоте распространить сделанные выводы на достаточно широкий диапазон интенсивностей ПеМП [3]. Кроме того, учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся.

ПеМП создавалось кольцами Гельмгольца диаметром 1 м, с неравномерностью поля в зоне расположения животных менее 5 %. Источником сверхнизкочастотного тока синусоидальной формы служил генератор ГРМ-3. Контроль за протеканием тока через кольца осуществлялся непрерывно с помощью миллиамперметра М2020 и осциллографа Н-303. Оценка всех составляющих погрешностей амплитуды позволила поддерживать амплитуду и частоту ПеМП с точностью не ниже 3.5 % от их номинального значения.

Отобранных моллюсков делили на 3 группы: контрольные животные (I группа), моллюски, подвергавшиеся действию ЭМЭ (II группа) и ПеМП частотой 8 Гц (III группа).

Животные I группы (контроль) находились за пределами камеры в той же комнате. Животные II группы содержались в экранирующей камере по 22 часа в сутки в течение 21 суток. Моллюски III группы подвергались действию ПеМП частотой 8 Гц ежедневно в течение 21 суток с 8 до 11 ч утра за пределами камеры.

Животные каждой выделенной группы были разделены на 2 равноценные подгруппы: А и Б. Моллюскам подгруппы А вводился физиологический раствор (ФР), животным подгруппы Б – налоксон (Н). Животные каждой подгруппы, состоящей из 20 особей, помещались в отдельные стеклянные террариумы.

Налоксон вводили в дозе 5 мг/кг в переднюю долю нижней поверхности подошвы животного [23], моллюскам подгруппы А вводился эквивалентный объем (0,6 мл) ФР в одно и то же время за 15 мин. до экспериментального воздействия.

Для животных контрольной и экспериментальных групп соблюдались одинаковые режимы температуры ($22\pm 2^\circ\text{C}$), влажности, шума, освещенности. Освещенность вне камеры и внутри ее, а также внутри террариумов измерялась с помощью люксметра ТКЛ-ПКМ (модель 63). Внутри них освещенность колебалась от 0,1 до 0,2 лк, внутри экранирующей камеры и в лаборатории, где содержались моллюски контрольной группы, была такого же уровня, а в лаборатории, в которой проводили тестирование, колебалась от 480 до 500 лк.

Животные II группы извлекались из камеры ежедневно на 2 часа с 11 до 13 час. для измерения параметров ноцицепции, которые проводили у каждого животного в течение 21 суток в лаборатории. У моллюсков I и III групп измерения проводились с 9 до 11 ч. Таким образом, животные находились в условиях свет: темнота 2 : 22 ч.

О состоянии ноцицептивной чувствительности животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания в тесте «горячая пластинка». Особенность пластинки, изготовленной из стекла, – в том, что на ее нижнюю поверхность методом распыления в вакууме нанесен нитрид титана (защищено патентом Украины на изобретение) [24]. Все измерения проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

Для статистической обработки данных использовали пакет специализированных программ «MedStat». Ежедневно вычисляли среднее значение ЛП и П животных каждой обследуемой подгруппы, ошибку средней. Математическую обработку коротких временных рядов физиологических данных проводили с помощью косинор-анализа [25, 26], который основан на модели временного ряда как аддитивной смеси полезного сигнала и шума, где сигнал имеет форму косинусоиды с определенными параметрами. Для животных каждой группы были получены данные, характеризующие точность вписывания для каждого из периодов в диапазоне от 2,2 до 21 суток с шагом 0,2 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Косинор-анализ данных измерения ЛП и П у интактных моллюсков выявил следующие периоды в их динамике: $\approx 2^d,4(2,2-2,4)$; $\approx 3^d,7(3,5-3,8)$; $\approx 6^d,4(5,5-6,4)$ и $\approx 9^d,0(8,5-9,1)$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,041 до 0,060 усл.ед., с увеличением длины периода их амплитуды возрастали. Доминирующим периодом являлся период $\approx 9^d,0$ (табл. 1). Сравнение фаз выделенных периодов П и ЛП реакции избегания термического стимула выявил практически полное их совпадение.

Анализ результатов исследования ИР ноцицептивной реакции моллюсков, которым ежедневно вводился ФР, не выявил различий с данными интактных животных. Таким образом, болевое раздражение, вызванное инъекцией, а также введение 0,6 мл ФР не влияло на ритмические изменения ноцицепции.

Иной результат получен у животных, которым вводили Н (табл. 1). В этом случае выявлено укорочение спектра периодов инфранианного диапазона, который состоял из 3 периодов, а не из 4, как у животных, которым вводился ФР. Не выявлялся самый длинный период $\approx 9^d,0$. Кроме того, регистрировался сдвиг фаз в периоде $6^d,4$. Таким образом, блокирование опиоидной системы у интактных моллюсков приводит к изменению спектра, что может свидетельствовать об участии опиоидной системы в формировании организации ИР ноцицепции.

Следствием пребывания моллюсков, которым вводился ФР в экранирующей камере, явилось изменение структуры спектров мощности П и ЛП ноцицептивной реакции (табл. 1). В этих спектрах не выявлялось ряда периодов: $\approx 3^d,7$; $\approx 6^d,4$; $\approx 9^d,0$, характерных для спектров интактных животных. Однако выявлялись периоды длительностью $\approx 4^d,5$ и $\approx 7^d,5$, не обнаруживаемые в спектрах интактных моллюсков. Кроме того, ЭМЭ приводило к уменьшению числа выявляемых периодов. Эти данные указывают на то, что ЭМЭ вызывает развитие десинхроноза.

Таблица 1.

Данные косинор-анализа ЛП ноцицептивной реакции интактных моллюсков *H. albescens* и животных с блокированной налоксоном опиоидной системой, находящихся в условиях ЭМЭ.

Параметры ритма	Группы животных			
	Контроль+фр	ЭМЭ+н	ЭМЭ+фр	Контроль+н
	1	2	3	4
Период (сутки)	2,42	2,25	2,20	2,42
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,054±0,007	0,045±0,05	0,039±0,04
Фаза (радианы)	1,470±0,137	1,041±0,043	1,120±0,014	1,356±0,229
		$P_{1,2}<0,05$	$P_{2,3}<0,05$	$P_{2,4}<0,05$
Период (сутки)	3,76	3,46	---	3,46
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,058±0,005	---	0,038±0,004
Фаза (радианы)	2,522±0,826	2,419±0,158	---	2,280±0,195
		$P_{1,2}<0,01$		$P_{2,4}<0,05$
Период (сутки)	---	4,41	4,50	---
Амплитуда (усл.ед.)	---	0,049±0,007	0,057±0,008	---
Фаза (радианы)	---	2,944±0,043	2,484±0,323	---
Период (сутки)	6,40	5,57	---	6,40
Амплитуда (усл.ед.)	0,049±0,006	0,087±0,009	---	0,062±0,008
Фаза (радианы)	2,306±0,201	3,797±0,918	---	3,654±0,641
		$P_{1,2}<0,01$		$P_{2,4}<0,01$
		$P_{1,2}<0,01$		$P_{1,4}<0,01$
Период (сутки)	---	---	7,53	---
Амплитуда (усл.ед.)	---	---	0,073±0,08	---
Фаза (радианы)	---	---	4,007±0,162	---
Период (сутки)	9,14	8,00	---	---
Амплитуда (усл.ед.)	0,060±0,006	0,113±0,013	---	---
Фаза (радианы)	2,523±0,234	6,394±0,708	---	---
		$P_{1,2}<0,05$		
		$P_{1,2}<0,01$		

Примечание:

P_{1-4} – достоверность различий между группами 1–4.

Такое явление обнаружено не только в условиях искусственного ослабления ГМП, но и в природных экранах – пещерах. В этих работах десинхронизм был верифицирован по характерным изменениям ритмики циркадианного диапазона. Такое явление зарегистрировано не только у волонтеров, но и позвоночных животных. Нами при умеренном экранировании верифицирован десинхронизм у планарий *Dugesia tigrina* на основе изменений ритмики инфрадианного диапазона [27] их скорости движения.

Блокирование опиоидных рецепторов налоксоном у моллюсков, помещенных в условия ЭМЭ, приводило к гораздо менее выраженным изменениям ИР по

сравнению с интактными животными, которым вводился ФР. В этом случае имело место противоположное явление – увеличение числа выявляемых периодов в спектре: появлялся период $4^d,41$, как у животных, находившихся в условиях ЭМЭ, которым вводился ФР. Но если структура спектра ИР ноцицепции животных, которым вводился Н, претерпевала гораздо меньшее изменение, то амплитудно-фазные сдвиги были выражены гораздо больше: амплитуды всех выделенных ритмов возрастали, а в период $\approx 8^d,0$ зарегистрирован резкий сдвиг фаз (табл. 1).

Таким образом, ЭМЭ при блокировании опиоидных рецепторов Н приводило к менее выраженным изменениям ИР ноцицепции моллюсков по сравнению с интактными животными, которым вводился ФР, однако по сравнению с контрольными животными, которым вводился Н, спектры становились более насыщенными, регистрировались значительные амплитудные и фазовые сдвиги.

Как показали проведенные исследования, ПеМП 8 Гц также изменяло ИР животных, которым вводился ФР. Оно вызывало перестройку выделенных спектров. Вместо периода продолжительностью $6^d,4$, присутствующего в спектрах животных контрольной группы, появился период $4^d,4$. Кроме того, имело место возрастание амплитуды периода $3^d,8$, а также сдвиг фаз в самом коротком ($2^d,42$) и длинном ($8^d,53$) периодах (табл. 2). Таким образом, ПеМП 8 Гц, так же, как и ЭМЭ, приводило к развитию десинхроноза, который был, однако, менее выражен, чем при экранировании. Эти результаты совпадают с нашими более ранними исследованиями с активным воздействием на животных ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл, в которых показано их влияние на циркадианную и инфрадианную ритмику ряда показателей функционального состояния различных физиологических систем у позвоночных и беспозвоночных [14, 25, 27].

У моллюсков, которым вводился Н, по сравнению с интактными моллюсками, которым вводился ФР, ПеМП 8 Гц вызывало появление нового периода $4^d,5$, в результате чего число периодов в спектре возрастало до 5. Кроме того, фиксировались сдвиги фаз во всех совпадающих периодах.

По сравнению с контрольными животными, которым вводился Н, блокирование опиоидных рецепторов у моллюсков, подвергавшихся действию ПеМП, приводило к возрастанию числа выявленных периодов в спектре ($4^d,5$ и $8^d,0$), а также амплитудно-фазным сдвигам.

Таким образом, воздействие на животных низкоинтенсивных факторов – умеренного ЭМЭ и низкоинтенсивного ПеМП 8 Гц – вызывает одинаковые изменения ИР, приводит к развитию десинхроноза, более выраженного при ЭМЭ. Блокирование опиоидных рецепторов Н значительно модифицирует изменения ИР при электромагнитных воздействиях: как при ЭМЭ, так и при действии ПеМП 8 Гц число выявленных периодов по сравнению с интактными животными возрастает на 2, кроме того, фиксируются амплитудно-фазные сдвиги.

Таблица 2.

Данные косинор-анализа ЛП ноцицептивной реакции избегания термического стимула интактными моллюсками *H. albescens* и животными с блокированием опиоидных рецепторов Н при действии ПеМП КНЧ

Параметры ритма	Группы животных			
	Контроль+фр	Контроль+н	ПеМП+фр	ПеМП+н
	1	2	3	4
Период (сутки)	2,42	2,42	2,42	2,46
Амплитуда (усл.ед.)	0,042±0,004	0,039±0,004	0,041±0,007	0,040±0,004 P _{1,4} <0,01
Фаза (радианы)	1,470±0,137	1,356±0,229	2,103±0,215 P _{1,3} <0,05	3,123±0,203 P _{2,4} <0,01 P _{3,4} <0,01
Период (сутки)	3,76	3,46	3,88	3,88
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,038±0,004	0,058±0,005 P _{1,3} <0,05 P _{2,3} <0,05	0,051±0,005 P _{2,4} <0,05
Фаза (радианы)	2,522±0,826	2,280±0,195	2,089±0,030	4,280±0,167 P _{1,4} <0,01 P _{2,4} <0,01 P _{3,4} <0,01
Период (сутки)	---	---	4,41	4,57
Амплитуда (усл.ед.)	---	---	0,053±0,005	0,044±0,005
Фаза (радианы)	---	---	4,142±0,865	4,770±0,804
Период (сутки)	6,4	6,4	---	5,57
Амплитуда (усл.ед.)	0,049±0,006	0,062±0,008 P _{1,2} <0,05	---	0,047±0,006 P _{2,4} <0,05
Фаза (радианы)	2,306±0,201	3,654±0,641 P _{1,2} <0,01	---	4,685±0,714 P _{1,4} <0,01 P _{2,4} <0,01
Период (сутки)	9,14	---	8,53	8,00
Амплитуда (усл.ед.)	0,060±0,006	---	0,360±0,007	0,079±0,006 P _{3,4} <0,01
Фаза (радианы)	2,523±0,234	---	3,953±0,048 P _{1,3} <0,01	4,017±0,084 P _{1,4} <0,01

Примечание:

P₁₋₄ – достоверность различий между группами 1–4.

В настоящее время установлено, что ведущую роль во временной организации биологических систем играет мелатонин (М) [28]. М – эволюционно древняя молекула обнаруженная практически у всех организмов, населяющих планету [29], он обладает высокой физиологической активностью.

Его синтез всегда происходит в темноте, благодаря темновой постсинаптической активации β-адренорецепторов пинеалоцитов [30]. Поэтому его

концентрация ночью всегда выше (достигает 70%), чем днем [31], что дает основание называть его ночным гормоном. В условиях свет:темнота = 12:12 акрофаза в содержании СТ, М и активности ферментов, принимающих участие в его синтезе, обнаруживается в середине темновой фазы. Такой динамике синтеза М соответствует циркадианная ритмика активности физиологических систем. Поэтому суточный ритм синтеза М сравнивается с часами. Кроме того, продолжительность повышения уровня М пропорциональна длительности темновой фазы сезонного светового цикла. Самый высокий уровень М обнаружен у многих животных и человека в октябре – марте, самый низкий – в апреле – сентябре, т. е. ритм синтеза М является для биологических систем не только часами, но и календарем [31].

В настоящее время установлено, что ритм синтеза М участвует в организации и ИР физиологических систем [32]. Д. Г. Губин (1988) [33] обнаружил околонедельный ритм содержания М в слюне человека, ранее описанный у ряда позвоночных. Существенно и то обстоятельство, что эпифиз ответственен за организацию ритмов с более короткими периодами, в частности, ритмов минутного и секундного диапазонов [34]. Эти данные позволяют рассматривать ритм синтеза М как центральный водитель биологических ритмов [28].

Циркулирующий М реализует свое действие через М1 и М2 рецепторы, которые локализованы на мембранах клеток практически всех органов и тканей, благодаря чему он играет важную роль как межклеточный нейроэндокринный регулятор и участвует в регуляции разнообразных физиологических эффектов [35, 36].

Была обнаружена тесная взаимосвязь между М и опиоидной системой [37]. Так, М стимулирует синтез в различных структурах мозга β -эндорфина, а введение агонистов опиоидных рецепторов увеличивает уровень М в эпифизе крыс. Но решающее значение в развитии мелатонининдуцированной анальгезии играет активация им опиоидных рецепторов [38, 39].

Их блокада Н изменяет не только активность опиоидной системы, но и ее ритмическую организацию. Именно с этим, по-видимому, связано изменение ИР ноцицепции у интактных животных, которым вводился Н. При блокаде опиоидных рецепторов следует ожидать и изменения ритмики других диапазонов, что должно являться предметом дальнейших исследований.

В настоящее время накапливается все больше сведений об участии М в механизмах биологического действия электромагнитных факторов. Анализ литературных данных свидетельствует о том, что ЭМП различных параметров вызывают принципиально одинаковые изменения: нивелирование ночного накопления М в эпифизе – основном месте его синтеза, изменение ритмики его секреции [40, 41].

Ранее нами была обнаружено [20, 21], что при действии ЭМЭ и ПемП наблюдаются фазные изменения активности опиоидной системы, определяемые по влиянию Н на параметры реакции избегания термического стимула. Показано также участие М в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при умеренном ЭМЭ [42].

В условиях блокады опиоидных рецепторов при электромагнитных воздействиях, изменяющих ритмику секреции М, модифицируется временная

организация процессов, контролируемых опиоидной системой. Умеренное ЭМЭ, при котором ослабляются переменная и постоянная компоненты ГМП, а также ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл у моллюсков с блокированием опиоидных рецепторов вызывают возрастание числа выявляемых периодов в спектрах, значительные амплитудно-фазовые сдвиги. Эти изменения более выражены при ЭМЭ, чем при действии ПеМП частотой 8 Гц. Таким образом, опиоидная система играет важную роль в организации изменения ИР ноцицепции при электромагнитных воздействиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для подтверждения этих выводов должны быть исследованы изменения ритмики других диапазонов при электромагнитных воздействиях с блокадой опиоидных рецепторов, изучены эффекты электромагнитных факторов других параметров, а также изменения ритмики других физиологических систем при таких воздействиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-06054 (проект «Феноменология и механизмы действия слабых электромагнитных факторов: ослабленного электромагнитного поля Земли и низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты»).

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».

Список литературы

1. Бурлакова Е. Б. Сверхслабые воздействия химических соединений и физических факторов на биологические системы / Е. Б. Бурлакова, А. А. Кондратов, Е. Л. Мальцева // Биофизика. – 2004. – Т. 49, № 4. – С. 551–564.
2. Галль Л. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни / Л. Галль – СПб.: изд-во СПбГПУ, 2009. – 317 с., 2010. – 716 с.
3. Темурьянц Н. А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Н. А. Темурьянц, Б. М. Владимирский, О. Г. Тишкин – Киев: Наук. думка, 1992. – 187 с.
4. An experimental study of the biological effects of geomagnetic disturbances: The impact of a typical geomagnetic storm and its constituents on plants and animals / V. V. Krylov, N. V. Ushakova, Y. G. Izyumov [et. al.] // J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2014. – Vol. 110–111. – P. 28–36.
5. Effects on rats of low intensity and frequency electromagnetic field stimulation on thoracic spinal neurons receiving noxious cardiac and esophageal inputs / C. Qin, J.M. Evans, W.S. Yamanashi [et. al.] // Neuromodulation. – 2005. – Vol. 8. – P. 79.
6. Мартынюк В. С. Влияние экологически значимого переменного магнитного поля на метаболические параметры головного мозга животных / В. С. Мартынюк, С. Б. Мартынюк // Биофизика. – 2001. – Т. 46, № 5. – С. 910–914.
7. Rosenspire A. J. Pulsed DC electric fields couple to natural NAD(P)H Oscillations in HT- 1080 fibrosarcoma cells / A. J. Rosenspire, A. L. Kindzelskii, H. R. Petty // J. of Cell Science. – 2001. – Vol. 114, No 8. – P.1515–1520.
8. Леднев В. В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей / В. В. Леднев // Биофизика. – 1996. – Т. 41, Вып. 1. – С. 224–231.

9. Григорьев Ю. Г. Реакция организма в ослабленном геомагнитном поле. Эффект магнитной депривации / Ю. Г. Григорьев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1995. – Т. 35, № 1. – С. 3–18.
10. Polk G. Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston / G. Polk, F. Fitchen, W. O. Schumann // Radio Propagation. – 1962. – Vol.3, Is. 66. – P. 313.
11. Schumann W. O. Über die dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W. O. Schumann // Naturwissenschaft. – 1982. – Vol.7. – P. 250–254.
12. Cherry N. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity / N. Cherry // Natural Hazards. – 2002. – Vol. 26. – P. 279–331.
13. 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, Is. 14. – P. 1299–1306.
14. Эффекты слабых электромагнитных воздействий у беспозвоночных животных (регенерация планарий, ноцицепция моллюсков) / Н. А. Темурьянц, Е. Н. Чуян, А. С. Костюк [и др.] – Симферополь: ДИАИПИ. – 2012. – 303 с.
15. Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice / F. S. Prato, J. A. Robertson, D. Desjardins [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2005. – Vol. 26. – P.109–117.
16. Период инфраничных ритмов интенсивности физиологических процессов в организме человека / Н.Н. Шабатура, В. Г. Ткачук, В. А. Федько [и др.] // Физиол. журн. УССР. – 1987. – Т. 33, № 2. – С. 10–16.
17. Шабатура Н. Н. Механизм происхождения инфраничных биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, №3. – С. 83–103.
18. Halberg F. Organisms as circadian systems; temporal analysis of their physiologic and pathologic responses; including injury and death / F. Halberg // Symp. med. aspects stress milit. climate. – Wash. (D. C.). – 1993. – P. 1–36.
19. Frey A. H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A. H. Frey // FASEB J. – 1993. – Vol. 7. – P. 272–281.
20. Темурьянц Н. А. Роль опиоидной системы в модуляции термоноцицептивной чувствительности моллюсков при действии слабых электромагнитных факторов / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // Нейрофизиология. – 2011. – Т. 43, № 5. – С. 432–441.
21. Темурьянц Н. А. Воздействие переменного магнитного поля крайне низкой частоты на активность опиоидной системы моллюсков, находящихся в условиях длительного электромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // Геофизические процессы и биосфера. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 42–52.
22. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123). Заключена в г. Страсбурге 18 марта 1986 г. Гл. III, ст. 6. Режим доступа: base.garant.ru/4090914.
23. The terrestrial Gastropoda *Megalobulimus abbreviatus* as a useful model for nociceptive experiments. Effects of morphine and naloxone on thermal avoidance behavior / M. Achaval, M.A.P. Penha, A. Swarowsky [et al.] // Brazilian J. Medical and Biological Research. – 2005. – Vol. 38, Is.1. – P.73–80.
24. Патент № 48094 Украины МПК51 А 01 К 61/00 / Темурьянц Н. А., Вишневецкий В. Г., Костюк А. С., Макеев В. Б. № U 200908538. Заявл.: 13.08.2009 г. Опубл.: 10.03.2010 г. Бюл. № 5.
25. Мартынюк В. С. Биологические ритмы и электромагнитные поля среды обитания / В. С. Мартынюк, Б. М. Владимирский, Н. А. Темурьянц // Геофизические процессы и биосфера. – 2006. – Т. 5, № 1. – С. 5–23.
26. Емельянов И. П. Формы колебания в биоритмологии / И. П. Емельянов – Новосибирск: Наука. – 1976. – 127 с.
27. Ярмолук Н. С. Реакции планарий *Dugesia tigrina* на действие электромагнитных факторов (биоритмологический анализ) / Н. С. Ярмолук, Н. А. Темурьянц // Монография. [Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing.]. – 2012. – 169 с.
28. Erren T. C. Melatonin: a universal time messenger / T. C. Erren, R. J. Reiter // Neuro Endocrinol Lett. – 2015. – Vol. 36, Is. 3. – P. 187–192.
29. Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: relation to their biological functions / D.-X. Tan, X. Zheng, J. Kong, C. Lucien // Int. J. Mol. Sci. – 2014. – Vol. 15, Is. 9. – P. 15858–15890.

30. Reif J. S. The effects of exposure to magnetic fields on melatonin in humans / J. S. Reif, J. B. Burch // 2nd World Congr. For Electricity and Magnetism in Biol. And Med.: Abstract book. – Bologna, Italy. – 1997. – P. 11.
31. Reiter R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar / R. J. Reiter // *Experientia*. – 1993. – Vol. 49, Is. 8. – P. 654–664.
32. Темур`янц Н. А. Роль епіфіза в організації інфрадіанної ритміки фізіологічних систем / Н. А. Темур`янц, О. В. Шехоткин // *Нейрофізіологія*. – 1999. – Т. 31, № 2. – С. 157–161.
33. Губин Д. Г. Молекулярные механизмы циркадианных ритмов и принципы развития десинхроноза / Д. Г. Губин // *Успехи физиологических наук*. – 2013. – Т. 44, № 4. – С. 65–87.
34. Арушанян Э. Б. Модуляторные свойства эпифизарного мелатонина / Э. Б. Арушанян, Л. Г. Арушанян // *Проблемы эндокринологии*. – 1991. – Т. 37, № 3. – С. 65–68.
35. Karasek M. Melatonin in humans / M. Karasek, K. Winczyk // *Journal of physiology and pharmacology*. – 2006. – Vol. 57, Is. 5. – P. 19–39.
36. Melatonin receptors. In the IUPHAR compendium of receptor characterization and classification / M. L. Dubocovich, D. P. Cardinali, P. Delagrange [et al.] // 2nd edition, IUPHAR Media, London, UK. – 2000. – P. 270–277.
37. Melatonin in antinociception: its therapeutic applications / V. Srinivasan, E. C. Lauterbach, K. Y. Ho [et al.] // *Curr. Neuropharmacol.* – 2012. – Vol. 10, Is. 2. – P. 167–178.
38. Chuchuen U. The stimulatory effect of mu- and delta-opioid receptors on bovine pinealocyte melatonin synthesis / U. Chuchuen, M. Ebadi, P. Govitrapong // *J. of Pineal Research*. – 2004. – Vol. 37, Is. 4. – P. 223–229.
39. Involvement of the pineal gland and melatonin in murine analgesia / M. L. Lakin, C. H. Miller, M. L. Stott [et al.] // *Life Sciences*. – 1981. – Vol. 29, Is. 24. – P. 2543–2551.
40. Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge / B. Lewczuk, G. Redlarski, A. Żak, Ziółkowska N., Przybylska-Gornowicz B., Krawczuk M. [et al.] // *BioMed Research International*. – 2014. – Vol. 2014. – P. 13.
41. Touitou Y. The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system / Y. Touitou, B. Selmaoui // *Dialogues in Clinical Neuroscience*. – 2012. – Vol. 14, Is. 4. – P. 381–399.
42. Темурьянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 2013. – Т. 99, № 11. – С. 1333–1341.

NALOXONE BLOCK OF OPIOID RECEPTORS IN MOLLUSCA *HELIX ALBESCENS* MODIFIES INFRADIAN RHYTHMICITY OF NOCICEPTION UNDER MODERATE ELECTROMAGNETIC SHIELDING

Temuryants N. A.¹, Chuyan E. N.¹, Tumanyants K. N.¹, Kostyuk A. S.², Yarmolyuk N. S.¹

¹*Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Russian Federation*

²*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kiev, Ukraine*

E-mail: timur328@gmail.com

We found that a block of opioid receptors by naloxone in intact animals produces changes in the infradian rhythmicity of nociception. These changes are manifested in the decrease in the number of perceivable periods and in phase shifts in some periods that can be found. In those animals whose opioid receptors are blocked, moderate electromagnetic shielding (which leads to a decrease in the temporary and permanent components of the geomagnetic field), as well as 8Hz, 50nTl variable magnetic field (VMF) lead to an increase in the number of periods that could be seen in the spectra and produce

considerable amplitude-phase shifts. These changes are greater when the animals are under the conditions of electromagnetic shielding, than they are exposed to VMF.

We conclude that the opioid system plays an important role in the mediation of infradian rhythmicity of nociception of animals exposed to electromagnetism.

Keywords: electromagnetic factor, snails, infradian rhythmicity, nociception, naloxone, opioid receptors.

References

1. Burlakova E. B., Kondratov A. A., Mal'ceva E. L. Superweak affecting of compounds and physical factors biological systems, *Biophysics*, **49**, 4, 551 (2004).
2. Gall' of L. In the world of superweak. Nonlinear quantum bioenergetics: new look to nature of life, SPb.: izd-vo SPbGPU, 317 (2009), 716 (2010).
3. Temuryants N. A., Vladimirovsky B. M., Tishkin O. G. *ELF electromagnetic signals in the biological world*. 187 pp. (Kiev: Science. Dumka, 1992)
4. Krylov V. V., Ushakova N. V., Izyumov Y. G., Kuz'mina V. V., Morozov A. A., Osipova E. A., Zotov O. D., Klain B. I., Kantserova N. P., Lysenko L. A., Nemova N. N., Znobisheva A. V. An experimental study of the biological effects of geomagnetic disturbances: The impact of a typical geomagnetic storm and its constituents on plants and animals, *J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, **110**, 28 (2014).
5. Qin C., Evans J. M., Yamanashi W. S., Sherlang B. I., Foreman R. D. Effects on rats of low intensity and frequency electromagnetic field stimulation on thoracic spinal neurons receiving noxious cardiac and esophageal inputs, *Neuromodulation*, **8**, 79 (2005).
6. Martynyuk V. S., Martynyuk S. B. Influence ecologically of the meaningful variable magnetic field on the metabolic parameters of cerebrum of zoons, *Biophysics*, **46**, 5, 910 (2001).
7. Rosenspire A. J., Kindzelskii A. L., Petty H. R. Pulsed DC electric fields couple to natural NAD(P)H Oscillations in HT- 1080 fibrosarcoma cells, *J. of Cell Science*, **114**, 8, 1515 (2001).
8. Lednyov V. V., Bioeffects of weak combined fixed and variable magnetic fields, *Biophysics*, **41**, 1, 224 (1996).
9. Grigoriev Yu. G., Reactions of the organism in a weakened geomagnetic field, *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, **35**, 1, 3 (1995).
10. Polk G., Fitchen F., Schumann W. O., Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston, *Radio Propagation*, **3**, 66, 313 (1962).
11. Schumann W. O. Über die dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphere, *Naturwissenschaft*, **7**, 250 (1982).
12. Cherry N. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity, *Natural Hazards*, **26**, 279 (2002).
13. Del Seppia C., Luschi P., Ghione S., Crosio E., Choleris E., Papi F., Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice, *Life Sci*, **66**, 14, 1299 (2000).
14. Temuryants N. A., Chuyan E. N., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N., Demtsun N. A., Yarmolyuk N. S., Effects of weak electromagnetic factors on the invertebrates (regeneration of planaria, nociception of snails), Monograph, (Simferopol, 2012).
15. Prato F. S., Robertson J. A., Desjardins D., Hensel J., Thomas A. W., Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice, *Bioelectromagnetics*, **26**, 109, (2005).
16. Shabaturo N. N., Tkachuk V. G., Fed'ko V. A., Palienco S. B. A period of infradiannykh rhythms of intensity of physiological processes is in the organism of man, *Fiziol. zhurn. UKRAINE*, **33**, 2, 10 (1987).
17. Shabaturo N. N. The mechanism of the origin of biological rhythms infradian, *Advances Fiziol. Sciences*, **20**, 3, 83 (1989).
18. Halberg F. Organisms as circadian systems; temporal analysis of their physiologic and pathologic responses; including injury and death, Symp. med. aspects stress milit. *Climate, Wash.* (D. C.), 1 (1993).
19. Frey A. H., Electromagnetic field interactions with biological systems, *FASEB J.* **7**, 2, 272, (1993).
20. Temuryants N. A., Kostyuk A. S. Role of opioid system in the modulation thermonociceptive sensitivity in snails under the action of weak electromagnetic factors, *Neurophysiology*, **43** (5), 432 (2011).

21. Temuryants N. A., Kostyuk A. S. Affecting of the variable magnetic field of uttery LF activity of the opioidnoy system of shellfishes, being in the conditions of the protracted electromagnetic screening, *Geophysical processes and biosphere*, **14**, 1, 42 (2015).
22. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS № 123). It concluded in Strasbourg March 18, 1986 Ch. III, Art. 6. Access: base.garant.ru/4090914.
23. Achaval M., Penha M. A. P., Swarowsky A. [et al.] The terrestrial Gastropoda *Megalobulimus abbreviatus* as a useful model for nociceptive experiments. Effects of morphine and naloxone on thermal avoidance behaviour, *Brazilian J. Medical and Biological Research*, **38**, 1, 73 (2005).
24. No. 48094 Ukraine, МРК51 А 01 К 61/00. Pristriy reestratsii parametriv bolovoї chutlivosti terrestrial molyuskiv / Temur'yants N. A., Vishnevsky V. G., Kostyuk O. S., Makeev V. B.; zayavnik that patentovlasnik Tavriysky natsionalny universitet IM. V. I. Vernadskogo. – № U 200908538; appl. 13.08.2009; publ. 10.03.2010, Bull. №5.
25. Martynyuk V. S., Vladimirskiy B. M., Temur'yants N. A. Biological rhythms and electromagnetic fields of environment of dwelling, *Geophysical processes and biosphere*, **5**, 1, 5 (2006).
26. Emelyanov I. P. Waveforms in biorhythmology, 127 p (Nauka, Novosibirsk, 1976).
27. Yarmolyuk N. S., Temuryants N. A. *Reactions planarian Dugesia tigrina on the effect of electromagnetic factors (biorythmological analysis)*, 169 p. (Monograph. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2012).
28. Erren T. C., Reiter R. J. Melatonin: a universal time messenger, *Neuro Endocrinol Lett.*, **36**, 3, 187 (2015).
29. Tan D. X., Zheng X., Kong J., Manchester L. C., Hardeland R., Kim S. J., Xu X., Reiter R. J., Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: relation to their biological functions, *Int J Mol Sci.*, **15**, 15858 (2014).
30. Reif J. S. The effects of exposure to magnetic fields on melatonin in humans, 2nd World Congr. For Electricity and Magnetism in Biol. And Med.: Abstract book, Bologna, Italy, 11, (1997).
31. Reiter R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar, *Experientia*, **49**, 8, 654 (1993).
32. Temur'yants N. A., Shekhotkin A. V. A role of epifiza in organization of infradiannoy ritmiki of the physiology systems, *Neyrofiziologiya*, **31**, 2, 157 (1999).
33. Gubin D. G. Molecular mechanisms of cirkadiannykh rhythms and principles of development of desinkronoza, *Successes of physiological sciences*, **44**, 4, 65 (2013).
34. Arushanyan E. B., Arushanyan L. G. Keyer properties of epiphyseal melatonina, *Problems of endocrinology*, **37**, 3, 65 (1991).
35. Karasek M., Winczyk K. Melatonin in humans, *J. of physiology and pharmacology*, **57**, 5, 19 (2006).
36. Dubocovich M. L. Cardinali D. P., Delagrang P. [et al.] Melatonin receptors. In the IUPHAR compendium of receptor characterization and classification, 2nd edition, IUPHAR Media, London, UK, 270 (2000).
37. Srinivasan V., Lauterbach E. C., Ho K. Y., Acuna-Castroviego D., Zakaria R., Brzezinsky A. Melatonin in antinociception: its therapeutic applications, *Curr. Neuropharmacol*, **10**, 12, 167 (2012).
38. Chuchuen U., Ebadi M., Govitrapong P., The stimulatory effect of mu- and delta-opioid receptors on bovine pinealocyte melatonin synthesis, *Journal of Pineal Research*, **37**, 4, 223 (2004).
39. Lakin M. L., Miller C. H., Stott M.L., Winters W. D., Involvement of the pineal gland and melatonin in murine analgesia, *Life Sci*, **29**, 24, 2543 (1981).
40. Lewczuk B., Redlarski G., Żak A., Ziółkowska N., Przybylska-Gornowicz B., Krawczuk M. Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge, *BioMed Research International*, **2014**, 13 (2014).
41. Touitou Y., Selmaoui B. The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system, *Dialogues in Clinical Neuroscience*, **14**, 4, 381 (2012).
42. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N. Participating of melatonina in the change of nocicepcii shellfishes and mise at the protracted electromagnetic screening, Russian physiological magazine the name of I.M. Sechenova, 99, 11, 1333 (2013).

Поступила в редакцию 01.12.2015 г.

УДК 579.64:581.14(653.63)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ BIOTEХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ

Теплицкая Л. М., Перегудова А. О.

*Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: lm_teplicskaya@ukr.net*

Работа направлена на определение влияния микробиологического препарата «Эмбико» на ростовые процессы растений огурца на ранних этапах развития. Показано избирательное влияние биопрепарата «Эмбико» на энергию прорастания, всхожесть, морфометрические показатели проростков и активность каталазы огурцов на примере сортов Конкурент и Феникс. Установлено, что микробиологический препарат «Эмбико» оказывает существенное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян этих сортов, повышая значения ростовых показателей. Существенным моментом является оптимальная концентрация препарата, которая определена в наших исследованиях.

Ключевые слова: эффективные микробные технологии, биопрепарат «Эмбико», *Cucumis sativus L.*, ростовые процессы.

ВВЕДЕНИЕ

Признаки положительного влияния микроорганизмов на жизнедеятельность растений различны. О применении этих бактерий для обработки сельскохозяйственных растений накоплен большой материал, убедительно подтверждающий эффективность такого приема получения высокого и качественного урожая [1–4]. Микроорганизмы продуцируют ферменты, витамины, аминокислоты, стимуляторы роста растений. Биологически активные вещества, выделяемые микроорганизмами, не только влияют на рост растений и повышают урожайность, но и улучшают качество продукции, увеличивая содержание белков, незаменимых аминокислот и витаминов [5, 6].

Одной из важнейших проблем, стоящей перед современной сельскохозяйственной микробиологией, является создание консорциумов полезных микроорганизмов для культурных растений, не вступающих в антагонистические отношения между собой и взаимодополняющие друг друга. Но остаются неясными механизмы и реакции растений на воздействие этих препаратов.

Поэтому целью исследований является изучения влияния микробиологического препарата «Эмбико» на всхожесть, энергию прорастания, морфометрические и биохимические показатели растений на ранних этапах развития в водной культуре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения исследований служил микробиологический препарат «Эмбико», в состав которого входили следующие группы микроорганизмов: фототрофные аноксигенные пурпурные несерные бактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептобактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептококки и одноклеточные грибы *Saccharomyces*. В качестве тест-объектов служили семена растений огурца (*Cucumis sativus* L.) сортов Конкурент и Феникс, отличающихся по всхожести семян [7, 8].

Сорт Конкурент – раннеспелый, высокоурожайный.

Сорт Феникс – гибрид, обладает комплексной устойчивостью к заболеваниям – один из самых устойчивых к ложной мучнистой росе. Сорт Феникс предназначен для выращивания во всех зонах России особенно подходит для возделывания в районах с сухим жарким летом и нехваткой влаги.

Энергию прорастания определяли на 3 сутки, всхожесть – на 7 сутки [9]. При исследовании морфометрических показателей длину корня и пробег в контрольном варианте принимали за 100 % и по пропорции вычисляли процентные соотношения в опытных вариантах. После дезинфекции семена по 100 шт. переносили в кюветы на фильтровальную бумагу. Фильтровальная бумага была пропитана препаратом «Эмбико», в котором количество живых микробных клеток в 1 см³ не менее 10⁷–10⁸, в трех разведениях: 1:1000, 1:200, 1:100. Материалом исследования являлись семена огурца сортов Феникс плюс и Конкурент. Исследования проводили в лабораторных нестерильных условиях. Контролем служили семена, проращиваемые на фильтровальной бумаге, смоченной водопроводной водой. Ферменты определяли в семенах, замоченных на 24 часа. Повторность опытов трехкратная. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными показателями, определяющими жизнеспособность будущих проростков, являются энергия прорастания и всхожесть семян. Одним из методов оценки влияния микроорганизмов на растения является определение числа проросших семян в определенный период времени. Важность этого критерия при оценке ростостимулирующих препаратов обусловлена тем, что фитостимулирующие микроорганизмы обеспечивают более высокий процент скорости прорастания семян растений.

Известно, что энергия прорастания – это всхожесть семян в течение обусловленного ГОСТом (ГОСТ, 1985) короткого промежутка времени, всхожесть – это потенциальная способность семян к прорастанию, выраженная в процентах от общего числа семян.

В опыте по изучению влияния микробиологического консорциума «Эмбико» на энергию прорастания было установлено, что при замачивании семян огурцов в разведении препарата 1:100 составило 98 %, что совпадает с показателем в контрольном варианте (табл. 1). При разведении препарата 1:200 – 97 %, что на 1% ниже, чем в контрольном варианте. При разведении препарата 1:1000 энергия

прорастания составила 100 %, что на 2 % выше по отношению к контролю. Всхожесть семян сорта Конкурент при разведении препарата 1:1000 и 1:100 составила 100 %, что полностью совпало с контролем. При разведении препарата 1:200 – на 1 % ниже по сравнению с контролем.

У сорта «Конкурент» в контрольном варианте процент энергии прорастания семян почти полностью совпал с процентом всхожести (табл. 1), что говорит о высоком ростовом потенциале семян данного сорта. Поэтому микробиологический консорциум «Эмбико» показал незначительное увеличение показателей энергии прорастания и всхожести по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

Влияние микробиологического консорциума «Эмбико» на энергию прорастания и всхожесть семян растений огурца сорта Конкурент.

Сорт	Показатели прорастания семян	Варианты опыта			
		контроль	1:1000	1:200	1:100
Конкурент	энергия прорастания, %	98,0	100,0	97,0	98,0
	всхожесть, %	100,0	100,0	99,0	100,0

Микробиологический консорциум «Эмбико» оказал более значительное действие на энергию прорастания и всхожесть семян сорта Феникс в сравнении с этими параметрами у семян сорта Конкурент. В опыте по изучению микробиологического консорциума «Эмбико» энергия прорастания семян в контрольном варианте составила 42 %. (табл. 2.). При разведении консорциума 1:1000 (вариант № 2) всхожесть увеличилась до 48 %, что на 6 % выше контроля. При уменьшении разведений до 1:200 (вариант № 3) и 1:100 (вариант № 4) всхожесть увеличилась до 54 % и 69 %, что на 12 % и 27 % выше контроля.

Действие микробиологического консорциума «Эмбико» на всхожесть семян в контрольном варианте составила 54 %. В варианте № 2 (1:1000) всхожесть увеличилась до 65 %, что на 11 % выше контроля; в варианте № 3 (1:200) – до 72 %, что на 18 % выше, чем в контрольном варианте. А при разведении препарата «Эмбико» 1:100 (вариант № 4) составило 74 %, что на 20 % выше по сравнению с контролем.

Таким образом, в результате изучения влияния микробиологического консорциума «Эмбико» на энергию прорастания и всхожесть семян сорта «Феникс» установлено, что увеличение этих показателей на сорте с низким ростовым потенциалом составляет 27 % и 20 % по сравнению с контролем. Чем выше концентрация разведения препарата, тем выше эффект действия микробиологического консорциума.

Таблица 2

Влияние микробиологического консорциума «Эмбико» на энергию прорастания и всхожесть семян растений огурца сорта Феникс.

Сорт	Показатели прорастания семян	Варианты опыта			
		контроль	1:1000	1:200	1:100
Конкурент	энергия прорастания, %	42,0	48,0	54,0	69,0
	всхожесть, %	54,0	65,0	72,0	74,0

Наши изучения влияния микробиологического препарата «Эмбико» на морфометрические показатели корня и побегов 7-дневных проростков семян показали, что препарат «Эмбико» в разведениях 1:100 (вариант 4) и 1:1000 (вариант 2) стимулировал рост главного корня растений огурца сорта Конкурент до 102,2 % и 102,6 %, что на 2,2 % и 2,6 % выше контроля (табл. 3.). Разведение препарата 1:200 (вариант 3) стимулировало рост корневой системы до 107,8 %, что на 7,8 % выше контроля.

Микробиологический консорциум «Эмбико» оказал также стимулирующее действие на морфометрические показатели корней у сорта Феникс. В разведениях препарата 1:100 (вариант 4), 1:200 (вариант 3) и 1:1000 (вариант 2) стимулирует ростовые процессы корневой системы до 119,6 %, 132,6 % и 126,1 % соответственно. Оптимальной концентрацией было определено разведение препарата 1:200. При использовании этого варианта разведения длина корня составила $10,6 \pm 0,3$ см.

Таблица 3.

Влияние микробиологического препарата «Эмбико» на морфометрические показатели корней 7-дневных растений огурца сортов Феникс и Конкурент

№	Вариант опыта	Длина корней, см		% к контролю		(tст)	
		Ф	К	Ф	К	Ф	К
1	Контроль	$8 \pm 0,4$	$8,0 \pm 0,4$	100	100	-	-
2	Эмбико 1:1000	$10,0 \pm 0,1$	$8,21 \pm 0,2$	126,1	102,6	14,2	1,03
3	Эмбико 1:200	$10,6 \pm 0,3$	$8,62 \pm 0,1$	132,6	107,8	18,5	6,2
4	Эмбико 1:100	$9,5 \pm 0,4$	$8,1 \pm 0,1$	119,	102,2	30	1

Примечание: Указаны средние \pm стандартная ошибка средней ($p \leq 0,05$).

Разведения «Эмбико» 1:1000 (вариант 2), 1:200 (вариант 3) и 1:100 (вариант 4) стимулировали рост побега до 132,5 %, 143,9 % и 131,3 % соответственно, что превышает контроль более чем на 30 %. Таким образом, препарат «Эмбико» стимулирует рост побегов в большей мере, чем корней. Оптимальной концентрацией является разведение препарата 1:200. При использовании этого варианта высота побега составила $10,07 \pm 0,2$ см. Из всех изученных вариантов разведения препарата «Эмбико» оптимальным вариантом была концентрация 1:200 (Вариант 3). Длина побега в разведении 1:200 (вариант № 3) составила 124,3 %, что на 24,3 % больше контроля. Разведения препарата 1:100 (вариант 4) и 1:1000 (вариант 2) стимулировали рост побега в меньшей степени – на 4,8 и 4,2 % выше контроля. Таким образом, в водной культуре «Эмбико» стимулирует рост корневой системы в большей мере, чем в надземной части растений огурца сорта Феникс (табл. 4).

Таблица 4

Влияние микробиологического препарата «Эмбико» на морфометрические показатели побегов 7-дневных растений огурца сортов Конкурент и Феникс

№	Вариант опыта	Высота растений, см		% к контролю		(тст)	
		Ф	К	Ф	К	Ф	К
1	Контроль	$7,0 \pm 0,4$	$7,0 \pm 0,4$	100	100	-	-
2	Эмбико 1:1000	$9,27 \pm 0,2$	$7,29 \pm 0,4$	132,6	104,2	11,1	0,7
3	Эмбико 1:200	$10,07 \pm 0,2$	$8,70 \pm 0,1$	143,95	124,3	76,7	17
3	Эмбико 1:100	$9,19 \pm 0,2$	$7,33 \pm 0,3$	131,3	104,8	10,7	1,1

Примечание: Указаны средние \pm стандартная ошибка средней ($p \leq 0,05$).

В результате проведенных исследований влияния микробиологического препарата «Эмбико» на количественное содержание каталазы в семенах огурца сортов Конкурент и Феникс получены данные, которые показывают, что у сорта Конкурент с уменьшением разведения наблюдалось увеличение содержания каталазы (табл. 5.). Так, при использовании разведения 1:1000 наблюдалось наибольшее увеличение содержания фермента по сравнению с контролем – на 14,10 %.

Методика изучения активности каталазы основана на определении количества пероксида водорода, расщепленного в процессе инкубации с ферментом. Об активности каталазы судят по объему кислорода, выделяющегося в результате разложения перекиси водорода. У сорта Феникс наибольшая стимуляция ферментативной активности отмечена при разведении 1:200 – на 7,6 % выше по сравнению с контролем. При сравнении влияния «Эмбико» на растения сортов огурцов выявлена большая отзывчивость сорта Конкурент на микробиологический препарат. Показано, что у растений огурца сорта Конкурент разведение «Эмбико» 1:1000 повысило активность каталазы на 14,1 % по сравнению с контролем и составило 0,89 микромоль H_2O_2 / 1 мин / 1 г. У сорта Феникс количество каталазы в разведениях отмечено незначительно.

Таблица 5
Активность фермента каталазы в семенах огурца сорта Феникс на 1-е сутки их прорастания

Вариант опыта	Активность каталазы, мМ Н ₂ О ₂ , *мин-1 *г-1		% к контролю		(tст)	
	Ф	К	Ф	К	Ф	К
Контроль	0,79±0,03	0,78±0,03	100,0%	100,0%	-	-
Эмбико – препарат	0,21±0,05	0,20±0,06	26,6	25,64	11,6	9,6
Эмбико 1:1000	0,84±0,05	0,89±0,03	106,32	114,0	1	2,7
Эмбико 1:200	0,85±0,03	0,86±0,02	107,6	110,25	1,5	2,6
Эмбико 1:100	0,83±0,02	0,84±0,04	105,06	107,7	0,5	1,2

Примечание: Указаны средние ± стандартная ошибка средней (p≤0,05).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено, что микробиологический препарат «Эмбико» не оказывает существенного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян огурцов сорта Конкурент в сравнении с контролем.
2. Показано, что на растения огурцов сорта Феникс препарат «Эмбико» оказал значительное действие на энергию прорастания и всхожесть по сравнению с Конкурентом. Была выявлена оптимальная концентрация препарата, оказывающая стимулирующее действие на всхожесть и энергию прорастания, – 1:100.
3. Определено, что микробиологический консорциум стимулировал рост побегов в большей мере, чем корней растений огурца сорта Конкурент. В варианте с сортом Феникс препарат оказал стимулирующее действие на рост корней.
4. Показано, что у растений огурца сорта Конкурент разведение «Эмбико» 1:1000 повысило активность каталазы на 14 % по сравнению с контролем и составило 0,89 микромоль Н₂О₂ / 1 мин / 1 г.

Список литературы

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А. А. Завалин. – М.: ВНИИА, 2005. – 302 с.
2. Кожемяков А. П. Биопрепараты для земледелия / А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь // В сб.: Биопрепараты в сельском хозяйстве. М., 2005. – С. 18–54.
3. Моргун В. В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практического применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. – Т 41. № 3 – С. 187–207.
4. Шапошников А. И. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) / А. И. Шапошников, А. А. Белимов, Л. В. Кравченко, Д. М. Виванко // Сельскохозяйственная биология – 2011 – № 3 – С. 16–22.
5. Полонская Л. М. Стимуляция роста растений культурами *Beijerinckia* и *Clostridium* / Л. М. Полонская, О. Т. Ведица, Л. В. Лысак, Д. Г. Звягинцев // Микробиология – 2002 – том 71, №1 – С. 123–129.
6. Чудинова Ю. В. Влияние микроорганизмов на всхожесть семян и рост ростков корней редиса / Ю. В. Чудинова, Н. Н. Наплекова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2009 – №7 (57) – С. 14–18.

7. Ржевская В. С. Изучение антагонистической активности ветпрепарата «Эмпроббио» по отношению к условно-патогенным микроорганизмам / В.С. Ржевская, С.О. Омельченко // Мікробіобіотехнології: актуальність і майбутнє – Radostim-2012: матеріали Межд. науч.-практ. конф. Київ, 19–22 листопада 2012 р.
8. Ржевская В. С. Влияние совместного применения гумата натрия и микробиологического препарата «Эмбико» на ростовые показатели растений огурца сорта Нежинский 12 / В.С. Ржевская, А. В. Омельченко, Л. М. Теплицкая // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 218–223.
9. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038 – 84. – [действующий от 01.07.1986]. – М.: Министерство сельского хозяйства СССР, 1984. – 60 с.

THE USE OF ADVANCED BIOTECHNOLOGY TO IMPROVE PRODUCTIVITY OF PLANTS

Teplitskaya L. M., Peregudova A. O.

*Tauride academy Crimean Federal University VI Vernadsky, Simferopol, Republic of Crimea,
Russian Federation
E-mail: lm_teplitskaya@ukr.net*

The work is aimed at determining the effect of microbial consortium on the growth processes of cucumber plants under water culture. Signs of a positive impact of microorganisms on plant life are different. On the application of these bacteria for the treatment of agricultural crops has accumulated a lot of material, clearly confirming the effectiveness of this method of obtaining high yield and quality. Microorganisms produce metabolites – enzymes, vitamins, amino acids, plant growth stimulants. Biologically active substances secreted by micro-organisms, not only affect the growth of plants and increase the yield, but also improve product quality by increasing the content of protein, essential amino acids and vitamins. The selected topic is currently particularly relevant, as one of the most important problems facing modern agricultural microbiology, is the creation of consortia of beneficial microorganisms for crop plants, without entering into an antagonistic relationship with each other and complement each other. But it is not clear and the mechanisms of plant response to the effects of these drugs. The material of the study was the microbiological preparation "Embiko", composed of the following groups of microorganisms: anoxic phototrophic purple non-sulfur bacteria, lactic streptobakteriihomofermentative lactic acid streptococci and homofermentative celled fungus *Saccharomyces*. As a test – objects were seeds of cucumber (*Cucumissativus L.*) cultivars competitors and Phoenix, differing in seed germination. Vigor was determined on day 3, germination – on the 7th day. In the study of morphometric parameters runs the length of the root and in the control variant was taken as 100% and the percentage of the proportion calculated in test versions. After disinfection of the seeds of 100 pcs. transferred into cuvettes on the filter paper. The filter paper was impregnated with drug "Embiko" which had titer 1×10^7 , three dilutions – 1: 1000, 1: 200, 1: 100. Studies carried out in non-sterile laboratory conditions. Served as control seeds were germinated on filter paper moistened with tap water. Enzymes were determined in seeds, soaked for 24 hours. Repeated tests three times. Displaying a selective effect of a biological product "Embiko"

on germination energy, germination, seedling morphometric parameters and catalase activity of competitors and cucumber varieties Phoenix. It was found that the microbiological agent "Embiko" has a significant impact on the vigor and germination varieties Phoenix, increasing the value of growth indicators. In undiluted microbial drug inhibits the activity of the enzyme catalase in seeds treated during the first days of germination. It was revealed that the microbiological preparation "Embiko" no significant effect on the vigor and germination of seeds of cucumber varieties competitor, compared with the control. Grade Competitor has a high growth potential. It is shown that plants cucumber varieties Phoenix preparation "Embiko" had a more significant effect on germination and vigor compared to competitors. It was found the optimum concentration of the drug, it has a stimulating effect on the growth processes – 1: 100. It was determined that microbial consortium has stimulated the growth of shoots to a greater extent than the root system of a cucumber varieties competitor. In grade Phoenix drug has a stimulating effect on the root system. It is shown that in plants of cucumber breeding Competitor grade "Embiko" 1: 1000 for increased catalase activity by 14.10% compared to controls and was 0.89 micromolar H₂O₂ / 1 min / 1d.

Keywords: biological product "Embiko», Cucumis sativus L., seeds, germination, catalase.

References

1. Zavalin A. A. *Biological products, fertilizers and crop*. – 302 p. (M.: VNIIA, 2005).
2. Kozhemyakov A. P. Biological products for cultivation. In.: *Biologics in agriculture*., 18. (M., 2005).
3. Wink V. V., Kots S. J., Kirichenko E. V. Growth promoting rhizobacteria and prakticheskogo application. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*., **41, 3**, 187 (2009).
4. Shaposhnikov A. I., Belimov A. A., Kravchenko L. V., Vivanco M. D. Interaction of rhizosphere bacteria with plants: mechanisms of formation and efficiency factors associative symbioses (review), *Agricultural Biology*, **3**, 16 (2011).
5. Polonskaya L. M., Vedin O. T., Lisak L. V., Zvyagintsev D. G. Stimulation of plant growth and Clostridium cultures Beijerinckia, *Microbiology*. **71, 1**, 123 (2002).
6. Chudinov J. V., Naplekova N. N. The impact of microorganisms on seed germination and growth of radish sprouts roots. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. **7 (57)**, 14 (2009).
7. Rzhetskaya V. S., Omelchenko S. O. Study of the antagonistic activity of veterinary preparations "Emprobio" in relation to opportunistic pathogens. *Mikrobnibiotekhnologii: iaktualnist the Future – Radostim-2012: materials between. scientific and practical. Conf. Kiev, 19–22 leaf fall 2012 p.*
8. Rzhetskaya V. S., Omelchenko A. V., Teplitskaya L. M. Effect of combined use of sodium humate and microbiological preparation "Embiko" on the growth performance of plants cucumber varieties Nezhinskii 12, *Scientific notes of Taurida National University. Vernadsky.Series «Biology, chemistry»*. **24 (63), 4.**, 218 (2011).
9. Agricultural seeds. Methods for determination of germination: GOST 12038 – 84 – [acting on 01.07.1986]. – 60 p. (M.: Ministry of Agriculture of the USSR, 1984).

Поступила в редакцию 27.11.2015 г.

УДК 616.366–003.7:612.357.64

ИЗМЕНЕНИЕ БЕЛКОВОГО И ЛИПИДНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПРИ ЖЕЛЧНОКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Чертаев И. В., Никольская В. А., Чайка А. В.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Россия
E-mail: 5612178@ukr.net*

В данной статье с точки зрения современных научных позиций рассмотрены вопросы патогенеза желчнокаменной болезни, классификации образования желчных камней, систематизированы биохимические критерии, используемые в диагностике желчнокаменной болезни. Освещены особенности изменений белкового и липидного метаболизма при желчнокаменной болезни в детском возрасте.

Ключевые слова: желчнокаменная болезнь, желчные камни, белковый метаболизм, липидный метаболизм, биохимические показатели крови и мочи.

ВВЕДЕНИЕ

Желчнокаменная болезнь (ЖКБ), или холелитиаз (от греч. *chole* – желчь и *lithos* – камень) – заболевание, характеризующееся образованием конкрементов в желчном пузыре или желчных протоках [1]. Это заболевание, известное с древних времен. Некоторые сведения о ЖКБ имеются в трудах Гиппократ (V–IV век до н. э.). Он не только описал симптомы заболевания, но и попытался определить роль желчи в организме человека. Описание характерных симптомов и первых способов лечения ЖКБ приводят в своих сочинениях Авиценна, Цельс, Дж. Морганьи, а Гален и Везалий обнаруживали желчные камни при вскрытии трупов [2].

Поскольку показания для диагностирования холецистэктомии возникают лишь в 20–30% случаев с ранее бессимптомным течением холелитиаза, то ЖКБ считается относительно доброкачественным заболеванием. Тем не менее осложнения этого заболевания приводят к значительному расходу материальных ресурсов здравоохранения на их лечение [3, 4].

Целью данной статьи является обобщение современных сведений об особенностях изменений на физиологическом и биохимическом уровне процессов, вызванных желчнокаменной болезнью. В работе представлены современные научные взгляды, касающиеся этиологии ЖКБ, результаты последних исследований по патофизиологии холелитиаза. Впервые предпринята попытка систематизировать разрозненные данные о физиолого-биохимическом статусе крови у детей с ЖКБ.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Образование желчных камней и их классификация

Холестериновые камни часто содержат центральное ядро, в котором преобладают пигменты. Они могут быть гомогенно кальцифицированы или же иметь кальцифицированную оболочку. В других случаях эти камни состоят из серовато-белых отложений холестерина. Некальцифицированные камни, состоящие преимущественно из холестерина, визуализируются при диагностической ультрасонографии верхних отделов живота. При традиционной же рентгенографии они не видны (рентгенопрозрачны) [2]. *Черные пигментные камни* напоминают ягоды тутового дерева (шелковицы) или терновника и имеют черную окраску. *Коричневые пигментные камни* – землисто-коричневые, крошащиеся. Оба этих типа камней визуализируются как при ультразвуковом исследовании, так и при традиционной рентгенографии [2]. Классификация желчных камней у человека представлена в таблице 1. Типы желчных камней представлены на рисунке 1 [5].

Таблица 1

Классификация желчных камней у человека [2]

Тип	Состав	Типичная локализация	Частота встречаемости	Выявление
Холестериновые камни	≥50% холестерина от массы камня	Желчный пузырь	80–90% всех камней	Рентгенопрозрачные
Коричневые пигментные камни	Билирубинат кальция	Желчные протоки	В 10–20% случаев после операций на билиарном тракте	Рентгеноконтрастные
Черные пигментные камни	Полимеры билирубина, дипирролен, муцин	Желчный пузырь, реже – желчные протоки	10–20%, особенно в пожилом возрасте	Рентгеноконтрастные

Причины возникновения ЖКБ традиционно принято рассматривать в основном с позиции образования желчных камней (литогенез) [2, 5–6]. На образование холестериновых камней влияют три основных фактора: перенасыщенность печеночной желчи холестерином, осаждение моногидрата холестерина в виде кристаллов и нарушение функции желчного пузыря (рис. 2) [5].

Изменение состава печеночной желчи. Желчь на 85–95 % состоит из воды. Холестерин, который нерастворим в воде и в норме находится в желчи в растворенном состоянии, секретируется канальцевой мембраной в виде однослойных фосфолипидных пузырьков (рис. 3) [5]. В печеночной желчи, не насыщенной холестерином и содержащей достаточное количество желчных кислот,

пузырьки растворяются до липидных *мицелл* со смешанным составом. Последние имеют гидрофильную наружную поверхность и гидрофобную внутреннюю поверхность, содержащую холестерин.



Рис. 1. Типы желчных камней: а – два фесетчатых холестериновых камня. На фрагменте сверху видна слоистая структура за счет отложений кристаллов холестерина; б – камни, извлеченные из общего желчного протока: р – коричневый пигментный камень, ch – холестериновый камень; с – черный пигментный камень [5].

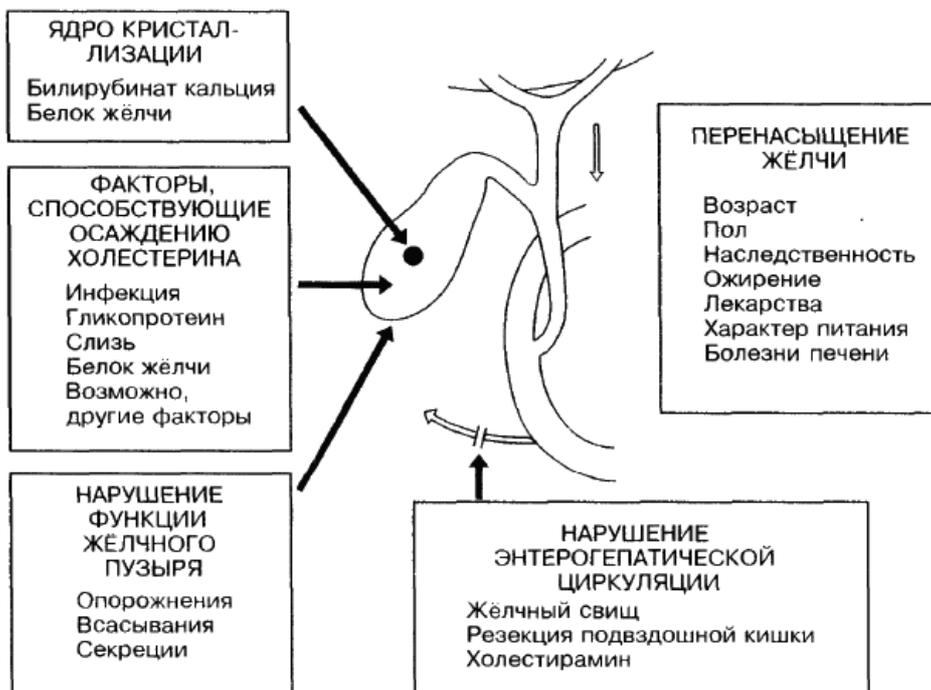


Рис. 2. Факторы, влияющие на образование холестериновых камней [5].

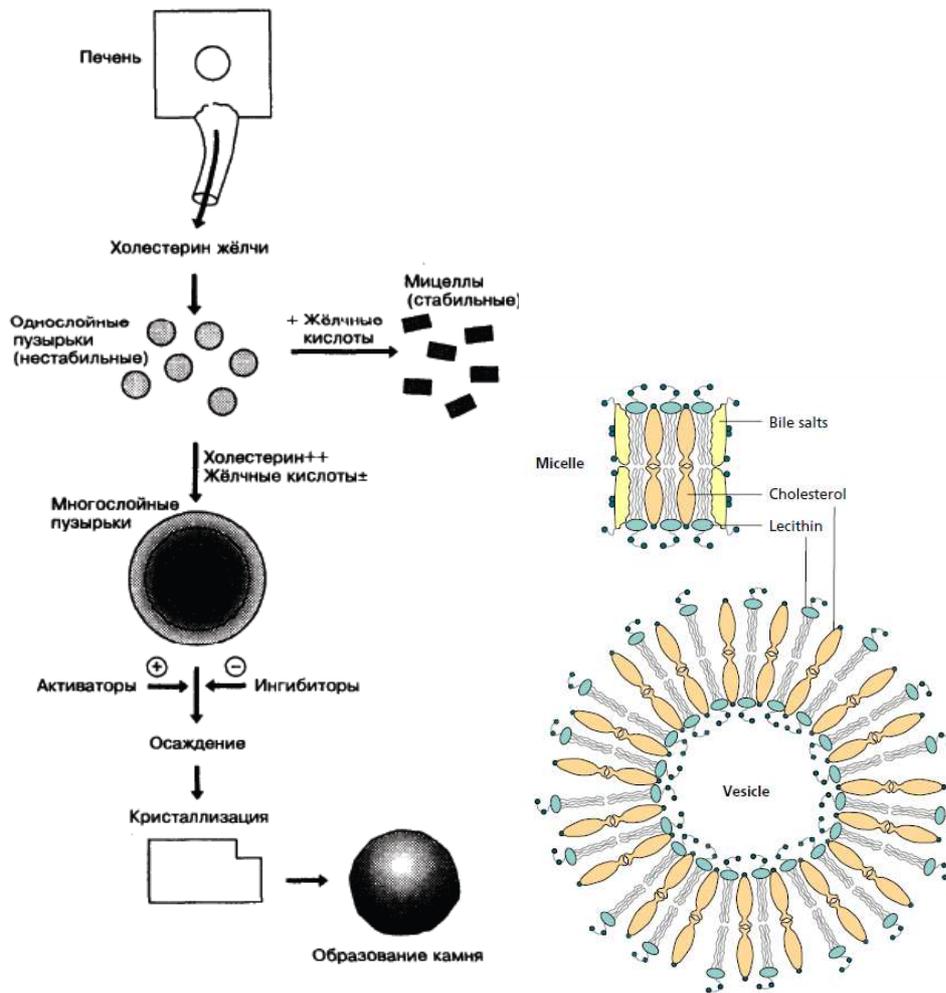


Рис. 3. Общая схема: кристаллизация холестерина в желчи (слева) и строение смешанных мицелл и холестерино-фосфолипидных пузырьков (справа) [5].

С включением фосфолипидов в стенки мицелл происходит их рост. Эти смешанные мицеллы способны удерживать холестерин в термодинамически стабильном состоянии [5]. Такое состояние характеризуется низким индексом насыщения холестерином, который рассчитывается из молярного соотношения холестерина, желчных кислот и фосфолипидов. При высоком индексе насыщения холестерином (при перенасыщении желчи холестерином или снижении концентрации желчных кислот) холестерин не может быть транспортирован в виде смешанных мицелл. Его избыток транспортируется в фосфолипидных пузырьках, которые нестабильны и могут агрегироваться. При этом формируются крупные многослойные пузырьки, из которых и осаждаются кристаллы моногидрата холестерина (см. рис. 3). Процесс агрегации и слияния пузырьков и факторы, влияющие на него и на кристаллизацию

холестерина, остаются невыясненными. Важность этих процессов подчеркивает тот факт, что необходимое условие возникновения желчных камней – перенасыщение желчи холестерином – не является единственным звеном патогенеза.

Желчь часто бывает перенасыщена холестерином и при отсутствии холестериновых камней [5]. Тем не менее в западных странах почти у всех больных желчнокаменной болезнью находят перенасыщение желчи холестерином вследствие возрастания отношения холестерин/желчные кислоты. У большинства больных основным нарушением является снижение секреции желчных кислот печенью, которое вызвано уменьшением их общего пула [5]. Более интенсивная энтерогепатическая циркуляция желчных кислот подавляет их синтез.

Некоторыми исследователями была установлена повышенная активность НМО–СоА–редуктазы и более высокая интенсивность синтеза холестерина у больных по сравнению со здоровыми людьми [7].

Осаждение холестерина. Осаждение кристаллов моногидрата холестерина из многослойных пузырьков является ключевым звеном в физиологии образования желчных камней. При этом способность желчи активизировать или подавлять осаждение играет большую роль, чем ее перенасыщение холестерином. Время осаждения у больных с желчными камнями существенно меньше такового при отсутствии желчных камней, а при множественных конкрементах оно меньше, чем при одиночных [8]. Взаимодействие факторов, приводящих к осаждению холестерина, является сложным. В литогенной желчи повышена концентрация белка. К белкам, ускоряющим осаждение (пронуклеаторам), относятся муцин желчного пузыря, N–аминопептидаза, кислый α_1 –гликопротеин, иммуноглобулин и фосфолипаза С [5]. Аспирин уменьшает продукцию слизи желчным пузырем, поэтому он, как и другие нестероидные противовоспалительные препараты, тормозит образование желчных камней [9]. К факторам, замедляющим осаждение (ингибиторам), относятся аполипопротеины A_1 и A_2 [10] и гликопротеин с молекулярной массой 120 кДа [11]. Роль взаимодействия рН и концентрации кальциевых ионов в образовании камней *in vivo* еще предстоит установить. Урсодезоксихолевая кислота, равно как и уменьшение насыщения желчи холестерином, также увеличивает время осаждения, что может быть использовано для профилактики рецидивов желчнокаменной болезни [12]. В центре холестериновых камней находится билирубин, что позволяет думать о возможности осаждения кристаллов холестерина в желчном пузыре на белково-пигментные комплексы.

Биохимия крови и мочи при ЖКБ

При хроническом холецистите вне обострения и бессимптомном холецистолитазе картина периферической крови нормальная [13]. Биохимический анализ крови информативен только после приступа колики [14–15] (при развитии острого холецистита и сопутствующего холангита и др. осложнений ЖКБ): наблюдаются изменения уровня концентрации ферментов: аланинаминотрансферазы (АЛТ) [15–16], аспаратаминотрансферазы (АСТ) [14–15], щелочной фосфатазы (ЩФ) [13, 15], γ –глутамилтрансферазы (ГГТ)

[13, 15–16], параоксоназы–1 (PON1) и малонового диальдегида [17], а также таких веществ как билирубин [14–16] и холестерин [14, 17–20]. Под определением уровня холестерина в крови нередко понимают показатели липидного обмена в целом: общий холестерин крови, липопротеины низкой плотности (ЛПНП), липопротеины высокой плотности (ЛПВП) [18]. Так как высокая концентрация ЛПВП существенно снижает риск атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний, холестерин ЛПВП иногда называют «хорошим холестерином» (альфа-холестерином) в отличие от «плохого холестерина» ЛПНП, который, наоборот, увеличивает риск развития атеросклероза [21–22]. ЛПВП обладают максимальной среди липопротеинов плотностью из-за высокого уровня белка относительно липидов. PON1 – фермент, относящийся к классу арилдиалкилфосфатаз (арилэстераз), осуществляющих деструкцию (гидролиз) фосфорорганических соединений (нейротоксинов). PON1 существует в двух формах: свободной и мембраносвязанной. Содержание свободной параоксоназы в плазме крови в несколько раз превосходит количество фермента в органах и тканях [23–24]. В организме PON1 тесно связана с комплексом липопротеидов высокой плотности ЛПВП [25–26], соответственно при ЖКБ его уровень значительно снижается. В ходе исследований, проведенных Atamer и соавт. [17], также было установлено, что при ЖКБ достоверно повышается уровень малонового диальдегида (MDA), а уровень MDA и общего холестерина при ЖКБ имеет прямую корреляцию с уровнем глюкозы в крови.

При остром течении ЖКБ возможны следующие физиологические проявления: возникновение лейкоцитоза ($11-15 \times 10^9/\text{л}$) [15], увеличение СОЭ (скорость оседания эритроцитов) [15] и протромбинового индекса (показателя свертываемости крови) [14], снижение секреции или активности панкреатической липазы [27], значительное увеличение уровня инсулина и лептина (пептидный гормон, подавляющий аппетит) [20]. Общая биохимия крови в норме и при обострениях и осложнениях ЖКБ представлена в таблице 2 [13–20, 27–28].

Таблица 2

Биохимия крови в норме и при ЖКБ

Показатель	Уровень в норме		Уровень при ЖКБ
	Женщины	Мужчины	
1	2	3	4
АЛТ	≤ 31 ЕД/л	≤ 45 ЕД/л	Повышен (до 5–10 раз)
АСТ	≤ 31 ЕД/л	≤ 47 ЕД/л	Повышен (до 5–10 раз)
ЩФ	35–104 МЕ/л	40–129 МЕ/л	Повышен (≥ 3 раза)
ГГТ	5–36 МЕ/л	8–61 МЕ/л	Повышен (≥ 3 раза)

1	2	3	4
РОН1	3,1–4,1 мкг/мл	3,1–4,1 мкг/мл	Понижен значительно
Билирубин	3,4–17,1 мкмоль/л	3,4–17,1 мкмоль/л	Повышен до 51–120 мкмоль/л
Холестерин (общий)	≤ 5 ммоль/л	≤ 5 ммоль/л	Повышен (≥ 6,2 ммоль/л)*
ЛПНП	≤ 3 ммоль/л	≤ 3 ммоль/л	Повышен (≥ 4,9 ммоль/л)
ЛПВП	≥ 1,2 ммоль/л	≥ 1,2 ммоль/л	Понижен значительно
Инсулин	3–28 мкЕд/мл	3–28 мкЕд/мл	Повышен значительно
Лептин	0,5–13,8 нг/мл	1,1–27,6 нг/мл	Повышен значительно
Панкреатическая липаза	0–190 ед/мл	0–190 ед/мл	Снижение секреции или активности фермента
Лейкоциты	3,2–10,6x10 ⁹ /л	3,2–10,6x10 ⁹ /л	Повышен (11–15x10 ⁹ /л)
СОЭ	3–15 мм/ч	2–10 мм/ч	Повышен
Протромбиновый индекс (по Квику)	78–142%	78–142%	Повышен

Примечание: * – повышение уровня холестерина в крови, так называемая гиперхолестеринемия, наблюдается в 50 % случаев желчнокаменной болезни [18].

Анализ мочи – в норме билирубин не присутствует в моче, при повышении его количества в крови моча приобретает темный цвет («цвета темного пива») и в ней определяется билирубин, что свидетельствует о заболеваниях печени и желчевыводящих путей [14, 16, 29]. Важным диагностическим признаком ЖКБ является определение уробилиногена в моче, суточное содержание которого в норме составляет от 0,64 до 4,0–6,0 мг [30–31].

Особенности желчнокаменной болезни у детей

Желчнокаменная болезнь у детей – это наследственно детерминированная по рецессивному типу наследования [32] болезнь гепатобилиарной системы, в основе которой лежит нарушение физиологических процессов желчеобразования и желчевыделения, сопровождающаяся хроническим воспалением с прогрессивным течением, закономерным исходом которого является склероз и дистрофия желчного пузыря [33]. Согласно данным литературы, риск наследования ЖКБ составляет от 30 до 75 %; риск развития ЖКБ увеличивается в 5–6 раз при наличии избыточной массы тела [34]. Также причинами возникновения ЖКБ являются [32, 35–36]: неблагоприятная экологическая обстановка, нарушения метаболизма, аномалии развития желчевыводящей системы, искусственное вскармливание, анте- и

перинатальная патология, экстракорпоральное оплодотворение, врожденные варианты гиперхолестеринемии [37].

Установлено, что причинами усиленного выделения в желчь холестерина и первичного снижения синтеза желчных кислот у детей служит повышение активности гидроксиметил-глутарил-СоА-редуктазы, которая регулирует синтез холестерина и угнетение холестерин-7- α -гидроксилазы – основного фактора, лимитирующего окисление холестерина в желчные кислоты [38]. Важную роль в литогенезе играют также нарушения энтерогепатической циркуляции и качественного пула желчных кислот. Образованию кристаллов холестерина предшествует гиперсекреция муцина слизистой оболочкой желчного пузыря, так как литогенез происходит в муциновом геле, который удерживает кристаллы холестерина в желчном пузыре. Существенная роль в кристаллизации холестерина отводится состоянию слизистой оболочки желчного пузыря, его моторно-эвакуаторной функции, однако самое важное – накопление кристаллов в муциновом геле [33, 38].

Вопросам изучения липидного спектра крови у детей, в том числе у детей с патологией пищеварительной системы, посвящены немногочисленные работы исследователей последних лет. Согласно данным литературы, каждый шестой ребенок в возрасте 5 лет имеет нарушения липидного обмена. Гиперхолестеринемия выявляется у 7–50 % обследованных детей в зависимости от нозологии и возраста ребенка [39]. Дислипидемии, являющиеся фактором риска атеросклеротического процесса, у детей и подростков встречаются достаточно часто – свыше 20% случаев [40–41]. Мальчики и девочки в возрасте до 3 лет болеют ею одинаково часто; от 4 до 7 лет мальчики болеют в 2 раза чаще, чем девочки. В возрасте от 8 до 9 лет соотношение, подверженных заболеванию мальчиков и девочек составляет 1:1, в 10–12 лет – 1:2, а в подростковом возрасте – 1:3 [42]. Если 15–20 лет назад диагноз холелитиаза устанавливался достаточно редко и лишь в случаях уже образовавшихся камней, то сейчас это распространенный диагноз.

Особенности ЖКБ в детском возрасте:

- желчные камни могут образовываться даже на первом году жизни, однако клинические признаки болезни проявляются зачастую на 2 года позже [32];
- ранее считалось, что у детей раннего возраста образуются билирубиновые камни, а у подростков – холестериновые [38], однако более поздние работы показали, что велика вероятность образования любого типа камней [32];
- чаще болеют девочки (связь с эндокринной перестройкой организма, например, высоким уровнем прогестерона) [38–39];
- высокая частота отягощенной наследственности по ЖКБ среди родственников I степени родства (75%) [38].
- показатели биохимии крови нередко находятся на верхней границе возрастных нормативов [43] (табл. 3).

Так же, как и у взрослых, у детей вне приступов колики картина периферической крови нормальная. В гемограмме на высоте приступа у 2/3 детей с болевой формой наблюдается умеренный лейкоцитоз, ускорение СОЭ до 25 мм/час, более чем у половины детей – увеличение ЦФ [44–45].

Таблица 3
Биохимия крови у детей в норме и при обострении ЖКБ [44–50]

Показатель	Возрастная группа	Уровень при ЖКБ		Уровень в норме
		М	Д	
1	2	3	4	5
АЛТ	8–15 лет	34,06±3,13*/18,36±1,64		10–40
АСТ	8–15 лет	30,00±2,38*/29,78±2,60		15–40
ЛДГ, ед/л	1–3 года	42,14±5,82		≤576
ЩФ, ед/л	1–3 года	80,50±8,40		≤350
	8–15 лет	262,20±23,35*/329,63±56,15		107–213
Билирубин (общий), мкмоль/л	8–15 лет	12,48±0,83*/12,60±1,07		5–21
Холестерин (общий), ммоль/л	до 1 года	4,27±0,26	4,75±0,25	<3,94
	1–2 года	4,80±0,12	4,90±0,30	
	2–3 года	4,23±0,09	4,23±0,24	
	8–15 лет	4,65±0,14*/4,43±0,12		4,6±0,72
	0–17 лет	6,9±0,2		3,5–6,5
	2–17 лет	7,4±0,3**		
ЛПНП, ммоль/л	до 1 года	2,58±0,08	2,70±0,40	<2,32
	1–2 года	2,54±0,10	2,39±0,07	
	2–3 года	2,32±0,04	2,48±0,18	
	8–15 лет	2,88±0,08*/2,51±0,09		1,66–3,44
ЛПОНП, ммоль/л	до 1 года	0,56±0,07	0,50±0,05	<0,30
	1–2 года	0,54±0,05	0,65±0,09	
	2–3 года	0,68±0,05	0,50±0,15	
ЛПВП, ммоль/л	до 1 года	1,48±0,07	1,50±0,10	>1,42
	1–2 года	1,48±0,02	1,53±0,08	
	2–3 года	1,50±0,03	1,43±0,05	
	8–15 лет	1,26±0,05*/1,40±0,05		0,96–1,91
	0–17 лет	2,8±0,3		1,7–4,5
	2–17 лет	3,8±0,3**		
Триглицериды, ммоль/л	до 1 года	0,75±0,13	1,20±0,05	<1,1
	1–2 года	1,05±0,05	1,13±0,07	
	2–3 года	1,32±0,05	1,20±0,10	
	8–15 лет	1,57±0,11*/0,90±0,06		0,36–1,48

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Инсулин, пмоль/л	8–15 лет	145,57±96,79*/25,54±24,43		20–160
Глюкоза, моль/л	8–15 лет	5,11±0,06*/4,63±0,12		3,3–5,6
Лейкоциты, WBC·10 ⁹ /л	0–17 лет	умеренный лейкоцитоз		4–10
СОЭ, мм/час	0–17 лет	18-20		≤15
	2–17 лет	15-25**		
С-пептид, нг/мл	8–15 лет	3,16±1,53*/0,56±1,13		0,48–3,3
НОМА-IR, ед.	8–15 лет	4,85±2,81*/1,40±0,67		<3,2
КА, ед.	8–15 лет	3,03±0,06*/1,92±0,08		2,3–3,3

Примечание: ЛДГ – лактатдегидрогеназа; ЛПОПН – липопротеины очень низкой плотности; * – при сопутствующем ожирении и метаболическом синдроме; ** – при осложнении в виде калькулезного холецистита; КА – коэффициент атерогенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Желчнокаменная болезнь – заболевание, характеризующаяся образованием конкрементов в желчном пузыре или желчных протоках, наиболее распространёнными из которых являются холестериновые камни. На физиологию образования холестериновых камней влияют три основных фактора: перенасыщенность печеночной желчи холестерином, осаждение моноhydrата холестерина в виде кристаллов и нарушение функции желчного пузыря. При хроническом холецистите вне обострения и бессимптомном холецистолитиазе картина периферической крови нормальная. Биохимический анализ крови информативен только после приступа колики: наблюдаются изменения уровня концентрации ферментов АЛТ, АСТ, ЩФ, ГГТ, РОН1 и малонового диальдегида, билирубина и холестерина. При остром течении ЖКБ возможно появление лейкоцитоза, увеличение СОЭ и протромбинового индекса, снижение секреции или активности панкреатической липазы, значительное увеличение уровня инсулина и лептина. Важным диагностическим признаком ЖКБ является определение билирубина и уробилиногена в моче.

Желчнокаменная болезнь у детей – это наследственно детерминированная болезнь гепатобилиарной системы, в основе которой лежит нарушение процессов желчеобразования и желчевыделения. Причиной усиленного выделения в желчь холестерина и первичного снижения синтеза желчных кислот у детей служит повышение активности гидроксиметил-глутарил-СоА-редуктазы. Важную роль в литогенезе играют нарушения энтерогепатической циркуляции и качественного пула желчных кислот. Факторами риска ЖКБ у детей являются плохая экологическая обстановка, обменные нарушения, аномалии развития желчевыводящей системы, искусственное вскармливание, ante- и перинатальная патология, экстракорпоральное оплодотворение. Вне приступов колики ЖКБ

картина периферической крови у детей нормальная. В гемограмме на высоте приступа у 2/3 детей с болевой формой наблюдается умеренный лейкоцитоз, ускорение СОЭ до 25 мм/час, более чем у половины детей – увеличение ЩФ. В целом, биохимические показатели крови нередко находятся на верхней границе возрастной нормы.

Список литературы

1. Покровский В.И. Энциклопедический словарь медицинских терминов / В.И. Покровский. – Москва: Медицина, 2005. – 1592 с.
2. Желчнокаменная болезнь. Современные подходы к диагностике, лечению и профилактике: пособие для врачей / Т.Э. Скворцова, С.И. Ситкин, В.Г. Радченко [и др.]. – Москва: Форте принт, 2013. – 32 с.
3. Everhart J.E. The burden of selected digestive diseases in the United States / J.E. Everhart, M. Donowitz, E. Adams, K. Cronin, C. Goodman, E. Gemmen, S. Shah, A. Avdic, R. Rubin // *Gastroenterology*. – 2002. – V. 122, № 5. – P. 1500–1511.
4. Everhart J.E. Prevalence and ethnic differences in gallbladder disease in the United States / J.E. Everhart, M. Khare, M. Hill, K.R. Maurer // *Gastroenterology*. – 1999. – V. 117, № 3. – P. 632–639.
5. Шерлок Ш. Заболевания печени и жёлчных путей / Ш. Шерлок, Дж. Дули. – Москва: ГЭОТАР, 1999. – 864 с.
6. Вовк Е.И. Желчнокаменная болезнь в XXI веке: что нового / Е.И. Вовк // *Лечащий врач*. – 2011. – Т. 2. – С. 58–65.
7. Желчнокаменная болезнь: [руководство] / С.А. Дадвани, П.С. Ветшев, А.М. Шулуток [и др.]. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2009. – 176 с.
8. Jünger D. Cholesterol nucleation time in gallbladder bile of patients with solitary or multiple cholesterol gallstones / D. Jünger, T. Lang, C. von Ritter, E. Pratschke, G. Paumgartner // *Hepatology*. – 1992. – V. 15, № 5. – P. 804–808.
9. Hood K. Prevention of gallstone recurrence by non-steroidal anti-inflammatory drugs / K. Hood, D. Ruppin, D. Gleeson, R.H. Dowling // *The Lancet*. – 1988. – V. 332, № 8622. – P. 1223–1225.
10. Kibe A. Inhibition of cholesterol crystal formation by apolipoproteins in supersaturated model bile / A. Kibe, R.T. Holzbach, N.F. Larusso, S.J. Mao // *Science*. – 1984. – V. 225, № 4661. – P. 514–516.
11. Ohya T. Isolation of a human biliary glycoprotein inhibitor of cholesterol crystallization / T. Ohya, J. Schwarzendrube, N. Busch, S. Gresky, K. Chandler, A. Takabayashi, H. Igimi, K. Egami, R.T. Holzbach // *Gastroenterology*. – 1993. – V. 104, № 2. – P. 527–538.
12. Portincasa, P. Cholesterol crystallization in bile / P. Portincasa, K.J. van Erpecum, G.P. Vanberge-Henegouwen // *Gut*. – 1997. – V. 41, № 2. – P. 138–141.
13. Григорьев П. Я. Желчнокаменная болезнь и последствия холецистэктомии: диагностика, лечение и профилактика / П. Я. Григорьев, И. П. Солюянова, А. В. Яковенко // *Леч. врач*. – 2002. – Т. 6. – С. 26–32.
14. Желчнокаменная болезнь. URL: <http://lookmedbook.ru/disease/zhelchnokamennaya-bolezn/female> (дата обращения: 18.01.2015).
15. Желчнокаменная болезнь – Диагностика. URL: http://ilive.com.ua/health/zhelchnokamennaya-bolezn-diagnostika_85659i15947.html (дата обращения: 18.01.2015).
16. Анализы при желчекаменной болезни. URL: <http://laboratories.com.ua/analizy-pri-zhelchekamennoy-bolezni.html> (дата обращения: 18.01.2015).
17. Atamer A. Evaluation of paraoxonase, malondialdehyde, and lipoprotein levels in patients with asymptomatic cholelithiasis / A. Atamer, A.O. Kurdas-Ovunc, A. Yesil, Y. Atamer // *Saudi journal of gastroenterology: official journal of the Saudi Gastroenterology Association*. – 2014. – V. 20, № 1. – P. 66–73.
18. Уровень холестерина. URL: <http://cholesterol.com.ua/cholesterol-uroven-v-krovi.html> (дата обращения: 18.01.2015).
19. Chen L.Y. Metabolic syndrome and gallstone disease / L.Y. Chen, Q.H. Qiao, S.C. Zhang, Y.H. Chen, G.Q. Chao, L.Z. Fang // *World journal of gastroenterology*. – 2012. – V. 18, № 31. – P. 4215–4220.

20. Atamer A. Evaluation of leptin and insulin resistance in patients with cholelithiasis. / A. Atamer, A.O.K. Övünç, A. Yeşil, Y. Atamer // *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*. – 2013. – V. 50. – P. 266–272.
21. Good vs. bad cholesterol. American Heart Association. URL: http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/AboutCholesterol/Good-vs-Bad-Cholesterol_UCM_305561_Article.jsp
22. Barter P. HDL cholesterol, very low levels of LDL cholesterol, and cardiovascular events / P. Barter, A.M. Gotto, J.C. LaRosa, J. Maroni, M. Szarek, S.M. Grundy, J.J.P. Kastelein, V. Bittner // *New England Journal of Medicine*. – 2007. – V. 357, № 13. – P. 1301–1310.
23. Aldridge W.N. Serum esterases. Two types of esterase (A and B) hydrolysing p-nitrophenyl acetate, propionate and butyrate, and a method for their determination. / W.N. Aldridge // *Biochem J*. – 1953. – V. 53, № 1. – P. 110–117.
24. Aldridge W.N. An enzyme hydrolysing diethyl p-nitrophenyl phosphate (E600) and its identity with the A-esterase of mammalian sera. / W.N. Aldridge // *Biochem J*. – 1953. – V. 53, № 1. – P. 117–24.
25. Aviram M. Paraoxonase active site required for protection against LDL oxidation involves its free sulfhydryl group and is different from that required for its arylesterase/paraoxonase activities selective action of human paraoxonase allozymes Q and R / M. Aviram, S. Billecke, R. Sorenson, C. Bisgaier, R. Newton, M. Rosenblat, B. La Du // *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. – 1998. – V. 18, № 10. – P. 1617–1624.
26. Kitchen B.J. Effects of lipid removal on the molecular size and kinetic properties of bovine plasma arylesterase / B.J. Kitchen, C.J. Masters, D.J. Winzor // *Biochem J*. – 1973. – V. 135, № 1. – P. 93–99.
27. Северин Е.С. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / Е.С. Северин, А.Я. Николаев. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2002. – 448 с.
28. Боева О.И. Анализ показателей липидного обмена при кальцинирующей болезни аортального клапана. / О.И. Боева, Е.В. Щеглова, Л.И. Лайпанова [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 7. – С. 21–25.
29. Расшифровка общего анализа мочи. URL: <http://www.tiensmed.ru/news/obshianalizmoci-f8j.html> (дата обращения: 18.01.2015).
30. Комов В.П. Биохимия / В.П. Комов, В.Н. Шведова. – Москва: Дрофа, 2004. – 638 с.
31. Общий анализ мочи. URL: <http://www.fermento.ru/urine-tests/overall/> (дата обращения: 18.01.2015).
32. Лупаш Н.Г. Желчнокаменная болезнь у детей раннего возраста: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2005. – 40 с.
33. Детские болезни: учебник. 2-изд., испр. и доп. / под ред. А.А. Баранова. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 1008 с.
34. Харитонов Л.А. Желчнокаменная болезнь у детей / Л.А. Харитонов // *Росс. журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. – 2006. – № 1. – С. 61–71.
35. Шеина О.П. Желчнокаменная болезнь у детей / О.П. Шеина, А.М. Чередниченко // *Вестник Уральской медицинской академической науки*. – 2010. – Т. 31, № 3. – С. 63–68.
36. Думова Н.Б. Желчнокаменная болезнь у детей: современные представления, варианты терапии и профилактика / Н.Б. Думова, В.Ф. Приворотский, Н.Е. Луппова [и др.] // *Гастроэнтерология Санкт-Петербурга*. – 2008. – № 1. – С. 25–30.
37. Детская гастроэнтерология (избранные главы) / Под ред. А.А. Баранова, Е.В. Климанской, Г.В. Римарчук. – Москва: Научный центр здоровья детей РАМН, 2002. – 592 с.
38. Баиров, Г.А. Диагностика и лечение ЖКБ у детей / Г.А. Баиров, Н.Ш. Эргашев // *Клиническая хирургия*. – 1989. – № 6. – С. 45–47.
39. Белоусов Ю.В. Желчнокаменная болезнь у детей как проявление липидного дистресс-синдрома / Ю.В. Белоусов, Е.В. Шутова // *Здоров'я України. Педіатрія. На підставі досвіду*. – Липень, 2012. – С. 47–49.
40. Запруднов, А.М. Особенности желчнокаменной болезни в детском возрасте / А.М. Запруднов, Л.А. Харитонов. – Фрайбург: Д-р Фальк Фарма ГмБХ, 2002. – 52 с.
41. Ивашкин В.Т. Новый взгляд на эссенциальные фосфолипиды / В.Т. Ивашкин, М.В. Маевская // *Русский медицинский журнал*. – 2004. – № 12. – С. 689–693.
42. Моїсеєнко Р.О. Частота та структура захворюваності дітей в Україні та шляхи її зниження / Р.О. Моїсеєнко // *Современная педиатрия*. – 2009. – № 2 (24). – С. 10–14.

43. Пименова Н.В. Желчнокаменная болезнь у детей / Н.В. Пименова, К.С. Казначеев, Л.Ф. Казначеева // Практическая медицина. – 2011. – № 5 (53). – С 16–19.
44. Макаркина Е.В. Клинико–эпидемиологическая характеристика желчнокаменной болезни у детей в Республике Мордовия / Е.В. Макаркина, Е.В. Широкова, Л.И. Дзюбич // Международная научно–практическая конференция «Актуальные вопросы медицины XXI века», 04 марта 2014, г. Уфа: тез. докл. – Актуальные вопросы медицины XXI века. Сборник статей международной научно–практической конференции. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 22–25.
45. Запорожченко А.Г. Особенности клинического течения и диагностики калькулезного холецистита у детей / А.Г. Запорожченко, Ю.П. Герасименко, О.В. Спахи // Патология. – 2013. – № 3 (29). – С. 83–86.
46. Шакарян К.А. Особенности терапевтической тактики при желчнокаменной болезни у детей раннего возраста: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2010. – 33 с.
47. Бокова Т.А. Особенности клинического течения желчнокаменной болезни у детей с ожирением и метаболическим синдромом / Т.А. Бокова // Лечащий врач. – 2012. – № 11. URL: <http://www.lvrach.ru/2012/11/15435586/> (дата обращения 15.10.2015).
48. Расшифровка биохимического анализа крови. URL: <http://www.infmedserv.ru/analizy-i-issledovaniya/rasshifrovka-biohimicheskogo-analiza-krovi> (дата обращения 19.09.2015).
49. Данилова Л.А. Анализ крови и мочи. – 4-е изд., исправ. / Л.А. Данилова. – Санкт-Петербург: Салит-Медкнига, 2003. – 128 с.
50. Хмелевский Ю.В. Основные биохимические константы человека в норме и при патологии. – 2-е изд. перераб. и доп. / Ю.В. Хмелевский, О.К. Усатенко – Киев: Здоров'я, 1987. – 160 с.

THE CHANGE OF PROTEIN AND LIPID METABOLISM IN CHOLELITHIASIS

Cheretaev I. V., Nikolskaya V. A., Chajka A. V.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: victoria_nikol@crimea.edu*

In this article we have considered, with modern scientific positions, the classification and pathogenesis of gallstones, the different variations in the biochemistry of blood and urine, which are used in the diagnosis of gallstone disease. Attention is paid to the peculiarities in the change of protein and lipid metabolism in cholelithiasis in children.

Gallstone disease characterized by the formation of concretions in the gallbladder or bile ducts, the most common of which are cholesterol stones. The formation of cholesterol stones depends on the over–saturation of hepatic bile with cholesterol, precipitation of cholesterol monohydrate crystals and the functions of the gallbladder. In chronic cholecystitis without exacerbation and asymptomatic cholelithiasis peripheral blood picture is normal. Biochemical blood test is informative only after a bout of colic: there are changes in the level of concentration of the enzymes ALT, AST, ALP, GGT, PON1 and malondialdehyde, bilirubin and cholesterol. In the acute phase of gallstone disease may cause leukocytosis, increased erythrocyte sedimentation rate and prothrombin index, a decrease in the secretion or activity of pancreatic lipase, a significant increase in the level of insulin and leptin. An important diagnostic symptom of cholelithiasis is the determination of bilirubin and urobilinogen in the urine.

Gallstone disease in children is a genetic determined disease of the hepatobiliary system, which is based on the violation of the processes of bile formation and biliary excretion. The cause of increased discharge into bile of cholesterol and the primary

reduced synthesis of bile acids is increased activity of HMG–CoA reductase. Violations of the enterohepatic circulation and quality of the pool of bile acids play an important role in lithogenesis. Risk factors of cholelithiasis in children are poor environmental conditions, metabolic disorders, abnormalities of the biliary system, artificial feeding, ante- and perinatal pathology, in-vitro fertilization. Outside attacks of colic cholelithiasis peripheral blood picture in children is normal. At the height of the attack of colic in 2/3 of children show moderate leukocytosis, accelerated erythrocyte sedimentation rate of 25 mm/hour, more than half of the children – increased ALP. In General, biochemical parameters of blood are often found on the upper boundary of age limits.

Keywords: cholelithiasis, gallstones, protein metabolism, lipid metabolism, biochemistry markers of blood and urine.

References

1. Pokrovskiy V.I., *Entsiklopedicheskiy slovar' meditsinskikh terminov*, 1592 p. (Meditsina, Moskva, 2005).
2. Skvortsova T.E., Sitkin S.I. and Radchenko V.G., *Zhelchnokamennaya bolezni. Sovremennye podkhody k diagnostike, lecheniyu i profilaktike: posobie dlya vrachey*, 32 p. (Forte print, Moskva, 2013).
3. Everhart J.E., Donowitz M., Adams E., Cronin K., Goodman C., Gemmen E., Shah S., Avdic A. and Rubin R., The burden of selected digestive diseases in the United States, *Gastroenterology*, **122** (5), 1500 (2002).
4. Everhart J.E., Khare M., Hill M. and Maurer K.R., Prevalence and ethnic differences in gallbladder disease in the United States, *Gastroenterology*, **117** (3), 632 (1999).
5. Sherlok Sh. and Duli Dzh., *Zabolevaniya pecheni i zhelchnykh putey*, 864 p. (GEOTAR, Moskva, 1999).
6. Vovk E.I., *Zhelchnokamennaya bolezni v XXI veke: chto novogo, Lechashchiy vrach*, **2**, 58 (2011).
7. Dadvani S.A., Vetshev P.S., Shulutko A.M., *Zhelchnokamennaya bolezni: [rukovodstvo]*, 176 p. (GEOTAR–Media, Moskva, 2009).
8. Jüngst D., Lang T., von Ritter C., Pratschke E. and Paumgartner G., Cholesterol nucleation time in gallbladder bile of patients with solitary or multiple cholesterol gallstones, *Hepatology*, **15** (5), 804 (1992).
9. Hood K., Rupp D., Gleeson D. and Dowling R.H. Prevention of gallstone recurrence by non–steroidal anti–inflammatory drugs, *The Lancet*, **332** (8622), 1223 (1988).
10. Kibe A., Holzbach R.T., Larusso N.F. and Mao S.J., Inhibition of cholesterol crystal formation by apolipoproteins in supersaturated model bile, *Science*, **225** (4661), 514 (1984).
11. Ohya T., Schwarzendrube J., Busch N., Gresky S., Chandler K., Takabayashi A., Igimi H., Egami K. and Holzbach R.T., Isolation of a human biliary glycoprotein inhibitor of cholesterol crystallization, *Gastroenterology*, **104** (2), 527 (1993).
12. Portincasa P., van Erpecum K.J. and Vanberge–Henegouwen G.P., Cholesterol crystallization in bile, *Gut*, **41** (2), 138 (1997).
13. Grigorev P.Ya, Soluyanov I.P. and Yakovenko A.V., *Zhelchnokamennaya bolezni i posledstviya kholistsistektomii: diagnostika, lechenie i profilaktika, Lech. vrach*, **6**, 26 (2002).
14. *Zhelchnokamennaya bolezni* URL: <http://lookmedbook.ru/disease/zhelchnokamennaya-bolezni/female> (data obrashcheniya: 18.01.2015).
15. *Zhelchnokamennaya bolezni – Diagnostika*. URL: http://ilive.com.ua/health/zhelchnokamennaya-bolezni-diagnostika_85659i15947.html (data obrashcheniya: 18.01.2015).
16. *Analizy pri zhelchekamennoy bolezni*. URL: <http://laboratories.com.ua/analizy-pri-zhelchekamennoy-bolezni.html> (data obrashcheniya: 18.01.2015).
17. Atamer A., Kurdas–Ovunc A.O., Yesil A. and Atamer Y., Evaluation of paraoxonase, malondialdehyde, and lipoprotein levels in patients with asymptomatic cholelithiasis, *Saudi journal of gastroenterology: official journal of the Saudi Gastroenterology Association*, **20** (1), 66 (2014).
18. *Uroven kholesterina*. URL: <http://cholesterol.com.ua/cholesterol-uroven-v-krovi.html> (data obrashcheniya: 18.01.2015).

19. Chen L.Y., Qiao Q.H., Zhang S.C., Chen Y.H., Chao G.Q. and Fang L.Z., Metabolic syndrome and gallstone disease, *World journal of gastroenterology*, **18** (31), 4215 (2012).
20. Atamer A., Övünc A.O.K., Yeşil A. and Atamer Y., Evaluation of leptin and insulin resistance in patients with cholelithiasis, *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*, **50**, 266 (2013).
21. Good vs. bad cholesterol. American Heart Association. URL: http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/AboutCholesterol/Good-vs-Bad-Cholesterol_UCM_305561_Article.jsp
22. Barter P., Gotto A.M., LaRosa J.C., Maroni J., Szarek M., Grundy S.M., Kastelein J.J.P. and Bittner V., HDL cholesterol, very low levels of LDL cholesterol, and cardiovascular events, *New England Journal of Medicine*, **357** (13), 1301 (2007).
23. Aldridge W.N., Serum esterases. Two types of esterase (A and B) hydrolysing p-nitrophenyl acetate, propionate and butyrate, and a method for their determination, *Biochem. J.*, **53** (1), 110 (1953).
24. Aldridge W.N., An enzyme hydrolysing diethyl p-nitrophenyl phosphate (E600) and its identity with the A-esterase of mammalian sera, *Biochem. J.*, **53** (1), 117 (1953).
25. Aviram M., Billecke S., Sorenson R., Bisgaier C., Newton R., Rosenblat M. and La Du B., Paraoxonase active site required for protection against LDL oxidation involves its free sulfhydryl group and is different from that required for its arylesterase/paraoxonase activities selective action of human paraoxonase allozymes Q and R, *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, **18** (10), 1617 (1998).
26. Kitchen B.J., Masters C.J. and Winzor D.J., Effects of lipid removal on the molecular size and kinetic properties of bovine plasma arylesterase, *Biochem. J.*, **135** (1), 93 (1973).
27. Severin E.S., Nikolaev A.Ya., *Biokhimiya. Kratkiy kurs s uprazhneniyami i zadachami*, 448 p. (GEOTAR–Media, Moskva, 2002).
28. Boeva O.I., Shcheglova E.V. and Laypanova L.I., Analiz pokazateley lipidnogo obmena pri kaltsiniruyushchey bolezni aortalnogo klapana, *Fundamental'nye issledovaniya*, **7**, 21 (2014).
29. Rasshifrovka obshchego analiza mochi. URL: <http://www.tiensmed.ru/news/obshhianalizmoci-f8j.html> (data obrashcheniya: 18.01.2015).
30. Komov V.P., Shvedova V.N., *Biokhimiya*, 638 p. (Drofa, Moskva, 2004).
31. Obshchiy analiz mochi. URL: <http://www.fermento.ru/urine-tests/overall/> (data obrashcheniya: 18.01.2015).
32. Lupash N.G., Zhelchnokamennaya bolezni u detey rannego vozrasta: avtoref. dis. ... kand. med. nauk, 40 p. (Moskva, 2005).
33. Baranova A.A., Detskie bolezni, 1008 p. (GEOTAR–Media, Moskva, 2009).
34. Kharitonova L.A., Zhelchnokamennaya bolezni u detey, *Ross. zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii*, **1**, 61 (2006).
35. Sheina O. P., Cherednichenko A. M. Zhelchnokamennaya bolezni u detey, *Vestnik Uralskoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, **31**, **3**, 63 (2010).
36. Dumova N.B., Privorotskiy V. F., Luppova N. E. [et al.] Zhelchnokamennaya bolezni u detey: sovremennye predstavleniya, varianty terapii i profilaktika, *Gastroenterologiya Sankt-Peterburga*. **1**, 25 (2008).
37. Detskaya gastroenterologiya (izbrannye glavy) / Pod red. A.A. Baranova, E.V. Klimanskoj, G.V. Rimarchuk. – Moskva: Nauchnyy tsentr zdorovya detey RAMN, 2002. – 592 pp.
38. Bairov G.A., Ergashev N. Sh. Diagnostika i lechenie ZHKB u detey, *Klinicheskaya khirurgiya*, **6**, 45 (1989).
39. Belousov Yu. V., Shutova E. V. Zhelchnokamennaya bolezni u detey kak proyavlenie lipidnogo distress-sindroma, *Zdorovya Ukraïni. Pediatriya. Na pidstavi dosvidu*, 47 (2012).
40. Zaprudnov A.M., Kharitonov L. A. Osobennosti zhelchnokamennoy bolezni v detskom vozraste – 52 pp. (Frayburg: D–r Fal'k Farma GmbH, 2002).
41. Ivashkin V. T., Maevskaya M. V. Novyy vzglyad na essentsial'nye fosfolipidy, *Russkiy meditsinskiy zhurnal*, **12**, 689 (2004).
42. Moiseenko R. O. Chastota ta struktura zakhvoryuvanosti ditey v Ukraïni ta shlyakhi її znizhennya, *Sovremennaya pediatriya*, **2** (24), 10 (2009).
43. Pimenova N. V., Kaznacheev K. S., Kaznacheeva L. F. Zhelchnokamennaya bolezni u detey, *Prakticheskaya meditsina*, **5** (53), 16 (2011).

44. Makarkina E. V., Shirokova E. V., Dzyubich L. I. Kliniko–epidemiologicheskaya kharakteristika zhelchnokamennoy bolezni u detey v Respublike Mordoviya, *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Aktualnye voprosy meditsiny XXI veka»*, 04 marta 2014, g. Ufa: tez. dokl. – Aktual'nye voprosy meditsiny XXI veka. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 22 (Ufa: Bashkirskiy gosudarstvennyy universitet, 2014).
45. Zaporozhchenko A. G., Gerasimenko Yu. P., Spakhi O. V. Osobennosti klinicheskogo techeniya i diagnostiki kalkuleznogo kholetsistita u detey, *Patologiya*, **3 (29)**, 83 (2013).
46. Shakaryan K. A. Osobennosti terapevticheskoy taktiki pri zhelchnokamennoy bolezni u detey rannego vozrasta: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moskva, 2010. – 33 pp.
47. Bokova T. A. Osobennosti klinicheskogo techeniya zhelchnokamennoy bolezni u detey s ozhireniem i metabolicheskim sindromom, *Lechashchiy vrach*, **11**. (2012) URL: <http://www.lvrach.ru/2012/11/15435586/> (data obrashcheniya 15.10.2015).
48. Rasshifrovka biokhimicheskogo analiza krovi. URL: <http://www.infmedserv.ru/analizy-i-issledovaniya/rasshifrovka-biokhimicheskogo-analiza-krovi> (data obrashcheniya 19.09.2015).
49. Danilova L. A. Analizy krovi i mochi. – 4-e izd., isprav. – 128 p. (Sankt-Peterburg: Salit-Medkniga, 2003).
50. Kpmelevskiy Yu.V., Usatenko O. K. Osnovnye biokhimicheskie konstanty cheloveka v norme i pri patologii. – 2-e izd. pererab. i dop. – 160 pp. (Kiev: Zdorov'ya, 1987).

Поступила в редакцию 28.11.2015 г.

Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 2. С. 207–213.

УДК 634.85:631.526.32/663.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВИНМАТЕРИАЛЕ ИЗ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОРТА ВИНОГРАДА «КАФА» МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Аристова Н. И.¹, Разгонова О. В.¹, Панов Д. А.², Ульянцев С. О.¹, Семенчук А. В.¹

¹Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», Ялта, Республика Крым

²Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым
E-mail: panovda@crimea.edu

В работе представлены результаты определения физико-химических показателей и основных групп ароматобразующих соединений виноматериала, полученного из нового сорта винограда «Кафа», выращенного в условиях западной предгорно-приморской зоны виноградарства Крыма. Методом газовой хроматографии определен качественный и количественный состав летучих веществ исследуемых образцов виноматериалов.

Ключевые слова: летучие кислоты, высшие спирты, сложные эфиры, сорт винограда, газовая хроматография, аромат, виноматериал.

ВВЕДЕНИЕ

Крымский полуостров издавна известен как уникальная зона для возделывания винограда и производства вина, а Национальный научно-исследовательский институт винограда и вина (ННИИВиВ) «Магарач» является ведущим центром по селекции винограда. Обновление сорта винограда является естественным и постоянным процессом [1–2]. Сотрудниками отдела селекции и генетики винограда и ампелографии был выведен новый сорт красного технического винограда «Кафа», обладающего устойчивостью к возбудителям грибковых заболеваний, зимостойкостью, высокой продуктивностью и урожайностью в условиях западной предгорно-приморской зоны виноградарства Крыма. Рентабельность выращивания винограда данного сорта в два раза и более превышает рентабельность возделывания в этой зоне традиционных сортов: Алиготе, Первенец Магарача, Каберне-Совиньон, Антей Магарачский и других. Кроме того, по содержанию биологически активных веществ виноград «Кафа» превышает вышеуказанные сорта [3–5].

Первые фенологические, агробиологические и хозяйственно-технологические исследования изучаемого сорта винограда указывают на возможность эффективного выращивания его в условиях предгорно-приморской зоны и включения в план перспективных сортов винограда Крыма [6–8]. Дальнейшие исследования (2006–2014 гг.), проводимые сотрудниками «Магарач», были направлены на изучение физико-химических показателей и состава ароматобразующих веществ в виноматериале из винограда «Кафа» с целью использования его для производства десертных вин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом данного исследования явился виноматериал, полученный из нового технического красного сорта «Кафа», выращенного в условиях западной предгорно-приморской зоны виноградарства Крыма в опытном хозяйстве института «Магарач» (п. Вилино, Бахчисарайский район). Образцы опытных виноматериалов были получены методом микровиноделия из винограда сорта «Кафа» по «красному» способу. При их приготовлении производили однократное уваривание мезги до температуры 60°C, настаивание и брожение на мезге, прессование, спиртование полученной жидкой фазы экспериментальных образцов до соответствующих кондиций. Определение основных физико-химических показателей виноматериалов проводили согласно стандартным методам ГОСТ, а также методикам, изложенным в методических рекомендациях ННИИВиВ «Магарач» [9–10]. Так, объемную долю этилового спирта определяли по ГОСТ 32095-2013, массовую концентрацию сахаров – ГОСТ 31669-2012, титруемую кислотность – ГОСТ 32114-2013, массовую концентрацию общего и приведенного экстракта – ГОСТ 32000-2012, массовую концентрацию свободной и общей сернистой кислоты – ГОСТ 32115-2013.

Определение массовой концентрации органических кислот, суммы фенольных соединений и антоцианов проводили методом ВЭЖХ с помощью хроматографической системы Agilent Technologies (модель 1100) с диодно-матричным детектором и хроматографической колонкой Zorbax SB-C18 [11].

Компонентный состав летучих веществ опытных образцов виноматериалов проводили методом газовой хроматографии с помощью газового хроматографа фирмы «Agilent Technologies» (модель 6890) с масс-спектрометрическим детектором, капиллярной колонкой HP-INNOWax длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Математическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программы «Сплайн» и «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время качество виноматериалов и вин в соответствии со стандартами определяют несколько нормируемых физико-химических показателей, среди которых: объемная доля этилового спирта, массовая концентрация сахаров, массовая концентрация свободной и общей сернистой кислоты и другие. Результаты проведенных определений физико-химического состава виноматериала из винограда «Кафа» приведены в таблице 1. Значение объемной доли этилового спирта в виноматериале равно 15,6 % об., содержание сахаров (глюкозы и

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТОБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ...

фруктозы) составляет 157,8 г/дм³, что свидетельствует о высокой сахаристости винограда «Кафа». Гармоничной кислотностью для виноматериала можно считать титруемую кислотность в пределах 6,0–10,0 г/дм³, титруемая кислотность в опытном образце составляет 8,5 г/дм³. Массовая концентрация приведенного экстракта (27,7 г/дм³) соответствует допустимым нормам. Общая и свободная сернистая кислота (28,0 мг/дм³) является главным стабилизатором в виноматериале.

Таблица 1

Физико-химический состав виноматериала из нового сорта винограда «Кафа»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1.	Объемная доля этилового спирта,	% об	15,6
2.	Массовая концентрация сахаров	г/дм ³	157,8
3.	Массовая концентрация титруемых кислот	г/дм ³	8,5
4.	Массовая концентрация сернистой кислоты: свободной общей	мг/дм ³	3,0 25,0
5.	Массовая концентрация экстракта: приведенного общего	г/дм ³	27,7 183,7

Важным показателем качества виноматериалов является его аромат. Он обусловлен не одним специфическим веществом, а сложным комплексом веществ, которыми являются летучие алифатические кислоты, высшие спирты, альдегиды и эфирные соединения. Основными методами определения ароматообразующего комплекса виноматериалов является метод газовой хроматографии.

В таблице 2 представлены результаты определения концентрации летучих кислот, играющих немаловажную роль в образовании аромата и вкуса виноматериалов и вина.

Таблица 2

Массовая концентрации летучих кислот в виноматериале из винограда Кафа

№ п/п	Время удержания, мин.	Название летучего компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³
1	11,38	уксусная кислота	8,74
2	14,35	изомасляная кислота	0,71
3	15,81	масляная кислота	0,24
4	16,72	изовалериановая кислота	0,68
5	20,51	капроновая кислота	1,04
6	24,89	каприловая кислота	0,76
7	28,73	каприновая кислота	0,79

Массовая концентрация летучих кислот составляет 18,96 мг/дм³. Повышенное содержание алифатических кислот неблагоприятно влияет на качество вин,

придавая им резкость во вкусе. Кроме того, обладая синергетическим эффектом, они способны усиливать аромат других ароматических компонентов. Основным представителем летучих кислот является уксусная кислота, массовая концентрация которой равна 8,74 мг/дм³.

Основу аромата виноматериалов составляют высшие спирты (141,77 мг/дм³): изоамиловый, изобутиловый и другие (Табл. 3). Из идентифицированных высших спиртов большую долю составляют изоамиловый спирт (67,73 мг/дм³) и β-фенилэтиловый спирт (62,80 мг/дм³). β-Фенилэтиловый спирт является продуктом брожения аминокислот, обладает очень приятным запахом и считается одним из основных компонентов «букета брожения». Другой представительной категорией аромата являются сложные эфиры (51,72 мг/дм³) (Табл. 3). Этиллактат (9,96 мг/дм³) обладает приятным запахом и считается, что он придает «округлость» фруктовым ароматам. Массовая концентрация 5-гидроксиметилфурфурола составила 0,69 мг/дм³, что не превышает допустимых количеств в пищевой продукции. Данный факт свидетельствует о том, что при технологических операциях получения виноматериала отсутствует перегрев и соблюдены тепловые режимы.

Таблица 3

Массовая концентрация летучих компонентов (спиртов, эфиров, гликолей) в виноматериале из винограда «Кафа»

№ п/п	Время удержания, мин.	Наименование летучего компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³	№ п/п	Время удержания, мин.	Наименование летучего компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³
<i>Высшие спирты</i>				2	4,817	изоамилацетат	0,05
1	4,281	изобутиловый спирт	9,59	3	12,201	этилкаприлат	0,09
2	5,073	бутиловый спирт	0,06	4	13,165	этил 3-оксибутират	0,49
3	6,473	изоамиловый спирт	67,73	5	17,175	диэтилсукцинат	5,44
4	9,618	гексильный спирт	1,29	6	18,441	пропан-1,3-диол диацетат	0,67
5	17,973	3-(метилтио)-пропиловый спирт	0,26	7	9,206	этиллактат	9,96
6	21,285	бензиловый спирт	0,04	8	19,852	этил-4-оксибутират	0,28
7	22,122	β-фенилэтиловый спирт	62,80	9	19,997	β-фенилэтилацетат	0,01
<i>Гликоли</i>				10	24,704	диэтилмалат	1,96
1	13,963	(-)-2,3-бутиленгликоль	7,28	11	26,243	диизобутилсукцинат	0,42
2	14,855	мезо-2,3-бутиленгликоль	1,54	12	26,912	диэтиловый эфир 3-метил-2-оксиянтарной кислоты	1,08
<i>Эфиры</i>				13	30,019	диэтилтарtrat	0,62
1	3,841	этилбутират	1,00	14	30,649	моноэтилсукцинат	30,27

Основным критерием качества технических сортов винограда является органолептические характеристики винодельческой продукции. Органолептический анализ виноматериала из винограда «Кафа» показал, что полученный образец характеризовался цветом от темно-рубинового до темно-гранатового. В аромате – ягодно-плодовые, молочно-шоколадные, пряные оттенки. Вкус сложный с тонами черной смородины, чернослива, вишни, шелковицы, шоколада, карамели, молочных сливок. Дегустационная комиссия ННИИВиВ «Магарач» оценила опытный образец виноматериала в 7,8 балла из 8,0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом газовой хроматографии были идентифицированы основные группы ароматообразующих веществ виноматериала из нового сорта винограда «Кафа». Массовая концентрация высших спиртов составляет 141,77 мг/дм³, летучих алифатических кислот – 18,96 мг/дм³ и сложных эфиров – 51,72 мг/дм³. Полученные данные свидетельствуют о богатстве аромата исследуемого виноматериала, и выработка вин из него представляется перспективной.

Список литературы

1. Валуйко Г. Г. Методические рекомендации, по технологической оценке, сортов винограда для виноделия / Г. Г. Валуйко, Е. П. Шольц, Л. П. Трошин. – Ялта: ВНИИВиВ «Магарач», 1983. – 72 с.
2. Дженеев С. Ю. Вино – восьмое чудо света / С. Ю. Дженеев, Ю. С. Дженеев. – Ялта, 1998. – 16 с.
3. Мелконян М. В. Методика ампелографического описания и агробиологической оценки винограда / М. В. Мелконян, В. А. Волынкин. – Ялта: ИВиВ «Магарач», 2002. – 27 с.
4. Мелконян М. В. Прохождение фенологических фаз роста и развития сортами винограда новейшей селекции Праздничный Магарач, Кафа, Ай-Петри и Перлинка в условиях предгорной зоны Крыма / М. В. Мелконян, О. В. Разгонова. – Научные труды Крымского государственного агротехнологического университета, Сельскохозяйственные науки. – 2005. – Выпуск 90. – С. 45–55.
5. Мелконян М. В. Результат ступенчатой селекции винограда / М. В. Мелконян, Л. А. Чекмарев, О. А. Бойко, Н. Л. Студенникова [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2001. – № 1. – С. 7–10.
6. Мелконян М. В. Изучение новых сортов винограда Праздничный Магарача, Ай-Петри, Кафа и Перлинка в условиях западной предгорной-приморской зоны виноградарства Крыма / М. В. Мелконян, С. В. Левченко, Н. Л. Студенникова, О. В. Разгонова // Труды Крымского государственного агротехнологического университета. – 2005. – Выпуск 91. – С. 134–138.
7. Разгонова О. В. Агробиологическая и технологическая оценка сортов винограда Жемчужинка, праздничный Магарача, Ай-Петри и Кафа в западной предгорно-приморской зоне виноградарства Крыма: дисс. ... к.с.-х.н.: 06.01.05 / Разгонова Ольга Владимировна. – 2005. – 124 с.
8. Мелконян М. В. Сравнительное изучение новых сортов винограда селекции ИВиВ «Магарач» в западной предгорной-приморской зоны виноградарства Крыма / М. В. Мелконян, О. В. Разгонова // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2005. – № 1. – С. 10–13.
9. Методы теххимического контроля в виноделии // Под ред. Гержиковой В. Г. [2-е изд.] – Симферополь: Таврида, 2009. – 304 с.
10. Аристова Н. И. Методики выполнения измерений физико-химических показателей для контроля качества винопродукции / Н. И. Аристова // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 4. – С. 36–39.
11. Аристова Н. И. Определение компонентного состава виноматериала из нового красного сорта винограда «Кафа» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Н. И. Аристова, О. В. Разгонова, Д. А. Панов, Г. П. Зайцев, А. В. Семенчук // Ученые записки Крымского

DETERMINATION OF AROMAGENERATING SUBSTANCES IN WINE MATERIALS FROM NEW TECHNICAL GRAPE VARIETY "KAFA" BY GAS CHROMATOGRAPHY

Aristova N. I.¹, Razgonova O. V.¹, Panov D. A.², Ulyantsev S. O.¹, Semenchouk A. V.¹

¹Government-Financed Establishment of the Republic of the Crimea "National Research Institute for Vine and Wine "Magarach", Crimea

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

E-mail: panovda@crimea.edu

The staff of the Department of breeding and genetics of grape and ampelography the Institute of "Magarach" has developed a new red grape variety of "Kafa" with high ecological, biological and economic (high profitability) activities. The research aimed to study the physico-chemical characteristics and composition of substances from grapes "Kafa" with the intent of using it for the production of dessert wines.

In the period from 2006 to 2014 was carried out phenological observations and agrobiological research, studied the agronomic performance of the new technical "Kafa" the red varieties grown in the Western mount-coastal zone of viticulture of the Crimea (Russian Federation). The studied samples of the sweet wine material were produced of micro-winemaking from grapes Kafe by the "red way" method.

Determination of the main physico-chemical parameters of wine material were performed according to the state standard specifications standard methods (GOST) and techniques Institute of "Magarach" [9-10].

In work used HPLC Agilent Technologies (model 1100) with a diode array detector and chromatographic column Zorbax SB-C18. The gas chromatograph of the company "Agilent Technologies" (model 6890) with mass spectrometric detection, capillary column HP-INNOWax (30m, 0.25mm, 0.25u).

Gas chromatography identified the main groups of substances aromagenerating in wine material from the new grape varieties "Kafa".

Mass concentration of higher alcohols 141,77 mg/dm³, volatile aliphatic acids 18,96 mg/dm³ and esters of 51.72 mg/dm³. The obtained data testify to the rich aromatic component of the investigated wine materials and making wines from it is a promising direction.

Keywords: volatile acids, higher alcohols, esters, grape variety, gas chromatography, aroma, wine materials, wine.

References

1. Valuiko G. G. *Guidelines on the assessment process, grapes for winemaking*, 72 p. (The Institute "Magarach", Yalta, 1983).
2. Dzheneev S. Ju., Dzheneev Ju. S., *Wine – the eighth wonder of the world*, 16 p. (Yalta, 1998).

3. Melkonjan M. V., Volynkin V. A., *Method's ampelographic description and evaluation of agrobiological grapes*, 27 p. (The Institute "Magarach", Yalta, 2002).
4. Melkonjan M. V., Razgonova O. V., Passage of phenological phases of growth and development of the latest varieties of grapes selection Holiday Magaracha, Kafa, the Ai-Petri and Perlinka in the conditions of a foothill zone of Crimea, *Scientific works of the Crimean State Agrotechnological University, Agricultural Sciences*, **90**, 45 (2005).
5. Melkonjan M. V., Chekmarev L. A., Bojko O. A., Studennikova N. L., Razgonova O. V., The result of stepwise selection of grapes, *"Magarach". Viticulture and winemaking*, **1**, 7 (2001).
6. Melkonjan M. V., Levchenko S.V., Studennikova N. L., Razgonova O. V., The study of new varieties of grapes Celebratory Magaracha, Ai-Petri, Kafa and Perlinka under the western foothills, coastal zone Viticulture Crimea. *Proceedings of the Crimean State University Agrotechnological*, **91**, 134 (2005).
7. Razgonova O. V. *Agrobiological and technological evaluation of grape varieties jewel, festive Magaracha, Ai-Petri and Cafe in the Western Piedmont and the coastal zone of wine growing of the Crimea*, 124 p. (Yalta, 2005).
8. Melkonjan M. V., Razgonova O. V. Comparative study of breeding new grape varieties the Institute "Magarach" in the western foothills of the coastal zone, viticulture Crimea. *"Magarach". Viticulture and winemaking*, **1**, 10 (2005).
9. Gerzhikova V.G., *Methods technochemical and microbiological control in winemaking*, 304 p. (Taurida, Simferopol, 2009).
10. Aristova N. I. Methods of measurement of physico-chemical parameters for quality control of wine products. *"Magarach". Viticulture and winemaking*, **4**, 36 (2014).
11. Aristova N. I., Razgonova O. V., Panov D. A., Zaitsev G. P., Semenchouk A. V. Determination of wine materials components from "Kafa" new red variety of vine by the high-efficiency liquid chromatography *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Biology and Chemistry*, **1**(67), 183 (2015).

Поступила в редакцию 25.11.2015 г

УДК 547.792 +546.47547.792 +546.47

ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ ЛАНТАНИДОВ СО СПЕЙСЕРИРОВАННЫМИ ПИРИДИЛТРИАЗОЛАМИ

Гусев А. Н., Шульгин В. Ф.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» Симферополь,
Россия*

Email: galex0330@rambler.ru

В статье представлен обзор литературных данных о строении и фотофизических свойствах координационных соединений спейсированных пиридиллазолов с ионами лантанидов. Проанализирована стратегия конструирования высокоэффективных люминофоров на основе комплексов лантанидов.

Ключевые слова: фотолюминесценция, лантаниды, гетероциклы.

Несмотря на то, что люминесценция как явление известна давно, практическое использование свечения координационных соединений началось относительно недавно. Даже неглубокий литературный анализ показывает очевидное преимущество комплексов переходных металлов по сравнению с классическими люминофорами на основе органических молекул. Это связано с возможностью изменять как интенсивность, так и длину волны излучаемого света от ультрафиолетовой до ближней ИК-области за счет варьирования состава и строения координационных соединений [1–7].

Традиционно среди люминесцентных комплексов выделяют три класса соединений: комплексы ионов металлов с замкнутой оболочкой (Be^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Al^{3+}) [8], координационные соединения металлов платинового ряда (Pt^{2+} , Ir^{3+} , Os^{2+}) [9–10] и комплексы ионов лантанидов [1–3]. Отличительной особенностью комплексов РЗЭ является узкополосная (5–10 нм) f–f люминесценция, в результате экранирования 4f орбиталей от внешних воздействий. Большинство ионов лантанидов обладают люминесцентными свойствами, проявляя характеристическое излучение в ближней ИК (Pr^{3+} , Nd^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , Yb^{3+}), видимой (Sm^{3+} , Eu^{3+} , Tb^{3+} , Dy^{3+} и Tm^{3+}) или УФ-области (Gd^{3+}).

Крайне низкий коэффициент экстинкции неорганических производных лантанидов делает малоэффективным прямое возбуждение их ионов, поэтому интенсивность люминесценции таких соединений невелика. Одним из традиционных способов решения этой проблемы является использование координационных соединений ионов РЗЭ с органическими лигандами. Механизм люминесценции для таких соединений был впервые описан Вейсманом в 1942 году и носит название эффекта фотоантенны. Упрощенно смысл данного механизма возбуждения люминесценции заключается в реализации ступенчатого переноса

энергии возбуждения, поглощаемой в УФ или видимой области хромофорами органического лиганда, на излучающий уровень лантанида с последующим характеристическим излучением иона [11]. Эффективность внутримолекулярного переноса энергии определяется, главным образом, величиной энергетического зазора между триплетным уровнем лиганда и резонансным уровнем иона лантанида [12]. Поскольку положение триплетного уровня чувствительно к природе органического лиганда, то оптимизация люминесцентных свойств комплекса возможна за счет варьирования заместителей в органической молекуле-антенне. Теоретически такие процессы переноса энергии описываются в рамках теории Джадда – Офельта с реализацией ферстеровского диполь-дипольного механизма [13].

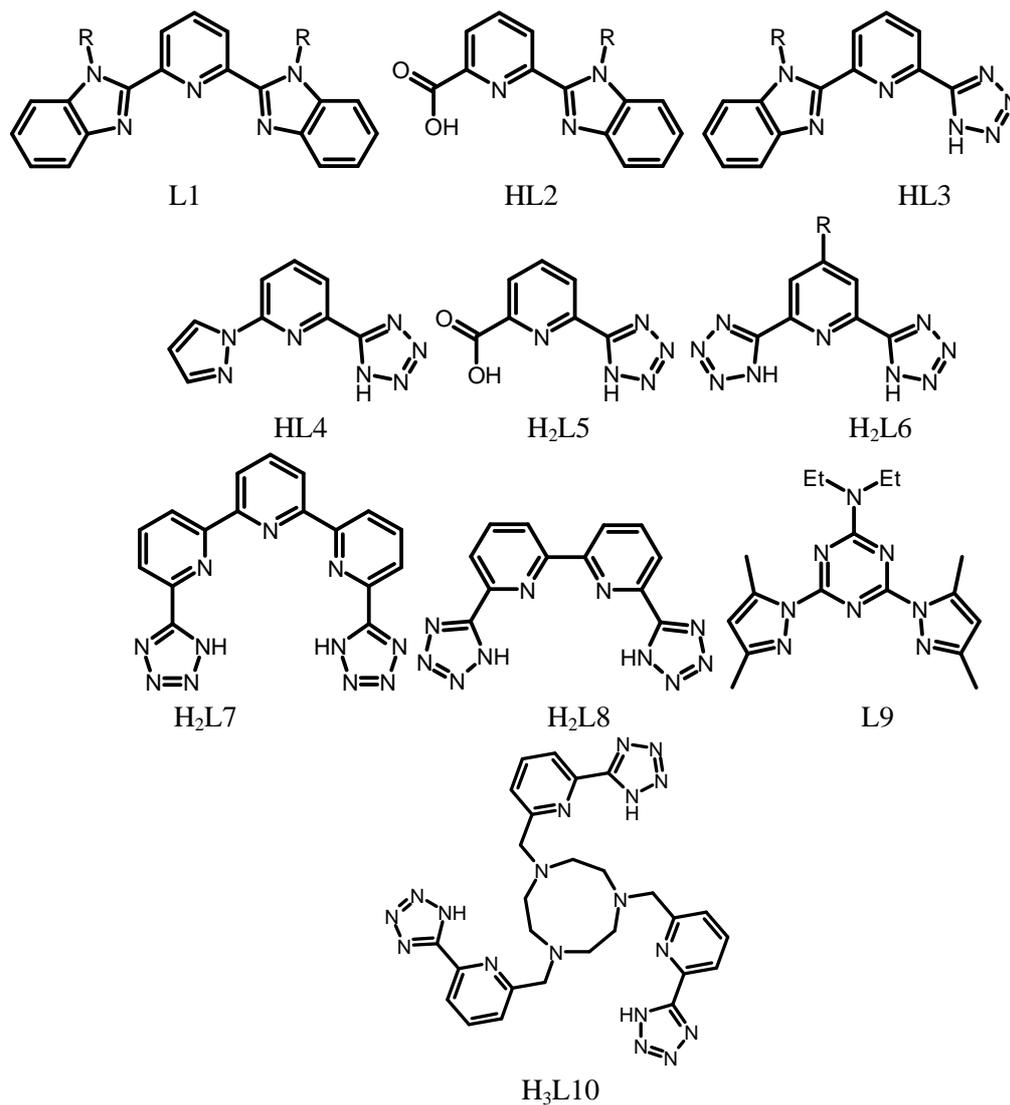
Наиболее изученными являются комплексы N-гетероциклов таких как пиридин, бипиридил, фенантролин, бензимидазол, оксазолин, гидроксихинолин. Для получения термодинамически стабильных комплексов данные гетероциклы обычно комбинируют с O-донорными производными (дикетоны, карбоксилаты). Данные пролиганды являются не только структурообразующими, но и способны эффективно поглощать энергию, необходимую для возбуждения фотолюминесценции.

Целенаправленный синтез люминесцентных материалов на основе 4f-металлов – это сложная задача, решение которой достигается за счет комбинации многих факторов, среди которых выбор подходящих лигандов является определяющим [1]. Молекулярный дизайн лигандов основывается на нескольких требованиях к таким системам:

1. лиганды должны быть полидентатными, чтобы предотвращать координацию молекул растворителя ионом лантанида;
2. лиганды должны обеспечивать эффективное поглощение энергии возбуждения и ее передачу на излучающий уровень иона лантанида;
3. лиганды должны обеспечивать другие специфические свойства (летучесть, термостабильность, токопроводящие свойства).

До недавнего времени традиционным подходом к получению люминесцентных комплексов РЗЭ было комплексообразование ионов лантанидов с тремя однозарядными бидентатно-хелатирующими лигандами (β -дикетоны, карбоксилат-анионы, ацилпиразолоны) и одним молекулярным лигандом (фенантролин или дипиридил). Особенности строения и спектрально-люминесцентных характеристик подобных координационных соединений посвящено множество обзоров. Исследователи отмечают высокий, но все же не максимальный квантовый выход фотолюминесценции, который может быть оптимизирован за счет рационального молекулярного дизайна лигандов. Тем не менее дальнейшее развитие областей применения ионной люминесценции выдвигает дополнительные требования к люминесцентным комплексам лантанидов, которые не могут быть решены простым перебором заместителей в органической молекуле. В частности, для использования в биологическом анализе, помимо высоких показателей яркости люминесценции, необходима высокая растворимость и устойчивость в водных растворах, а также большое время жизни возбужденного состояния. Использование комплекса в качестве эмиттера в электролюминесцентных устройствах требует высокой термической стабильности и электрон-дырочной проводимости [14].

В последнее время наблюдается устойчивый интерес к координационным соединениям РЗЭ с гетероциклическими лигандами на основе пиридилазолов. Интерес к подобным системам обусловлен высоким коэффициентом поглощения в ближнем УФ и видимом диапазоне, что позволяет возбуждать излучение в относительно мягких условиях. Кроме этого, квантовый выход люминесценции для таких комплексов превышает значения, характерные для аддуктов трисдикетонатов лантанидов и достигает 65–75%. И, наконец, азольные лиганды способствуют улучшению электро-транспортных характеристик комплекса, что открывает перспективы получения эффективных электролюминесцентных устройств. Основное внимание в литературе посвящено пиридинным производным бензимидазола, тетразола и пиразола [15–25].



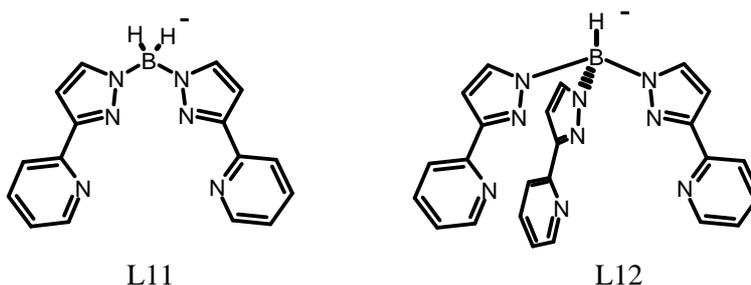
Представленные органические производные использовались как в качестве основных (анионных), так и дополнительных (молекулярных) лигандов. Отличительной чертой реализации механизма фотолюминесценции таких соединений является эффективный (до 100 %) перенос энергии возбуждения с триплетного уровня лиганда на излучающий уровень лантанида.

Таблица 1.
Значения квантового выхода люминесценции для комплексов РЗЭ с гетероциклическими лигандами.

Комплекс	Квантовый выход, %	Литература
[Eu(L1) ₃](ClO ₄) ₃ (R- CH ₃)	0,002	[15,16]
Eu(HFA) ₃ L1 (R- iso-C ₄ H ₉)	30	
[Eu(L2) ₃] 3H ₂ O (R- CH ₃)	61	[17]
[Eu(L2) ₃] 1,5H ₂ O (R- Ph)	58	
[Eu(L2) ₃] (R- C ₈ H ₁₇)		
Eu(L3) ₃ ·3.5H ₂ O (R- CH ₃)	12	[18]
Eu(L3) ₃ ·3.5H ₂ O (R- C ₈ H ₁₇)	14	
Tb(L4) ₃	65	[19]
(NH ₄) ₃ [Eu(L5) ₃]	38	[20]
(NH ₄) ₃ [Eu(L6) ₃] (R – H)	61	[20,21]
(NH ₄) ₃ [Tb(L6) ₃] (R – H)	64	
(NH ₄) ₃ [Eu(L6) ₃] (n-C ₈ H ₁₇ -1,2,3-triazole)	70	
(NH ₄) ₃ [Tb(L6) ₃] (n- C ₈ H ₁₇ -1,2,3-triazole)	98	
NH ₄ [Eu(L7) ₂]	35	[22]
NH ₄ [Eu(L8) ₂]	45	[23]
Eu(TTA) ₃ L9	52	[24]
TbL10	56	[22]

Очевидные перспективы создания высокоэффективных комплексов лантанидов на основе пиридазолов побуждают к поиску новых лигандных систем, содержащих данных фрагмент. Интересным вариантом модифицирования гетероциклов данного типа является спейсерирование – связывание двух и более пиридазольных фрагментов протяженной углеводородной или иной цепочкой атомов. В литературе описано три класса лигандов данного типа: полипиридилпиразолилбораты [25–32], биспиридилпиразолилалканы [33–35] и биспиридилтриазолилалканы [36–45].

Строение бис(3-(пиридин-2-ил)пиразол-1-ил)бората (L11) и трис(3-(пиридин-2-ил)пиразол-1-ил)бората (L12) представлено на схеме .



Координационные соединения Eu(III), Tb(III), Nd(III), Yb(III), Er(III) и Pr(III) с L11 и L12 были синтезированы и исследованы группой профессора М. Варда (Бристольский университет) [25–31]. Для бис(3-(пиридин-2-ил)пиразол-1-ил)бората с ионами РЗЭ было описано два класса соединений: гомолигандные, в которых в качестве органического лиганда выступает только L11, и гетеролигандные, в которых центральный атом дополнительно координируется дибензоилметанат-анионами. Строение координационных соединений объективно установлено по данным рентгеноструктурного анализа (рис. 1).

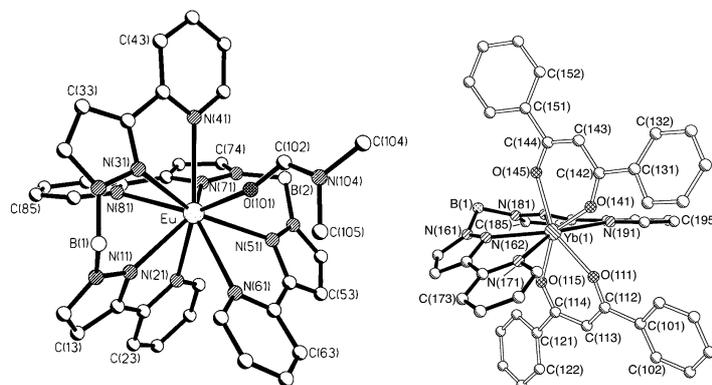


Рис. 1. Строение комплексов $\text{Eu}(\text{L11})_2\text{DMSO}$ и $\text{Yb}(\text{Dbm})_2\text{L11}$.

Стерические факторы и высокие значения координационных чисел ионов РЗЭ приводят к дополнительной координации молекул растворителя или внешнесферных ионов для гомолигандных комплексов. Напротив, гетеролигандные комплексы характеризуются высокой степенью экранирования иона лантанида, препятствующей координации низкомолекулярных лигандов. Во всех случаях L11 координирован тетрадентано [25, 31].

Наличие дополнительного хелатирующего фрагмента в L12 приводит к значительным изменениям в структуре координационных соединений. Были синтезированы и структурно охарактеризованы комплексы со стехиометрическим соотношением Ln : L12 1:1 ($[\text{Ln}(\text{L12})(\text{MeOH})_2\text{F}][\text{PF}_6]$, $[\text{Ln}(\text{L12})(\text{NO}_3)_2]$) и 1:2, соответственно ($[\text{Ln}(\text{L12})_2][\text{BPh}_4]$) [26]. Для первых характерно наличие

дополнительных низкомолекулярных лигандов во внутренней координационной сфере, в то время как для второй группы характерно полноазотное окружение центрального атома с реализацией КЧ=12 (рис. 2).

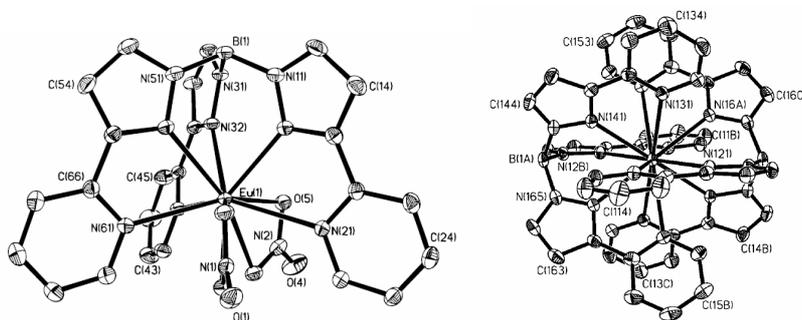


Рис. 2. Структура комплексных катионов $[Ln(L12)((NO_3)_2)]$ и $([Ln(L12)_2][BPh_4])$.

При всех попытках получить гетеролигандные комплексы лантанидов, в которых L12 координирован гексадентатно, продуктом реакции оказывались комплексы состава $Ln(Dbm)_2L12$, в которых только два из трех хелатирующих фрагментов трис(3-(пиридин-2-ил)пиразол-1-ил)бората координируют центральный ион. Следует отметить, что кроме основного продукта состава $Ln(Dbm)_2L12$ из растворов кристаллизуются также кристаллы катионно-анионного комплекса состава $[Ln(L12)_2][Ln(Dbm)_4]$ (рис. 3) [30].

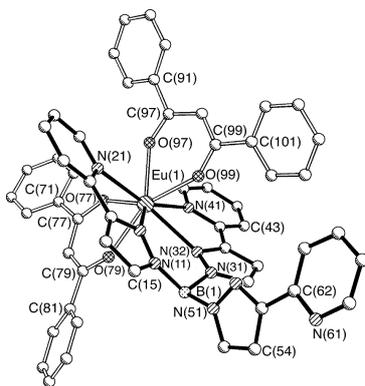


Рис. 3. Структура комплекса $Eu(Dbm)_2L12$.

Люминесцентные свойства координационных соединений лантанидов с L11 и L12 были детально исследованы для Nd(III), Yb(III), Er(III) и Pr(III), люминесцирующих в ИК-диапазоне. Интерес к люминесценции в ближней ИК-области был обусловлен двумя факторами. Во-первых, ткани живых организмов «прозрачны» в области 900-1100 нм, что позволяет использовать ИК-люминесцентные комплексы, в первую очередь, иттербия при диагностических

анализах. Во-вторых, излучение в области 1500 нм активно используется в телекоммуникационных устройствах, и возможность использования комплексов лантанидов в таких устройствах весьма перспективна. Координационные соединения Nd(III), Yb(III), Er(III) и Pr(III) проявляют характерную ионную люминесценцию как в твердом состоянии, так и в растворах. Наилучшие показатели люминесценции были получены для растворов комплексов $[\text{Ln}(\text{L12})_2][\text{BPh}_4]$ (Ln – Yb, Nd) и $\text{Ln}(\text{Dbm})_2\text{L11}$ (Ln – Yb, Nd, Er). Такие соединения характеризуются высокой степенью экранирования центрального атома от ОН-осцилляторов. Этот фактор является основным, обуславливающим большое время жизни возбужденного состояния центрального иона. Следует отметить, что ионная люминесценция комплексов тербия и европия с L11 и L12 описана только на уровне общей характеристики спектров без указания количественных характеристик люминесценции [27, 28, 30]. Позже была синтезирована и исследована серия изоструктурных соединений $[\text{Ln}(\text{L12})(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{H}_2\text{O})]$ Ln – Tb, Eu и Gd, для которых были исследованы спектры фотолюминесценции твердых образцов [32]. Квантовый выход люминесценции комплексов тербия и европия достигает 43 и 24 % соответственно, даже несмотря на наличие молекулы воды во внутренней сфере. При анализе механизма возбуждения люминесценции авторы обращают внимание на роль переноса энергии за счет стекинг-взаимодействия между соседними молекулами, что было подтверждено при исследовании фотофизических свойств образцов комплексов тербия и европия, допированных в матрицу $[\text{Gd}(\text{L12})(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{H}_2\text{O})]$ (рис. 4).

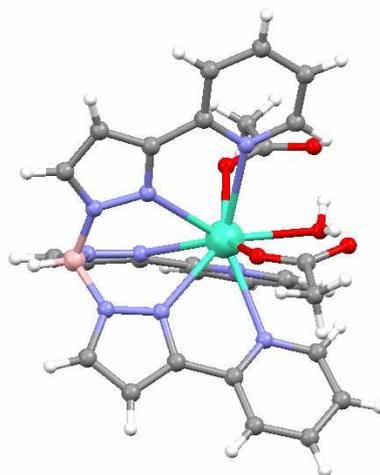
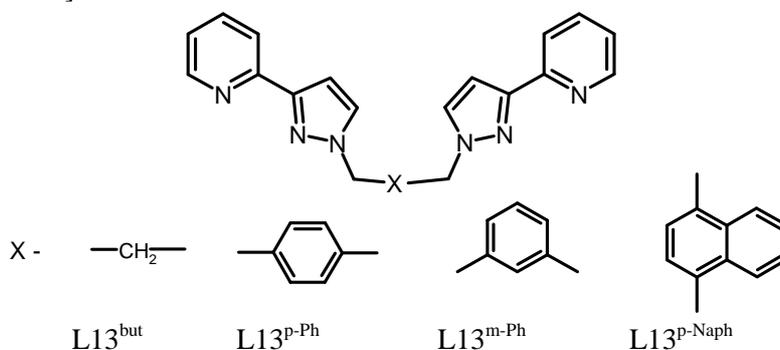


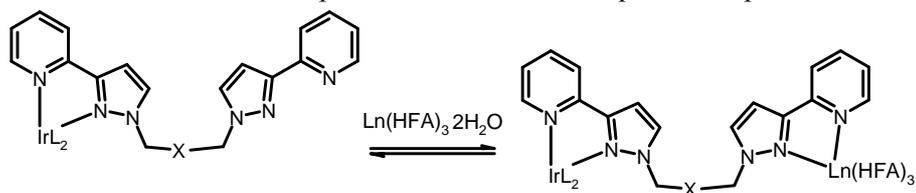
Рис. 4. Строение комплекса $[\text{Gd}(\text{L12})(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{H}_2\text{O})]$.

Особенностью лигандов L13 является наличие двух хелатирующих фрагментов, расположенных на достаточно большом расстоянии, предотвращающем моонуклеирующий способ координации. Такое строение, позволяющее последовательно связывать два различных иона, было использовано для синтеза

гетеролигандных комплексов иридия-европия. Интерес к подобным соединениям обусловлен двумя факторами. Во-первых, наличие двух центров люминесценции в одной молекуле (синий/зеленый Ir и красный Eu) позволяет получить т. н. белый люминофор. Во-вторых, возможностью возбуждения ионной люминесценции европия излучением в видимой области за счет d-f переноса энергии от иридия к европию [33–36].



Авторами работ [33–36] на первом этапе были синтезированы моноядерные координационные соединения Ir(III) взаимодействием $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\mu\text{-Cl})_2]$ (Hppy – фенилпиридин) с соответствующим L13. Высокая инертность комплексов иридия позволяет проводить реакцию таким образом, чтобы второй пиридилтриазольный фрагмент оставался некоординированным. На втором этапе оставшийся хелатирующий фрагмент использовался для координации комплексов европия и тербия.



Был синтезирован представительный ряд гетеролигандных комплексов, отличающихся типом мостиковой группы. Строение моноядерных комплексов иридия и некоторых гетеролигандных комплексов установлено по данным РСА.

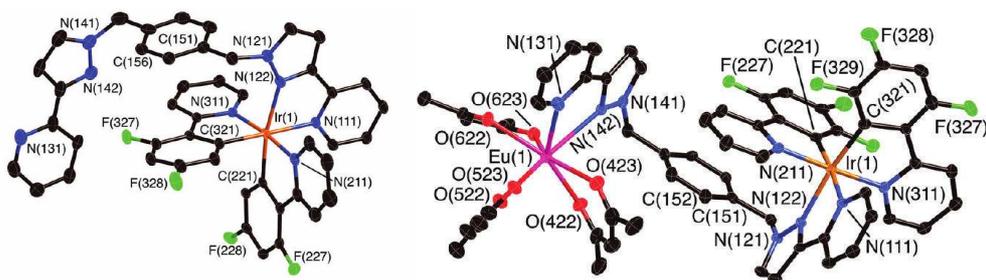


Рис. 5. Строение комплексов $(2,4\text{-F-PPy})_2\text{IrL13}^{\text{p-P}}$ и $(2,4\text{-F-PPy})_2\text{IrL13}^{\text{p-P}}\text{Eu}(\text{TTA})_3$.

Комплексы иридия демонстрируют интенсивную фотолюминесценцию ($\lambda_{em} = 452\text{--}475\text{ nm}$) как в растворах, так и в твердом состоянии. Варьирование заместителей в фенилпиридине позволяет изменять ширину запрещенной зоны между граничными орбиталями, тем самым изменяя положение максимума излучения гомометальных комплексов иридия. Квантовый выход люминесценции координационных соединений иридия варьирует в интервале 8–31 %. Добавление к растворам комплексов $[\text{Ir}(\text{ppy})_2]\text{L13}$ дикетонатных комплексов европия и тербия приводит к тушению синей люминесценции иридиевого центра и появлению ионной люминесценции соответствующего лантанида. Отличительной чертой фотолюминесценции иона европия в данном соединении является возбуждение излучением с $\lambda_{ex} = 400\text{ nm}$. Наблюдаемое явление было интерпретировано как результат переноса энергии между двумя металлоцентрами, в котором иридиевый центр выступает в роли донора, а европиевый в роли акцептора. Эффективность процесса переноса энергии через углеводородный спейсер определяется природой мостиковой группы, уменьшаясь с увеличением ее конформационной подвижности. Высокая, но все же не полная степень тушения люминесценции иридиевого фрагмента приводит к регистрации «белой» люминесценции.

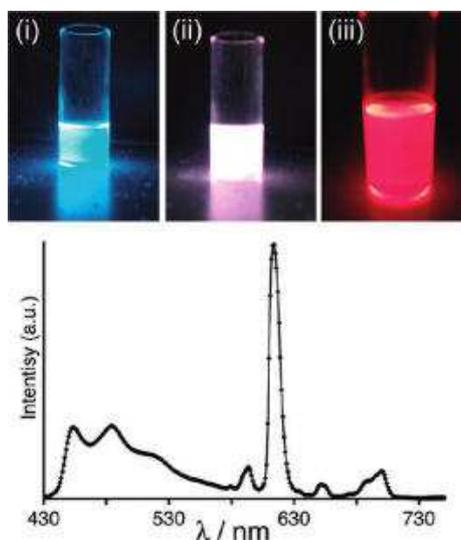


Рис. 6. Спектр люминесценции раствора комплекса $(2,4\text{-F-PPy})_2\text{IrL13}^{\text{P-Eu}}(\text{TTA})_3$.

Представленные данные показывают, что координационные соединения лантанидов с биспиридилпириазолами изучены достаточно подробно. При этом имеется лишь один пример использования комплексов данного типа для создания электролюминесцентных устройств [33–35]. Основными причинами этого следует считать низкую электрон-дырочную проводимость и плохие пленкообразующие свойства таких соединений. Перспективными лигандами для решения таких проблем могут служить спейсированные пиридилтриазолы. Интерес к таким соединениям обусловлен отличными электрон-транспортными свойствами пиридилтриазольного

фрагмента и возможностью варьировать качество тонких пленок за счет изменения длины спейсера. С целью изучения фотофизических особенностей комплексов лантанидов были синтезированы комплексы со спейсерованными пиридилтриазолами следующего строения.

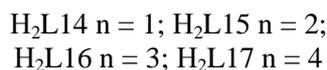
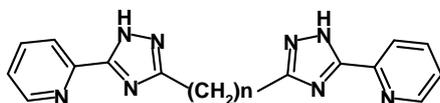


Схема синтеза спейсерованных пиридилтриазолов представляет собой двухступенчатый процесс с использованием дигидразидов дикарбоновых кислот и 2-цианопиридина в качестве исходных реагентов. Строение триазолов установлено методом ЯМР-спектроскопии в растворах и РСА в кристаллах (рис. 7) [36].



Рис. 7. Молекулярное строение 1,3-бис(5-пиридин-2-ил)-1,2,4-триазол-3-ил)-пропана $\text{H}_2\text{L16}$ и 1,4-бис(5-пиридин-2-ил)-1,2,4-триазол-3-ил)-бутана $\text{H}_2\text{L17}$.

Большое значение координационных чисел 4f-металлов, которые не могут быть реализованы только за счет одной молекулы бистриазольного лиганда, требует использования дополнительных лигандов, в роли которых может выступать как вторая молекула триазола, так и дикетонат-анионы. В связи с этим были синтезированы два типа комплексов: гомолигандные, в которых в качестве лигандов использованы только спейсерованные триазолы, и гетеролигандные, считающие триазольные производные и дикетонат-анионы [37-45].

Гомолигандные комплексы состава $[\text{LnL14}(\text{HL14})\text{H}_2\text{O}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} = \text{Nd}, \text{Dy}, \text{Tb}, \text{Eu}, \text{Sm}$ и Gd) легко получаются при взаимодействии двух эквивалентов биспиридилтриазолилметана с одним эквивалентом соли лантанида в присутствии основания [37, 38]. Строение комплексов было подтверждено данными РСА. Центральный атом координирован двумя тетрадентатно-координированными молекулами бистриазола в однократно и дважды депротонированной формах и одной молекулой воды (рис. 8).

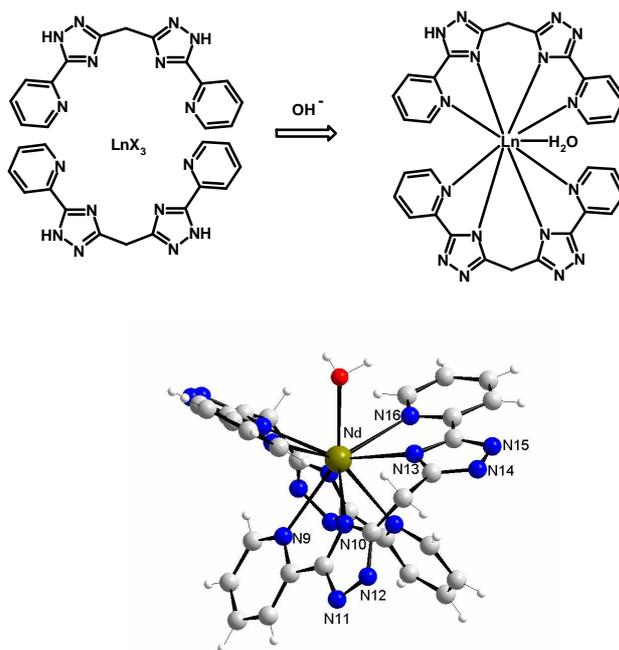


Рис .8. Структура гомолигандного комплекса $[\text{NdL14}(\text{HL14})\text{H}_2\text{O}]$.

Гомолигандные комплексы демонстрируют ионную фотолюминесценцию умеренной интенсивности. Наибольший относительный квантовый выход был получен для комплекса тербия. Однако абсолютное значение квантового выхода составляет всего 13,5 %, что, очевидно, связано с наличием координированной молекулы воды, колебания которой способствуют безизлучательной дезактивации излучающего уровня лантанида. Тем не менее значение триплетного уровня лиганда (22936 см^{-1}) позволяет ожидать более высоких показателей эффективности излучения, в первую очередь, для комплекса тербия. Термогравиметрические исследования позволили установить, что нагревание образцов до температуры $200 \text{ }^\circ\text{C}$ позволяет получить дегидратированные образцы $[\text{LnL14}(\text{HL14})]$. Последние демонстрируют фотолюминесценцию в 1,5–3 раза более интенсивную чем исходные гидраты. Значение квантового выхода для комплекса тербия достигает 41 %.

Интересным оказалось поведение гомолигандного комплекса тербия в растворе. Если в нейтральном и слабощелочном растворе наблюдается интенсивная фотолюминесценция зеленого цвета, то при $\text{pH} < 5$ наблюдается люминесценция с максимумом излучения при 450 нм (рис. 9). Подобная двойственность в области биологически важных значений pH позволяет рекомендовать данный комплекс в качестве индикатора для биохимических исследований. Изменения в спектре люминесценции очевидно связаны с существованием нескольких люминесцентных форм при разных значениях pH. В слабощелочной среде ион тербия хелатирован двумя молекулами спейсерированного триазола и экранирован от тушающего действия молекул растворителя. Это приводит к появлению люминесценции иона

тербия в зеленой области при $\text{pH} > 6$. Протонирование лиганда приводит к диссоциации комплекса, в результате чего ионная люминесценция тербия не наблюдается вследствие тушения ОН-осцилляторами, а регистрируется широкая полоса молекулярной люминесценции триазола [37].

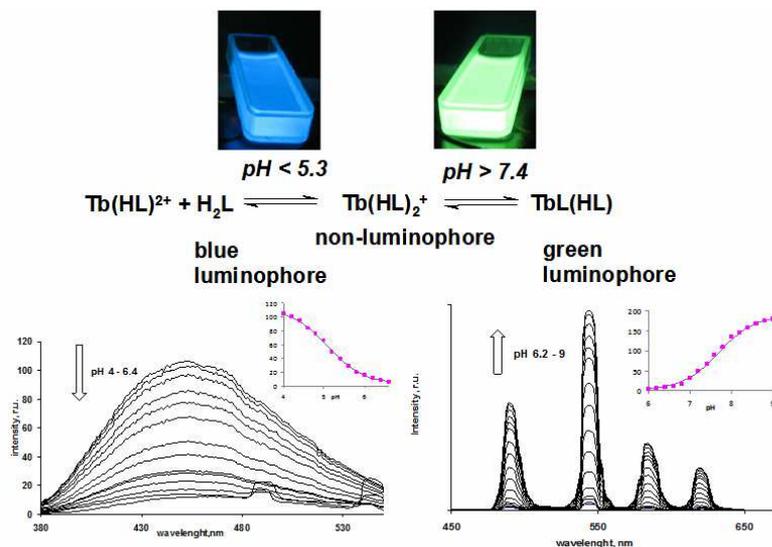
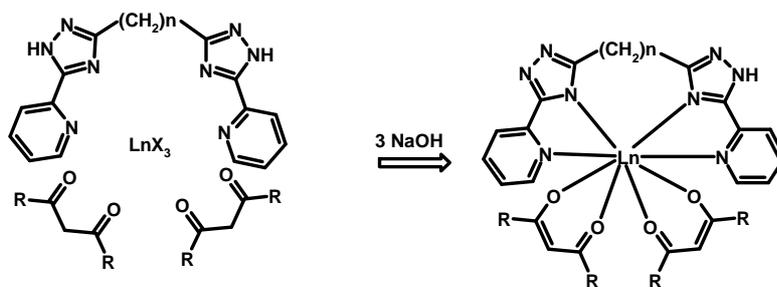
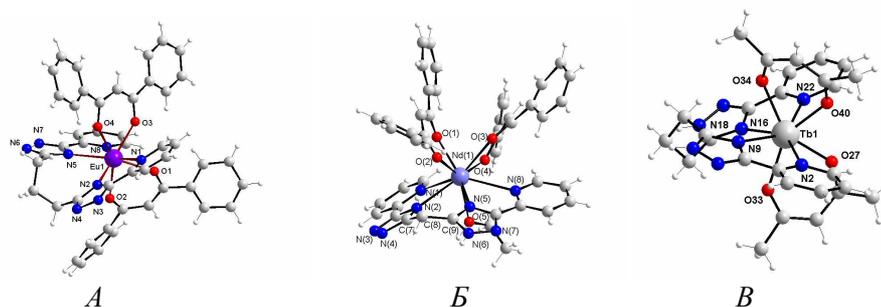


Рис. 9. Результаты флуорометрического титрования раствора $[\text{TbL14}(\text{HL14})\text{H}_2\text{O}]$.

В случае гетеролигандных комплексов кроме молекулы триазола центральный атом координирован двумя дикетонат анионами.



Было выделено две группы комплексов: молекулярные с монодепротонированной формой триазольного лиганда [39-44] и катионные – с протонированной формой лиганда [45].



длины спейсера. Высокая степень экранирования центрального атома, в частности, определяет высокие показатели интенсивности люминесценции в водных растворах. Отсутствие координации молекул растворителя было показано при исследовании времени жизни возбужденного состояния катионных комплексов в обычной и тяжелой воде.

Известно, что квантовый выход люминесценции для координационных соединений лантанидов определяется эффективностью переноса энергии возбуждения и собственным квантовым выходом иона металла. Оптимальное соотношение триплетных уровней лигандов определяет эффективный перенос энергии возбуждения к иону лантанида. При этом факторы, определяющие эффективность переноса энергии между лигандами, малоизучены. Анализ спектральных данных исследуемых комплексов европия показывает, что одним из таких факторов может служить разница энергий триплетных уровней дикетонат-анионов и исследуемых триазолов. Теоретический анализ показывает, что наиболее эффективно процесс переноса энергии происходит при разности энергий триплетных уровней, равной 2500 см^{-1} .

Высокие показатели яркости фотолюминесценции гетеролигандных комплексов европия в сочетании с термической стабильностью позволили получить тонкие пленки исследуемых соединений методом вакуумного напыления. Были исследованы рабочие электролюминесцентные ячейки состава ITO/NPB(40 нм)/Eu(Dbm)₂·HL16 (40 нм)/LiF (1 нм)/Al (100 нм) и ITO/NPB(40 нм)/Eu(Dbm)₂·HL17 (40 нм)/LiF (1 нм)/Al (100 нм). Обращает на себя внимание отсутствие электрон-транспортного слоя в полученных ячейках. Несмотря на это, уже при напряжении выше 8 В устройство на основе тетраметиленового производного генерирует ярко-красное излучение с яркостью до 450 Кд/м^2 . Худшие показатели яркости ячейки на основе триметиленового аналога, очевидно, связаны с худшими показателями качества пленки, что подтверждается данными атомно-силовой микроскопии (рис. 12).

Таким образом, в описанных устройствах гетеролигандные комплексы европия выполняют двойную функцию – эмиттера и электрон-транспортного слоя. Для однозначного подтверждения этого предположения был создан трехслойный образец ОЭЛУ, содержащий в качестве дополнительного слоя гидроксихинолинат алюминия – традиционный электрон-транспортный материал. Для данного устройства генерация излучения происходила при 6,8 В, достигая максимального значения 478 Cd/m^2 при 19 В. Близкие показатели яркости и рабочего напряжения устройств свидетельствует о том, что специальное введение слоя с электрон-транспортной функцией не сказывается заметным образом на характеристиках электролюминесценции, что подтверждает электрон-транспортную функцию комплекса европия [43].

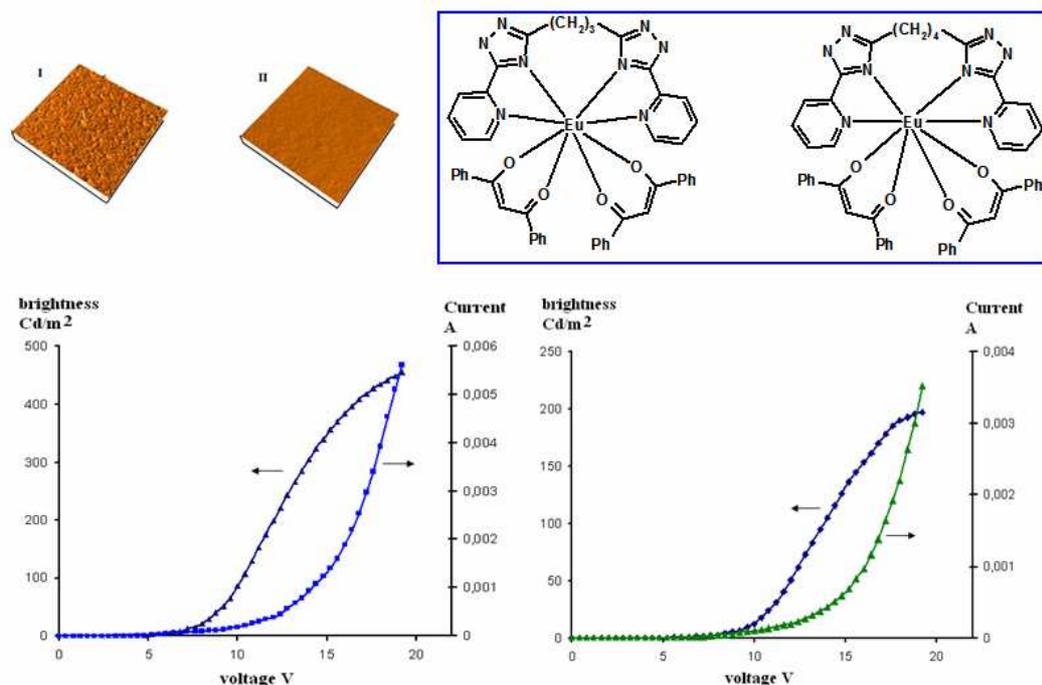


Рис. 12. ВАХ и ВЯХ электролюминесцентных устройств ITO/NPB(40 нм)/Eu(Dbм)₂·HL16 (40 нм)/LiF (1 нм)/Al (100 нм) и ITO/NPB(40 нм)/Eu(Dbм)₂·HL17 (40 нм)/LiF (1 нм)/Al (100 нм).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ литературных данных о строении и люминесцентных свойствах координационных соединений лантанидов с гетероциклическими лигандами. Особое внимание уделено спейсерированным биспиридилазолам.

Представленные результаты демонстрируют большие синтетические возможности спейсерированных гетероциклов для создания эффективных фото- и электролюминофоров благодаря высокому экранирующему эффекту и оптимизации электрон-транспортных свойств.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 15-03-02769.

Список литературы

1. Каткова М. А. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов / М. А. Каткова, А. Г. Витухновский, М. Н. Бочкарев // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, № 12. – С. 1193–1216.
2. Кузьмина Н. П. Фото- и электролюминесценция координационных соединений РЗЭ(III) / Н. П. Кузьмина, С. В. Елисеева // Журн. неорган. химии. – 2006. – Т. 51, № 1. – С. 80–96.

3. Brooks J. S. Organic crystals: properties, devices, functionalization and bridges to bio-molecules / J. S. Brooks // *Chem. Soc. Rev.* – 2010. – V. 39. – P. 2667–2694.
4. Ding L. Chemically assembled monolayers of fluorophores as chemical sensing materials. / L. Ding and Y. Fang // *Chem. Soc. Rev.* – 2010. – V. 39. – P. 4258–4273.
5. Evans R. C. Coordination complexes exhibiting room-temperature phosphorescence: Evaluation of their suitability as triplet emitters in organic light emitting diodes / R. C. Evans, P. Douglas, C. J. Winscom // *Coord. Chem. Rev.* – 2006. – V. 250. – P. 2093–2126.
6. Tanaka H. Novel metal–chelate emitting materials based on polycyclic aromatic ligands for electroluminescent devices / H. Tanaka, S. Tokito, Y. Taga [et al.] // *J. Mater.Chem.* – 1998. – V. 8. – P. 1999–2003.
7. Kalinowskia J. Light-emitting devices based on organometallic platinum complexes as emitters / J. Kalinowskia, V. Fattori, M. Cocchi [et al.] // *Coord. Chem. Rev.* – 2011. – V. 255. – P. 2401–2425.
8. Wang S. Luminescence and electroluminescence of Al(III), B(III), Be(II) and Zn(II) complexes with nitrogen donors / S. Wang // *Coord. Chem. Rev.* – 2001. – V. 215. – P.79–98.
9. Lo K. K.-W. Applications of luminescent inorganic and organometallic transition metal complexes as biomolecular and cellular probes / K. K.-W. Lo, A. W.-T. Choi and W. H.-T. Law. // *Dalton Trans.* – 2012. – V. 41. – P. 6021–6047.
10. Hu T. Solid-state light-emitting electrochemical cells based on ionic iridium(III) complexes / T. Hu, L. He, L. Duan and Y. Qiu // *J. Mater. Chem.* – 2012. – V. 22. – P. 4206–4215.
11. Weissman S. I. Intramolecular Energy Transfer The Fluorescence of Complexes of Europium. / S. I. Weissman // *J. Chem. Phys.* – 1942. – V. 10. – P. 214.
12. Latva M. Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) luminescence quantum yield / M. Latva, H. Takalo, V. M. Mikkala [et al.] // *J. Luminescence* – 1997. – V. 75. – P. 149–169.
13. Eliseeva S. V. Lanthanide luminescence for functional materials and bio-sciences / S.V. Eliseeva and J.-C.G. Bunzli // *Chem. Soc. Rev.* – 2010. – V. 39. – P – 189–227.
14. De Bettencourt-Dias A. Lanthanide-based emitting materials in light-emitting diodes / A. de Bettencourt-Dias // *Dalton Trans.* – 2007. – P. 2229–2241.
15. Gonçalves de Silva F. R. Theoretical modelling of the low quantum yield observed in an Eu(III) triple helical complex with a tridentate aromatic ligand / F. R. Gonçalves de Silva, R. Longo, O. L. Malta [et al.] // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2. – 2000. – P. 5400–5403.
16. Zaim A. N-Heterocyclic Tridentate Aromatic Ligands Bound to [Ln(hexafluoroacetylacetonate)₃] Units: Thermodynamic, Structural, and Luminescent Properties / A. Zaim, H. Nozary, L. Guenee [et al.] // *Chem. Eur. J.* – 2012. – V. 18. – P. 7155–7168.
17. Shavaleev N. M. Highly Luminescent Homoleptic Europium Chelates / N. M. Shavaleev, F. Gumy, R. Scopelliti [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2009. – V. 48. – P. 5611–5613.
18. Shavaleev N. M. Tridentate Benzimidazole-Pyridine-Tetrazolates as Sensitizers of Europium Luminescence. / N. M. Shavaleev, S. V. Eliseeva, R. Scopelliti [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2014. – V. 53. – P. 5171–5178.
19. Kumar K.S. Highly luminescent charge-neutral europium(III) and terbium(III) complexes with tridentate nitrogen ligands / K.S. Kumar, B. Schäfer, S. Lebedkin [et al.] // *Dalton Trans.* – 2015. – V. 44. – P. 15611–15619.
20. Andreiadis E. S. Self-assembly of highly luminescent lanthanide complexes promoted by new pyridine-tetrazolate / E. S. Andreiadis, D. Imbert, J. Pecaut [et al.] // *Dalton Transactions.* – 2012. – V. 41. – P. 1268–1277.
21. Pietro S. Di An efficient triazole-pyridine-bistetrazolate platform for highly luminescent lanthanide complexes / S. Di Pietro, D. Imbert and M. Mazzanti // *Chem. Commun.* – 2014. – V. 50. – P. 10323–10326.
22. Giraud M. Efficient Sensitization of Lanthanide Luminescence by Tetrazole-Based Polydentate Ligands / M. Giraud, E. S. Andreiadis, A. S. Fisyuk [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2008. – V. 47. – P. 3952–3954.
23. Andreiadis E. A. Luminescent lanthanide architectures for applications in optoelectronics: PhD thesis / Eugen S. Andreiadis. – Grenoble, 2009. – 357 p.
24. Yang C. A Highly Luminescent Europium Complex Showing Visible-Light-Sensitized Red Emission: Direct Observation of the Singlet Pathway / C. Yang, L.-M. Fu, Y. Wang, J.-P. [et al.] // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2004. – V. 43. – P. 5010–5013.

25. Bardwell D. A. Lanthanide complexes of the tetradentate N-donor ligand dihydrobis[3-(2-pyridyl)pyrazolyl]borate and the terdentate N-donor ligand 2,6-bis(1H-pyrazol-3-yl)pyridine: syntheses, crystal structures and solution structures based on luminescence lifetime studies / D. A. Bardwell, J. C. Jeffery, P. L. Jones [et al.] // *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* – 1997. – P. 2079–2086.
26. Jones P. L. Lanthanide Complexes of the Hexadentate N-Donor Podand Tris[3-(2-pyridyl)pyrazolyl]hydroborate: Solid-State and Solution Properties / P. L. Jones, A. J. Amoroso, J. C. Jeffery [et al.] // *Inorg. Chem.* – 1997. – V. 36. – P. 10–18.
27. Davies G. M. / Photophysical properties of Pr(III) and Er(III) complexes of poly(pyrazolyl)borates / G. M. Davies, H. Adams, S. J. A. Pope [et al.] // *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2005. – V. 4. – P. 829–834.
28. Beeby A. Synthesis and near-IR luminescence properties of neodymium(III) and ytterbium(III) complexes with poly(pyrazolyl)borate ligands / A. Beeby, B. P. Burton-Pye, S. Faulkner [et al.] // *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* – 2002. – P. 1923–1928.
29. Ward M. D. Ternary lanthanide complexes of hydrotris[3-(2-pyridyl)pyrazol-1-yl]borate (Tp^{PY}) and anionic O,O-bidentate chelates: [Tb(Tp^{PY})(dbm)₂] and [Eu(Tp^{PY})(trop)(NO₃)] (Hdbm is dibenzoylmethane and Htrop is tropolone) / M. D. Ward, J. A. McCleverty, K. L. V. Mann [et al.] // *Acta Cryst.* – 1999. – V. C55. – P. 2055–2058.
30. Davies G. M. Structural and near-IR photophysical studies on ternary lanthanide complexes containing poly(pyrazolyl)borate and 1,3-diketone ligands / G. M. Davies, R. J. Aarons, G. R. Motson [et al.] // *Dalton Trans.* – 2004. – P. 1136–1144.
31. Ward M. D. Coordination and supramolecular chemistry of multinucleating ligands containing two or more pyrazolyl-pyridine ‘arms’ / M. D. Ward, J. A. McCleverty, J. C. Jeffery // *Coord. Chem. Rev.* – 2001. – V. 222. – P. 251–272.
32. Mikhalyova E. A. Manifestation of π - π Stacking Interactions in Luminescence Properties and Energy Transfer in Aromatically-Derived Tb, Eu and Gd Tris(pyrazolyl)borate Complexes / E. A. Mikhalyova, A. V. Yakovenko, M. Zeller [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2015. – V. 54. – P. 3125–3133.
33. Sykes D. Sensitisation of Eu(III)- and Tb(III)-based luminescence by Ir(III) units in Ir/lanthanide dyads: evidence for parallel energy-transfer and electron-transfer based mechanisms / D. Sykes, A. J. Cankut, N. Mohd Ali [et al.] // *Dalton Trans.* – 2014. – V. 43. – P. 6414–6428.
34. Sykes D. d→f Energy Transfer in a Series of Ir(III)/Eu(III) Dyads: Energy-Transfer Mechanisms and White-Light Emission. / D. Sykes, I. S. Tidmarsh, A. Barbieri [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2011. – V. 50. – P. 11323–11339.
35. Sykes D. d→f Energy Transfer in Ir(III)/Eu(III) Dyads: Use of a Naphthyl Spacer as a Spatial and Energetic “Stepping Stone” / D. Sykes, I. S. Tidmarsh, A. Barbieri [et al.] // *Inorg. Chem.* 2013 – V. 52. – P. 10500–10511.
36. Gusev A. N. Versatile coordination modes of bis[5-(2-pyridine-2-yl)-1,2,4-triazole-3-yl]alkanes in Cu(II) complexes / A. N. Gusev, I. Nemeč, R. Herchel [et al.] // *Dalton Trans.* – 2014. – V. 43. – P. 7153–7165.
37. Gusev A. N. Ln(III) complexes of a bis(5-pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl methane ligand: synthesis, structure and fluorescent properties / A. N. Gusev, M. Hasegawa, G. A. Nyschimenko, et al. // *Dalton Trans.* – 2013. – V. 42. – P. 6936–6943.
38. Александров Г. Г. Оптические и магнитные свойства комплекса диспрозия с бис(пиридин-2-ил-1,2,4-триазол-3-ил)метаном / Г. Г. Александров, А. Н. Гусев, Ж. В. Доброхотова [и др.] // *Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.* – 2014. – Т. 57, № 6. – С. 19–22.
39. Gusev A. N. Structural and photophysical studies of europium complexes containing triazole ligands / A. N. Gusev, V. F. Shul’gin, S. B. Meshkova [et al.] // *Inorg. Chim. Acta.* - 2012. – V. 387. – P. 321–326.
40. Мешкова С. Б. ИК-люминесценция разнолигандных комплексов Nd(III), Yb(III), Er(III) с дибензоилметаном и 1,2,4-триазолами / С. Б. Мешкова, А. В. Кирияк, А. Н. Гусев [и др.] // *Журнал прикладной спектроскопии.* – 2012. – Т. 79, № 5. – С. 721–726.
41. Гусев А. Н. Спейсерированные производные 5-пиридил-2-ил-1,2,4-триазола как дополнительные лиганды для дибензоилметанатов европия (III) и самария (III) / А. Н. Гусев, В. Ф. Шульгин, Г. А. Нищименко [и др.] // *Украинский химический журнал.* – 2012. – Т. 78, № 5–6. – С. 73–77.
42. Гусев А. Н. Гетеролигандные комплексы дибензоилметанатов Nd(III), Yb(III) и Er(III) с бис(5-пиридин-2-ил-1,2,4-триазол-3-ил)метаном / А. Н. Гусев, В. Ф. Шульгин, Г. А. Нищименко [и др.] // *Координац. химия* – 2013. – Т. 39, № 6. – С. 329–333.

43. Gusev A. N. Photo- and electroluminescent properties europium complexes using bistriazole ligands / A. N. Gusev, V. F. Shul'gin, G. A. Nishimenko [et al.] // *Synthetic Metals*. – 2013. – V. 164. – P. 17–21.
44. Gusev A. N. Photophysical studies on ternary mixed ligand europium complexes containing pyridyltriazolylmethane and 1,3-diketonate ligands / A. N. Gusev, M. Hasegawa, V. F. Shul'gin [et al.] // *Inorg. Chim. Acta*. – 2014. – V. 414. – P. 71–77.
45. Gusev A. N. Synthesis, structure and luminescence studies of Eu(III), Tb(III), Sm(III), Dy(III) cationic complexes with acetylacetone and bis(5-(pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl)propane / A. N. Gusev, M. Hasegawa, T. Shimizu [et al.] // *Inorg. Chim. Acta*. – 2013. – V. 406. – P. 279–284.

LUMINESCENT LANTHANIDE COMPLEXES WITH SPACER-ARMED PYRIDYLAZOLES

Gusev A. N., Shul'gin V. F.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea
E-mail: galex0330@rambler.ru*

The advantages of metal complexes with organic ligands as candidates for electroluminescent materials stem from the possibility of attaining highly monochromatic emission, great chemical and thermal stability as far as fine-tuning emission by structure changing. There are three classes of luminophores on coordination compounds basis are well known: d^{10} -metals complexes, Ir(III), Os(II) complexes and f-metals complexes. An attractive feature of luminescent lanthanide compounds is their line-like emission, which results in a high color purity of the emitted light. The photoluminescence of inorganic Ln(III) compounds is insufficiently strong, since the absorption by the ion per se is very small. In coordination compounds excitation light is absorbed by the organic part of these complexes and is emitted as a spectral line of the Ln(III) ion. This emission scheme is called antenna effect. The luminescence properties of Ln(III) β -diketonates, carboxylates, and pyrazolonates have been best studied. Till last decades Ln(III) complexes with heterocyclic ligands were out of focus of researchers. However last papers demonstrated great potential of such ligands exceeding the capabilities of traditional β -diketonates, carboxylates, and pyrazolonates ligands.

Title review describe luminescent Ln(III) complexes with new type of heterocyclic ligands spacer-armed pyridylazoles in which two or three chelating-arms of connected by indifferent linker. There are three classes of such ligands are described: polypyridylpyrazolyhydroborates, bispyridylpyrazolyalkanes and bispyridyltriazolyalkanes. The bis or trispyridylpyrazolyhydroborates ligands can react with lanthanide(III) ions to give nine or ten-coordinate 1:1, or nine or twelve-coordinate 1:2 homoleptic complexes depending on the presence or absence of other ligands. The ternary complexes of lanthanide(III) ions with mixed-ligand donor sets consisting of a pyrazolyborate ligand and a β -diketonate ligand are also described. The some facts the highly encapsulating nature of ligands results in solvent molecules being excluded from the coordination sphere, and strong π -stacking interactions are involved in increasing the efficiency of energy transfer mean that the complexes display promising photophysical properties.

The ligands containing two pyrazolylpyridine units attract great attention as a convenient system for bimetallic Ir(III)/Ln(III) complexes producing. The interest to these complexes is driven by possible applications in two areas. First, if the extent of d-f energy transfer can be controlled in these dyads, white-light emission can be generated from a single molecule using a balance of blue/green and red luminescence. Second, the widespread use of Eu(III) emission in biological assays and for imaging purposes requires that its emission be sensitized at wavelengths that are nondestructive to biological samples. The use of these iridium(III) chromophores as energy donors allows relatively low-energy excitation in the visible region of the spectrum to be used.

Bispyridyltriazolylalkanes are promising ligands not only for creating photoluminophors, but also to creating of electroluminescent materials due to excellent electron-transporting properties. The homoleptic and heteroleptic (with β -diketonate ligands) complexes were studied. Complexes demonstrate good luminescent properties both in solution and solid state. The strong encapsulation effect of ligand and good energy-transfer from ligand to Ln(III) ion are determine high quantum yield. High thermal stability and luminescence efficiency europium complexes, these compounds can be recommended as emitting materials for OLED. Moreover, the presence in the complex piridiltriazole's fragment leads to create a cell without the electron-transport layer. These cells exhibit electroluminescent brightness up to 500 Cd/m².

Keywords: photoluminescence, lanthanides, heterocycles.

References

- 1 Katkova M.A., Vitukhnovskii A.G., Bochkarev M.N., Coordination compounds of rare-earth metals with organic ligands for electroluminescent diodes, *Rus. Chem. Rev.*, **74**, 1089 (2005).
- 2 Kuz'mina N.P., Eliseeva S. V., Photo and Electroluminescence of Lanthanide(III) Complexes, *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. **51**, 73 (2006).
- 3 Brooks J.S., Organic crystals: properties, devices, functionalization and bridges to bio-molecules, *Chem. Soc. Rev.* **39**, 2667 (2010).
- 4 L. Ding and Y. Fang., Chemically assembled monolayers of fluorophores as chemical sensing materials. *Chem. Soc. Rev.* **39**, 4258 (2010).
- 5 Evans R.C. Douglas P., Winscom C. J., Coordination complexes exhibiting room-temperature phosphorescence: Evaluation of their suitability as triplet emitters in organic light emitting diodes. *Coord. Chem. Rev.* **250**, 2093 (2006).
- 6 Tanaka H., Tokito S., Taga Y., Novel metal-chelate emitting materials based on polycyclic aromatic ligands for electroluminescent devices. *J. Mater. Chem.* **8**, 1999 (1998)
- 7 Kalinowskia J., Fattori V., Cocchi M. [et al.] Light-emitting devices based on organometallic platinum complexes as emitters, *Coord. Chem. Rev.* **255**, 2401 (2011)
- 8 Wang S. Luminescence and electroluminescence of Al(III), B(III), Be(II) and Zn(II) complexes with nitrogen donors, *Coord. Chem. Rev.* **215**, 79 (2001)
- 9 Lo K. K.-W., Choi A. W.-T. and Law W. H.-T. Applications of luminescent inorganic and organometallic transition metal complexes as biomolecular and cellular probes, *Dalton Trans.* **41**, 6021 (2012)
- 10 T. Hu, L. He, L. Duan and Y. Qiu, Solid-state light-emitting electrochemical cells based on ionic iridium(III) complexes, *J. Mater. Chem.* **22**, 4206 (2012).
- 11 Weissman S. I., Intramolecular Energy Transfer The Fluorescence of Complexes of Europium. *J. Chem. Phys.* **10** 214 (1942).
- 12 Latva M., Takalo H., Mikkala V. M. [et al.] Correlation between the lowest triplet state energy level of the ligand and lanthanide(III) luminescence quantum yield, *J. Luminescence*, **75** 149 (1997).

- 13 Eliseeva S.V., Bunzli J.-C.G. Lanthanide luminescence for functional materials and bio-sciences, *Chem. Soc. Rev.* **39**, 189 (2010).
- 14 De Bettencourt-Dias A., Lanthanide-based emitting materials in light-emitting diodes, *Dalton Trans.*, 2229 (2007).
- 15 Gonçalves de Silva F. R., Longo R., Malta O. L. [et al.] Theoretical modelling of the low quantum yield observed in an Eu(III) triple helical complex with a tridentate aromatic ligand, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2**, 5400 (2000).
- 16 Zaim A., Nozary H., Guenee L. [et al.], N-Heterocyclic Tridentate Aromatic Ligands Bound to [Ln(hexafluoroacetylacetonate)₃] Units: Thermodynamic, Structural, and Luminescent Properties, *Chem. Eur. J.* **18**, 7155 (2012).
- 17 Shavaleev N.M., Gumy F., Scopelliti R. [et al.] Highly Luminescent Homoleptic Europium Chelates, *Inorg. Chem.* **48**, 5611 (2009).
- 18 Tridentate Benzimidazole-Pyridine-Tetrazolates as Sensitizers of Europium Luminescence. / Shavaleev N.M., Eliseeva S.V., Scopelliti R. [et al.], *Inorg. Chem.* **53**, 5171 (2014).
- 19 Kumar K.S., Schäfer B., Lebedkin S. [et al.], Highly luminescent charge-neutral europium(III) and terbium(III) complexes with tridentate nitrogen ligands, *Dalton Trans.* **44**, 15611 (2015).
- 20 Andreiadis E.S., Imbert D., Pecaut J. [et al.], Self-assembly of highly luminescent lanthanide complexes promoted by new pyridine-tetrazolate, *Dalton Trans.* **41**, 1268 (2012).
- 21 Pietro S. Di, Imbert D. and Mazzanti M. An efficient triazole-pyridine-bistetrazolate platform for highly luminescent lanthanide complexes, *Chem. Commun.* **50**, 10323 (2014).
- 22 Giraud M., Andreiadis E. S., Fisyuk A. S. [et al.], Efficient Sensitization of Lanthanide Luminescence by Tetrazole-Based Polydentate Ligands, *Inorg. Chem.* **47**, 3952 (2008).
- 23 Andreiadis, E.A. Luminescent lanthanide architectures for applications in optoelectronics: PhD thesis / Eugen S. Andreiadis. – Grenoble, 2009. – 357 p.
- 24 Yang C., Fu L.-M., Wang Y., [et al.], A Highly Luminescent Europium Complex Showing Visible-Light-Sensitized Red Emission: Direct Observation of the Singlet Pathway, *Angew. Chem. Int. Ed.* **43**, 5010 (2004).
- 25 Bardwell D.A., Jeffery J. C., Jones P. L. [et al.], Lanthanide complexes of the tetradentate N-donor ligand dihydrobis[3-(2-pyridyl)pyrazolyl]borate and the terdentate N-donor ligand 2,6-bis(1H-pyrazol-3-yl)pyridine: syntheses, crystal structures and solution structures based on luminescence lifetime studies. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 2079 (1997).
- 26 Jones P. L., Amoroso A. J., Jeffery J. C. [et al.], Lanthanide Complexes of the Hexadentate N-Donor Podand Tris[3-(2-pyridyl)pyrazolyl]hydroborate: Solid-State and Solution Properties, *Inorg. Chem.*, **36**, 10 (1997).
- 27 Davies G. M., Adams H., Pope S. J. A. [et al.], Photophysical properties of Pr(III) and Er(III) complexes of poly(pyrazolyl)borates *Photochem. Photobiol. Sci.*, **4**, 829 (2005).
- 28 A. Beeby, B. P. Burton-Pye, S. Faulkner [et al.], Synthesis and near-IR luminescence properties of neodymium(III) and ytterbium(III) complexes with poly(pyrazolyl)borate ligands, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1923 (2002).
- 29 Ward M.D., McCleverty J. A., Mann K. L. V. [et al.] Ternary lanthanide complexes of hydrotris[3-(2-pyridyl)pyrazol-1-yl]borate (Tp^{py}) and anionic O,O-bidentate chelates: [Tb(Tp^{py})(dbm)₂] and [Eu(Tp^{py})(trop)(NO₃)] (Hdbm is dibenzoylmethane and Htrop is tropolone), *Acta Cryst.* **C55**, 2055 (1999).
- 30 G.M. Davies, R. J. Aarons, G. R. Motson [et al.], Structural and near-IR photophysical studies on ternary lanthanide complexes containing poly(pyrazolyl)borate and 1,3-diketonate ligands, *Dalton Trans.* 1136 (2004).
- 31 Ward M.D., McCleverty J.A., Jeffery J.C. Coordination and supramolecular chemistry of multinucleating ligands containing two or more pyrazolyl-pyridine 'arms', *Coord. Chem. Rev.* **222**, 251 (2001).
- 32 Mikhalyova E.A., Yakovenko A.V., Zeller M. [et al.], Manifestation of π - π Stacking Interactions in Luminescence Properties and Energy Transfer in Aromatically-Derived Tb, Eu and Gd Tris(pyrazolyl)borate Complexes, *Inorg. Chem.* **54**, 3125 (2015).

- 33 D. Sykes, A.J. Cankut, N. Mohd Ali [et al.], Sensitisation of Eu(III)- and Tb(III)-based luminescence by Ir(III) units in Ir/lanthanide dyads: evidence for parallel energy-transfer and electron-transfer based mechanisms, *Dalton Trans.* **43**, 6414 (2014).
- 34 Sykes D., Tidmarsh I.S., Barbieri A. [et al.], d→f Energy Transfer in a Series of Ir(III)/Eu(III) Dyads: Energy-Transfer Mechanisms and White-Light Emission. *Inorg. Chem.*, **50**, 11323 (2011).
- 35 Sykes D., Tidmarsh I. S., Barbieri A. [et al.], d→f Energy Transfer in Ir(III)/Eu(III) Dyads: Use of a Naphthyl Spacer as a Spatial and Energetic “Stepping Stone”, *Inorg. Chem.*, **52**, 10500 (2013).
- 36 Gusev A.N., Nemeč I., Herchel R. [et al.], Versatile coordination modes of bis[5-(2-pyridine-2-yl)-1,2,4-triazole-3-yl]alkanes in Cu(II) complexes, *Dalton Trans.* **43**, 7153 (2014).
- 37 Gusev A.N., Hasegawa M., Nyschimenko G.A., [et al.], Ln(III) complexes of a bis(5-pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl methane ligand: synthesis, structure and fluorescent properties, *Dalton Trans.* **42**, 6936 (2013).
- 38 Gusev A.N., Shul'gin V.F., Dobrokhotova Zh.V., [et al.], Optical and magnetic properties of dysprosium complex with bis(pyridine-2-yl-1,2,4-triazole-3-yl)methane / *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Seriya “Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya”* **57**, 19 (2014).
- 39 Gusev A.N., Shul'gin V.F., Meshkova S.B. [et al.], Structural and photophysical studies of europium complexes containing triazole ligands, *Inorg. Chim. Acta.* **387**, 321 (2012).
- 40 Meshkova S. B., Kiriyač A. V., Gusev A. N. [et al.], IR luminescence of mixed-ligand complexes of Nd(III), Yb(III), and Er(III) with dibenzoylmethane and 1,2,4-triazoles, *Journal of Applied Spectroscopy* **79**, 708 (2012).
- 41 Gusev A.N., Shulgin V.F., Nishchimenko G.A., [et al.], Spacer-armed derivatives of 5-pyridine-2-yl-1,2,4-triazole as additional ligands for Eu(III) and Sm(III) dibenzoylmethanates, *Ukrainian Chemistry Journal.*, **78**, 73 (2012).
- 42 Gusev A.N., Shulgin V.F., Nishchimenko G.A., [et al.], Heteroligand complexes of Nd(III), Yb(III), and Er(III) dibenzoyl methanates with bis(5-pyridine-2-yl-1,2,4-triazol-3-yl)methane, *Russian J. of Coord chemistry.* **39**, 432 (2013).
- 43 Gusev A.N., Shulgin V.F., Nishchimenko G.A., [et al.], Photo- and electroluminescent properties europium complexes using bistriazole ligands, *Synthetic Metals.* **164**, 17 (2013).
- 44 Gusev A.N., Hasegawa M., Shul'gin V.F. [et al.], Photophysical studies on ternary mixed ligand europium complexes containing pyridyltriazolylmethane and 1,3-diketonate ligands, *Inorg. Chim. Acta.* **414**, 71 (2014).
- 45 Gusev A.N., Hasegawa M., Shimizu T. [et al.], Synthesis, structure and luminescence studies of Eu(III), Tb(III), Sm(III), Dy(III) cationic complexes with acetylacetonate and bis(5-(pyridine-2-yl)-1,2,4-triazol-3-yl)propane, *Inorg. Chim. Acta.* **406**, 279 (2013).

Поступила в редакцию 19.11.2015 г

УДК 547.963.1

ВЛИЯНИЕ ГЛИКОЗИДОВ МУРАМОИЛДИПЕПТИДА НА ПРОДУКЦИЮ ЦИТОКИНОВ МОНОНУКЛЕАРНЫМИ КЛЕТКАМИ КРОВИ

Земляков А. Е., Цикалов В. В., Цикалова В. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым
E-mail: alex_z56@mail.ru*

Изучена стимуляция продукции ряда важнейших цитокинов мононуклеарными клетками крови (МНК) при прямом действии β -гликозидов мурамоилдипептида. Для исследуемых гликопептидов не выявлено интерферогенной активности. При тестировании продукции фактора некроза опухоли и интерлейкинов-1 β и -4 найдены соединения-лидеры. Установлена индукция синтеза интерлейкина-6 всеми гликозидами мурамоилдипептида.

Ключевые слова: мурамоилдипептиды; гликозиды мурамоилдипептида, цитокины, интерферон, фактор некроза опухоли, интерлейкин.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов регуляции иммунного процесса *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамином (мурамоилдипептид, MDP) и его производными является индуцирование продукции широкого спектра цитокинов [1, 2]. Проведенные нами ранее исследования показали, что β -гликозиды мурамоилдипептида эффективно стимулируют синтез фактора некроза опухоли (TNF) и интерлейкина-1 (IL-1) перитонеальными макрофагами мышей [3] и интерлейкина-2 (IL-2) – спленоцитами мышей [4]. Для широкой группы гликозидов была установлена интерферогенная активность в экспериментах *in vitro* [5].

Ряд β -гликозидов MDP с липофильными алифатическими агликонами, а также *O*- и *S*-арилгликозидов мурамоилдипептида был исследован в тесте прямого цитотоксического действия на клетки эритробластного лейкоза человека K-562 и мононуклеарные клетки крови (МНК) [6–8]. В данном сообщении приводятся результаты изучения влияния данных гликозидов мурамоилдипептида на продукцию цитокинов МНК.

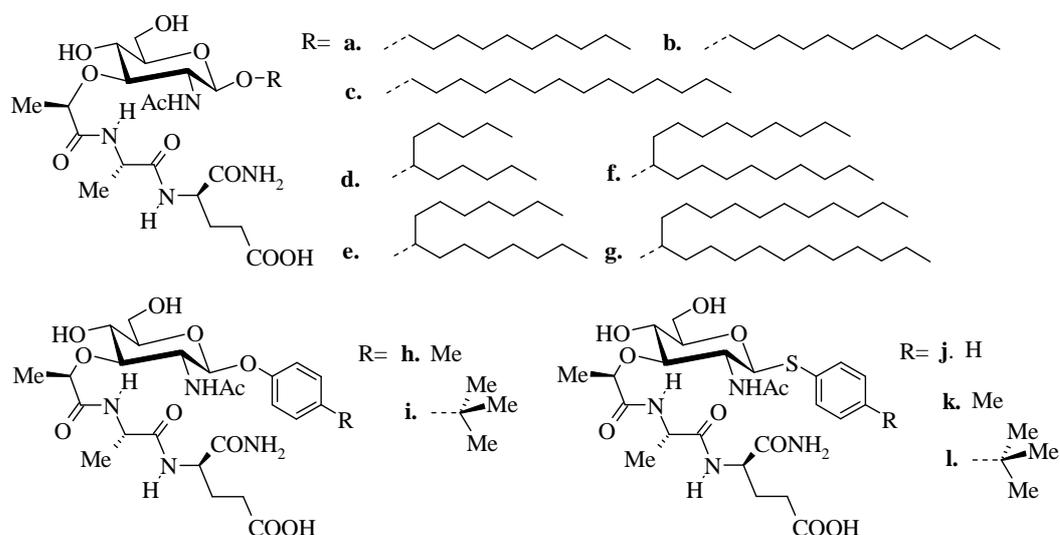
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Синтез β -децил-, β -додецил- и β -тетрадецил-гликозидов MDP **2a-c** описан в [9, 10]; получение β -(ундекан-6-ил)-, β -(пентадекан-8-ил)-, β -(нонадекан-10-ил)- и β -(трикозан-12-ил)-гликозидов MDP **2d-g** приведено в [6, 9]; методики синтеза β -*n*-толил- и β -*n*-трет-бутилфенил-гликозидов MDP **2h,i** даны в сообщении [11]; описание получения β -фенилтио-, β -*n*-толилтио- и β -*n*-трет-бутилфенилтио-

гликозидов MDP **2j-l** приведено в работе [7]. В качестве референс-контроля использовали MDP (**1**).

Спектры ^1H ЯМР получены на приборе Varian VXR-300 (300 МГц), растворитель – ДМСО- d_6 , внутренний стандарт – Me_4Si . Приведены химические сдвиги (δ -шкала) и константы спин-спинового взаимодействия (J , Гц).

Супернатант МНК при их инкубации с исследуемыми веществами в дозе 200 мкг/мл, полученный в результате определения прямого цитотоксического действия на клетки МНК (см. [6, 7]), собирали в криопробирки, замораживали с последующим определением содержания про- и противовоспалительных цитокинов. Результаты биологических исследований любезно предоставлены д. м. н., профессором О. В. Калюжиным (НИИ морфологии человека РАМН, Москва, РФ).



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Строение обсуждаемых в данной работе гликозидов MDP **2a-l** было подтверждено данными ^1H ЯМР-спектроскопии (см. Табл. 1 и [7, 9, 10]). В спектрах были идентифицированы все основные характеристические сигналы, относящиеся к протонам агликона, остатка *N*-ацетилмурамовой кислоты и дипептидного фрагмента.

Таблица 1

Характеристические сигналы ^1H ЯМР-спектров соединений 2e-i

Группа или атом	Химические сдвиги, м.д. (КССВ, Гц)				
	2e	2f	2g	2h	2i
OR: CH ₃	0,87т (6H)	0,87т (6H)	0,87т (6H)	2,25с	1,26с (9H)
(CH ₂) _n	1,24м, 1,45м	1,24м, 1,46м	1,24м, 1,45м	-	-
<i>n</i> -C ₆ H ₄	-	-	-	6,84д, 7,05д	6,87д, 7,25д
Mur: HI (<i>J</i> _{1,2})	4,29д (8,5)	4,29д (8)	4,30д (8,5)	4,86д (8)	4,89д (8)
NAc	1,74с	1,73с	1,74с	1,78с	1,79с
NH	7,77д	7,73д	7,74д	7,86д	7,90д
C4-OH	н. д.	5,12уд	5,12д	5,45д	5,46д
C6-OH	н. д.	4,35ут	4,35ут	4,56ут	4,40ут
CH ₃ CH	1,24м	1,24м	1,24м	1,26д*	1,27д*
Ala: CH ₃ CH	1,24м	1,24м	1,24м	1,27д*	1,28д*
NH	7,39д	7,36д	7,36д	7,47д	7,49д
iGln: γ-CH ₂	2,18т	2,18т	2,19т	2,19т	2,17т
β-CH ₂	1,72м, 1,90м	1,70м, 1,96м	1,71м, 1,95м	1,71м, 1,96м	1,75м, 1,95м
CONH ₂	6,99с, 7,25с	6,99с, 7,26с	6,99с, 7,26с	7,00с, 7,27с	6,99с, 7,26с
NH	8,10д	8,04д	8,02д	8,10д	8,20д

* Неоднозначное отнесение; н. д. – не детектировано.

При изучении продукции α- и γ-интерферонов МНК при их инкубировании с β-гликозидами мурамоилдипептида не было выявлено индуктивного действия гликопептидов (см. Рис. 1). Более того, если уровень секретирования α-интерферона при действии гликозидов MDP практически не отличался от спонтанной продукции этого цитокина МНК, то подавляющее количество использованных гликопептидов (за исключением β-додецил-MDP **2b**) явно ингибировали выработку γ-интерферона мононуклеарными клетками крови. Такие данные контрастируют с полученными нами результатами [5]. Возможно, это связано с тем, что интерферогенное действие производных MDP наблюдалось на клетках, предварительно индуцированных или вирусом, или фитогемагглютинином.

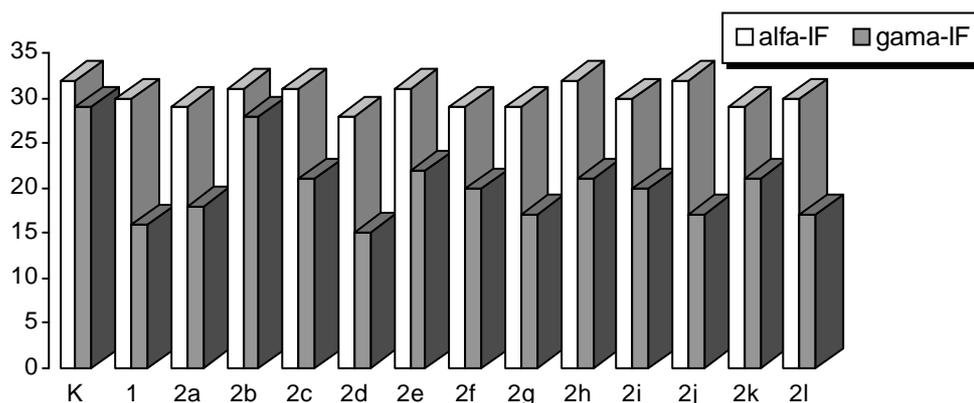


Рис. 1. Влияние гликозидов MDP **2a-i** на продукцию α - и γ -интерферона (IF) МНК; К – спонтанная продукция.

Одним из важнейших показателей иммуномодулирующего действия мурамоилдипептидов является их способность влиять на продукцию таких цитокинов как TNF и IL-1. В случае МНК индуцирующее действие гликопептидов на секрецию TNF наблюдалось только для β -тетрадецил-MDP **2c** и β -(пентадекан-8-ил)-MDP **2e** (см. Рис. 2). Причем действие этих близких по липофильности соединений сравнимо со стимулирующим действием сильного индуктора продукции цитокинов – фитогемагглютинаина.

В случае β -IL-1 активация продукции зарегистрирована для более широкого круга производных. Из линейных алкилгликозидов мурамоилдипептида максимальным действием обладает β -додецил-MDP **2b**, а в случае диалкилметилгликозидов пик активности приходится на β -(пентадекан-8-ил)-MDP **2e**. В группах *O*- и *S*-арилгликозидов мурамоилдипептида больший индуцирующий эффект был присущ менее гидрофобным соединениям, при этом более гидрофобные *S*-гликозиды с *n*-толил- и *n*-трет-бутилфенильным агликонами уступали по активности соответствующим *O*-арилгликозидам. Максимальное индуцирующее действие, близкое по значению к активности фитогемагглютинаина, показал β -фенилтио-MDP **2j**. Полученные данные согласуются с ранее выявленным эффектом проявления иммуностимулирующего действия гликозидами мурамоилдипептида с определенным гидрофильно-липофильным балансом [3, 6, 7].

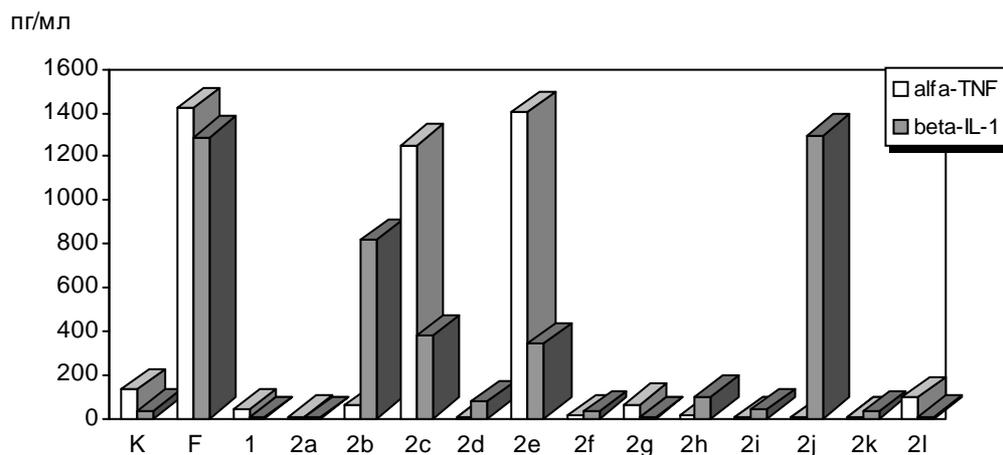


Рис. 2. Влияние гликозидов MDP **2a-i** на продукцию α -TNF и β -IL-1 МНК; К – спонтанная продукция, F – продукция, индуцированная фитогемагглютинином.

IL-4 является одним из важнейших регуляторов иммунного процесса, а также реализации в организме противовоспалительных эффектов. В контрасте с индукцией синтеза β -IL-1 из группы исследуемых гликопептидов большим стимулирующим действием обладали гликозиды с достаточно высокой гидрофобностью (см. Рис. 3).

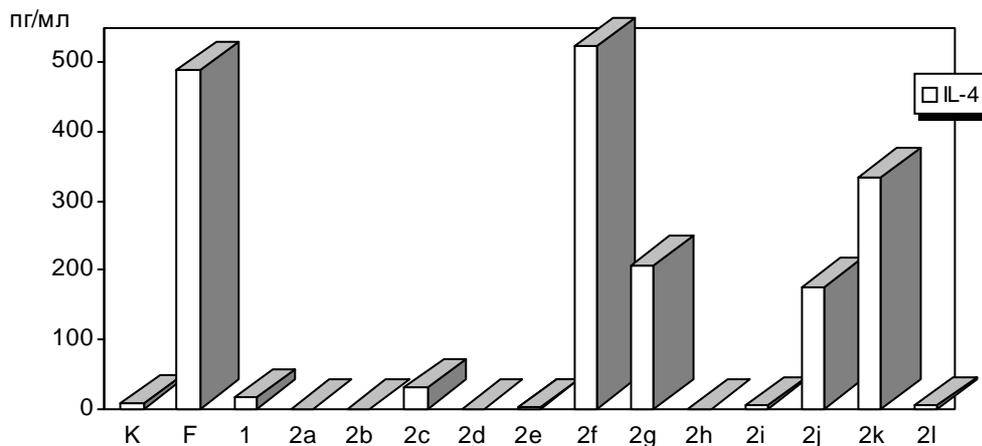


Рис. 3. Влияние гликозидов MDP **2a-i** на продукцию IL-4 МНК; К – спонтанная продукция, F – продукция, индуцированная фитогемагглютинином.

Так, из β -алкилмурамоилдипептидов стимулирующее действие зарегистрировано только для самого липофильного β -тетрадецил-MDP **2c**. В случае

гликозидов со вторичным алифатическим агликоном максимальный эффект, превышающий действие фитогемагглютинаина, наблюдался для β -(нонадекан-10-ил)-MDP **2f**. Дальнейшее повышение липофильности, как в случае β -(трикозан-12-ил)-MDP **2g**, приводит к снижению индукции синтеза ИЛ-4. Более гидрофобные арилтиогликозиды мурамоилдипептида значительно превышают по активности свои фенольные аналоги. И в этом случае для гликозида **2l** с максимальной гидрофобностью наблюдается резкое снижение эффекта.

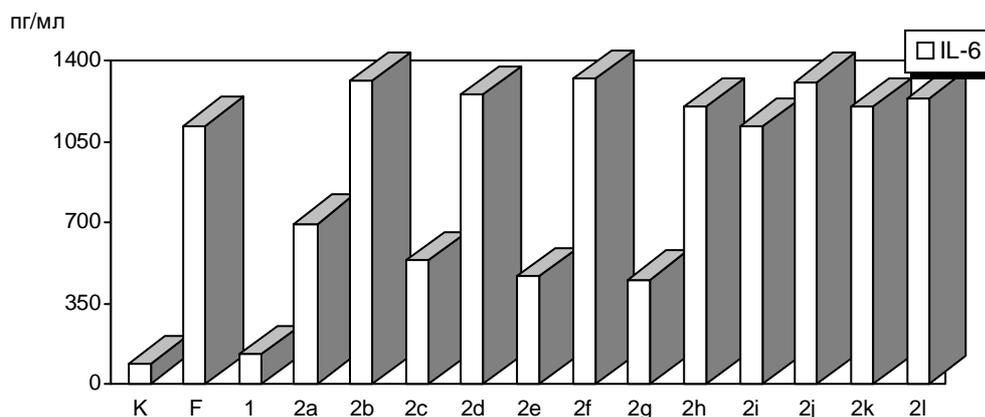


Рис. 4. Влияние гликозидов MDP **2a-i** на продукцию ИЛ-6 МНК; К – спонтанная продукция, F – продукция, индуцированная фитогемагглютинином.

При изучении влияния мурамоилпептидов на продукцию провоспалительного цитокина ИЛ-6 установлено стимулирующее действие для всех изучаемых соединений (см. Рис. 4). Причем большая часть гликозидов MDP превышала по активности фитогемагглютинин. В этом тесте не выявлено однозначных корреляций между липофильностью гликопептидов и индукцией синтеза цитокина. Например, все *O*- и *S*-арилгликозиды мурамоилдипептида **2h-l** со значительными различиями в гидрофобности проявили практически близкий стимулирующий эффект. Также следует отметить, что ряд соединений, например, β -(нонадекан-10-ил)-MDP **2f** и β -*l*-толилтио-MDP **2k**, являются сильными индукторами продукции как ИЛ-4, так и ИЛ-6, обычно действующих в иммунных процессах антагонистически.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При исследовании прямого действия группы β -гликозидов на МНК не выявлено индукции продукции α - и γ -интерферонов.
2. Установлено высокое стимулирующее действие β -тетрадецил-MDP и β -(пентадекан-8-ил)-MDP на секрецию TNF, β -фенилтио-MDP – на продукцию β -ИЛ-1, β -(нонадекан-10-ил)-MDP – на синтез ИЛ-4.
3. Выявлена высокая индуцирующая активность продукции ИЛ-6 для всей группы изученных β -гликозидов мурамоилдипептида.

Список литературы

1. Adam A. Synthetic adjuvants / A. Adam. –N.-Y. : John Wiley & Sons, 1985. – 239 p.
2. Baschang G. Muramylpeptides and lipopeptides: studies towards immunostimulants / G. Baschang // Tetrahedron. – 1989. – Vol. 45, № 20. – P. 6331–6360.
3. Земляков А. Е. Гликозиды *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина. Синтез и исследование влияния конфигурации гликозидной связи и природы агликона на биологическую активность / А. Е. Земляков, В. В. Цикалов, О. В. Калюжин [и др.] // Биоорган. химия. – 2003. – Т. 29, № 3. – С. 316–322.
4. Калюжин О. В. Действие гликозидов мурамоилдипептида на пролиферацию лимфоцитов и выработку ими интерлейкина-2 / О. В. Калюжин, А. Е. Земляков, Е. В. Калюжина [и др.] // Бюл. exper. биол. – 2002. – Т. 134, № 8. – С. 186–190.
5. Жолобак Н. М. Интерферонстимулирующая активность гликозидов мурамоилдипептида / Н. М. Жолобак, Н. Я. Спивак, А. Е. Земляков [и др.] // Мікробіол. журн. – 2007. – Т. 69, № 4. – С. 33–39.
6. Земляков А. Е. β -Диалкилметилгликозиды *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина: синтез, протективное антиинфекционное и цитотоксическое действие / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов [и др.] // Биоорган. химия. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 114–120.
7. Земляков А. Е. Синтез и биологическая активность *S*- β -арилгликозидов 1-тио-*N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, Л. Р. Азизова [и др.] // Биоорган. химия. – 2008. – Т. 34, № 2. – С. 245–251.
8. Земляков А. Е. Иммуномодулирующие свойства гликозидов мурамоилдипептида с алифатическими агликонами C_{10} - C_{14} / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 216–221.
9. Земляков А. Е. Синтез и протективное антиинфекционное действие аномеров липофильных гликозидов *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов [и др.] // Биоорган. химия. – 2006. – Т. 32, № 4. – С. 424–431.
10. Земляков А. Е. Синтез и биологическое действие липофильных β -алкилгликозидов мурамоилдипептида / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов [и др.] // Журн. орг. фарм. хімії. – 2005. – Т. 3, вып. 3(11). – С. 52–57.
11. Земляков А. Е. Синтез β -*n*-алкилфенилгликозидов *N*-ацетилмурамоил-*L*-аланил-*D*-изоглутамина / А. Е. Земляков, В. Н. Цикалова, В. В. Цикалов, В. Я. Чирва // Журн. орг. фарм. хімії. – 2004. – Т. 2. – вып. 3(7). – С. 17–20.

INFLUENCE OF THE MURAMYL DIPEPTIDE GLYCOSIDES ON THE CYTOKINES PRODUCTION OF BLOOD MONONUCLEAR CELLS

Zemlyakov A. E., Tsikalov V. V., Tsikalova V. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea
E-mail: alex_z56@mail.ru*

Stimulation of production of a number of important cytokines of blood mononuclear cells (MNCs) in direct action of muramyl dipeptide β -glycosides was studied. Interferonegenical activity for the studied glycopeptides was not revealed. The compounds leaders: β -tetradecyl-MDP and β -(pentadecane-8-yl)-MDP in test of induction production of tumor necrosis factor were found. Maximum stimulation of production of interleukin- 1β from alkylglycosides of muramyl dipeptide were registered for β -dodecyl-MDP and β -(pentadecane-8-yl)-MDP. For glycopeptides from group of *O*- and *S*-arylglycosides of muramyl dipeptide more inducing effect was inherent less hydrophobic compounds. The

maximum induction effect showed β -phenylthio-MDP.

When testing the induction of synthesis of interleukin-4 was established, that the larger stimulating effect had glycopeptides glycosides with a sufficiently high hydrophobicity. The maximum effect was observed for β -(nonadecane-10-yl)-MDP. More hydrophobic arylglycosides of muramyl dipeptide significantly exceed the activity their phenolic analogues.

The induction of synthesis of interleukin-6 all glycosides of muramyl dipeptide was installed. In this test revealed no definite correlations between lipophilicity of glycopeptides and stimulation of cytokine synthesis.

Keywords: muramyl dipeptides, glycosides of muramyl dipeptide, cytokines, interferon, tumor necrosis factor, interleukin.

Reference

1. Adam A., *Synthetic adjuvants*, 239 p. (John Wiley & Sons, 1985)
2. Baschang G., Muramylpeptides and lipopeptides: studies towards immunostimulants, *Tetrahedron*, **45**, 6331 (1989).
3. Zemlyakov A. E., Tsikalov V. V., Kalyuzhin O. V., Kur'yanov V. O., and Chirva V. Ya., N-Acetylmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamine glycosides. effect of glycoside bond configuration and aglycone on biological activity, *Rus. J. Bioorg. Chem.*, **29**, 286 (2003).
4. Kalyuzhin O. V., Zemlyakov A. E., Kalyuzhina E. V., Shkalev M. V., and Nelyubov M. V., Effects of muramyl dipeptide glycosides on lymphocyte proliferation and production of interleukin-2, *Bull Exp Biol Med.*, **134**, 161(2002)
5. Zholobak N. M., Spivak N. Ya., Zemlyakov A. E., Zykalov V. V., Chupahina T. A., Kurianov V. O., and Chirva V. Ya., Interferon-stimulating activity of muramoyl dipeptide glycosides, *Microbiol. Zh.*, **69**, 33 (2007).
6. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Chirva V. Ya., Mulik E. L., Kuzovlev F. N., Kalyuzhin O. V., and Kiselevsky M. V., Dialkylmethyl β -glycosides of N-acetylmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamine: synthesis and protective antiinfection and cytotoxic activities, *Rus. J. Bioorg. Chem.*, **34**, 103 (2008).
7. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Azizova L. R., Chirva V. Ya., Mulik E. L., Shkalev M. V., Kalyuzhin O. V., and Kiselevsky M. V., Synthesis and biological activity of aryl S- β -glycosides of 1-thio-N-acetylmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamine, *Rus. J. Bioorg. Chem.*, **34**, 223 (2008).
8. Zemlyakov A. E., and Tsikalova V. N., The immunomodulatory properties of muramyl dipeptide glycosides with aliphatic aglycones C₁₀-C₁₄, *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **26**, 216 (2013).
9. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Chirva V. Ya., Mulik E. L., and Kalyuzhin O. V., Synthesis and protective anti-infective action of anomeric lipophilic glycosides of N-acetylmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamine, *Rus. J. Bioorg. Chem.*, **32**, 382 (2006).
10. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Chirva V. Ya., Maligina V. Yu., Katsev A. M., and Krivorutchenko Yu., Synthesis and biological activity of lipophilic β -alkylglycosides of muramyl dipeptide, *Zh. Org. Farm. Khim.*, **3**, 52 (2005).
11. Zemlyakov A. E., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., and Chirva V. Ya., The synthesis of β -p-alkylphenylglycosides of N-acetylmuramyl-L-alanyl-D-isoglutamine, *Zh. Org. Farm. Khim.*, **2**, 17 (2004).

Поступила в редакцию 27.11.2015 г.

УДК 621.357.12

СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ИОНА ГИДРОКСОНИЯ НА ПРОЦЕССЫ РЕКОМБИНАЦИИ ВОДОРОДА В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ

Федоренко А. М., Томилин С. В., Федоренко А. А.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО
«КФУ им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым
E-mail: fedoram37@gmail.com*

Выполнены систематические исследования по определению влияния роли ионов гидроксония в формировании слоя Гельмгольца. Подвергнута критическому анализу теория замедленного разряда при рекомбинации водорода в растворах с $\text{pH} < 7,0$. С точки зрения координационной химии обобщены теоретические и экспериментальные данные о малой вероятности наличия свободных ионов $[\text{H}^+\cdots\text{OH}_2]$ в адсорбционном слое Гельмгольца и приведена схема координации ионов с окружающими клатратными или кластерными структурами воды с доминированием форм $[\text{H}^+\cdots(\text{OH}_2)_n]$, где $n > 1$. Определена Дебаевская длина экранирования в неподвижном адсорбционном слое. Проведен анализ эстафетного механизма переноса электрона от катода через слой Гельмгольца в слой Гуи.

Ключевые слова: гидроксоний, электролиз, перенапряжение, замедленный разряд, рекомбинация, координационная связь.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрены проблемные вопросы прикладной электрохимии, касающиеся решения ряда практических задач в технологии синтеза активного восстановителя $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$, который востребован при производстве пигментного диоксида титана сернокислотным способом в гидрометаллургии при переработке руд коренных и техногенных месторождений. Особенно это касается производства диоксида титана при восстановлении ионов железа(III) в технологических растворах [1, 2]. Однако электрохимический способ синтеза восстановителя нуждается в систематических исследованиях кинетических характеристик электродных процессов. Основное внимание должно быть обращено на перенапряжение выделения водорода в зависимости от материалов катода. При этом необходимо изучить материалы, которые имеют различное удельное электрическое сопротивление и способность поглощать атомарный водород. Кроме того, необходимо установить поведение ионов в двойном электрическом слое (ДЭС) и их количественные характеристики, роль растворителя, его молекулярное, структурное строение и физико-химические свойства.

Вода $(\text{H}_2\text{O})_n$ является одним из универсальных важнейших растворителей и самым аномальным в природе веществом. Диаметр молекулы воды составляет 0,28 нм, что является важной информацией для описания её структуры. Если бы жидкая вода состояла из простых молекул H_2O , то её плотность была бы равной $1,84 \text{ г/см}^3$

(вместо $d_4^{20} = 0,998203 \text{ г/см}^3$), а температура её кипения была бы понижена до $63,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (вместо $100 \text{ }^\circ\text{C}$). Эти несоответствия в показаниях жидкой воды свидетельствуют о том, что она имеет более рыхлую структуру, т. е. наличие пустот за счет образования особых структур [3].

Причиной тому является комплексообразующая способность молекул воды, образующая лиганд-лигандные ассоциаты. Второй квантовый уровень кислорода включает 6 электронов, расположенных на орбиталях $2s^2 2p^4$, которые при образовании молекулы воды подвергаются sp^3 -гибридизации, с образованием тетраэдра. Код по теории Гиллеспи равен 4,2, $AХ_2E_2$, где орбитали X – связывающие и E – несвязывающие (неподеленные). В таком случае молекулу H_2O следует представить в форме тетраэдра с двумя несвязывающими орбиталями E (рис. 1 и 2).

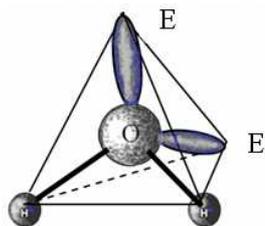


Рис. 1 – Конфигурация молекулы H_2O .

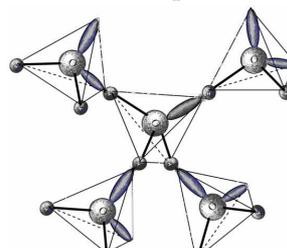


Рис. 2 – Фрагмент структуры $H_2O_{(ж)}$.

Высокая электроотрицательность атома кислорода по практической шкале равна 3,44 и водорода – 2,1, что способствует образованию молекулы H_2O с ковалентной и полярной связью. Полярность молекулы способствует образованию водородной связи между молекулами H_2O , то есть орбиталями водорода (δ^+) и кислорода (δ^-). Установлено, что такие связи являются короткоживущими (10^{-10} – 10^{-11} с). В воде образуются сложные структуры по строению объемных ассоциатов в форме кластеров и клатратов (Рис. 3), соединенных разветвленными цепями и сравнительно устойчивыми полимерными структурами. При этом в молекуле H_2O при образовании водородных связей с другими молекулами могут быть, как правило, полностью реализованы все четыре орбитали (Рис. 2). В приведенной структуре центральная молекула H_2O (среднего поля лиганд) полностью реализует все орбитали на образование водородных связей за счет доноров электронов (Рис. 3).

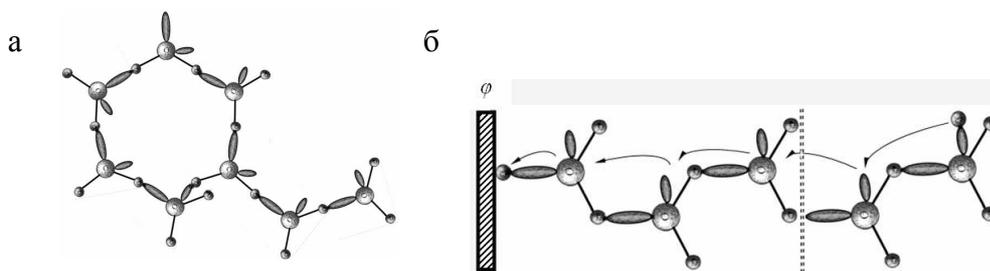


Рис. 3 – Формы молекул H_2O : а) циклическая; б) линейная.

При обобщении информации, представленной на рис. 2 и 3, легко объясняется образование объемных структур в жидкой воде и их многообразии.

Ион гидроксония (гидроний) (H_3O^+ , $(\text{H}^+\cdots\text{OH}_2)$, sp^3 -гибридизация, код – 4,1, АХ₃Е, тригональная пирамида.

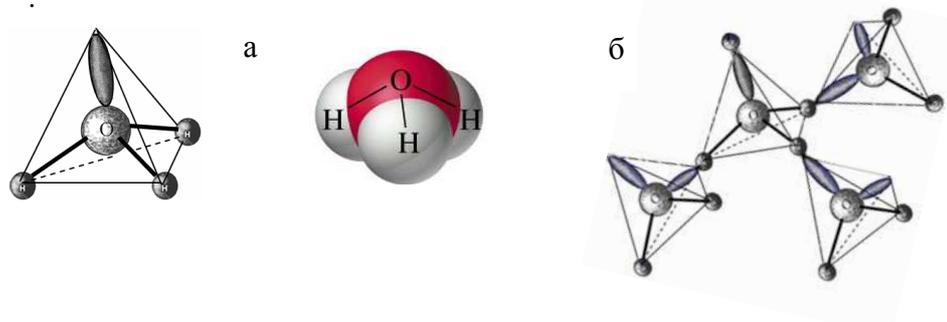


Рис. 4. Конфигурации: а – гидроксоний H_3O^+ ; б – ассоциат $[\text{H}\cdots(\text{OH}_2)_4]^+$ с водой.

Строение и физико-химические свойства иона гидроксония представляют теоретический и практический интерес, особенно при рассмотрении процессов электролиза, протекающего в прикатодном слое ДЭС в растворах с $\text{pH} < 7,0$.

Если учесть, что ион гидроксония равномерно распределен в объеме раствора, то он также будет участвовать в образовании водородной связи с окружающими его молекулами воды, аналогично конфигурации, представленной на рис. 2–5. Следовательно, наличие свободных ионов H_3O^+ в водных растворах маловероятно. Более вероятны конфигурации иона: $[\text{H}\cdots(\text{OH}_2)_n]^+$, где $n > 1$.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования процессов электролиза растворов выполнены в электролизёрах из фторопласта 4 с использованием серной кислоты марки «ХЧ» ГОСТ 4204-77. Растворы готовили в стеклянной термо- и химически устойчивой посуде по массе с использованием плотности исходного раствора. В качестве источников постоянного тока применены приборы: Б5–47; СИП–35; СНП–40. Регистрирующие приборы: Щ 300; сенсоры: СТЗ 220 и СТЗ 660. Исследования выполнены в системе $\text{M}_{(\text{пермаллой})} - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{TiOSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ с регистрацией изменения напряжения на катоде от температуры и выделения тепловой энергии процесса $2\text{H}^+ = \text{H}_2$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Необходимость исследований физико-химических свойств H_3O^+ обусловлена тем, что при анализе кинетических закономерностей стадии разряда ионов водорода на катоде этот процесс следует рассматривать поэтапно. В результате исследований

переноса заряда через границу раздела фаз катод – раствор была предложена теория замедленного разряда в ДЭС.

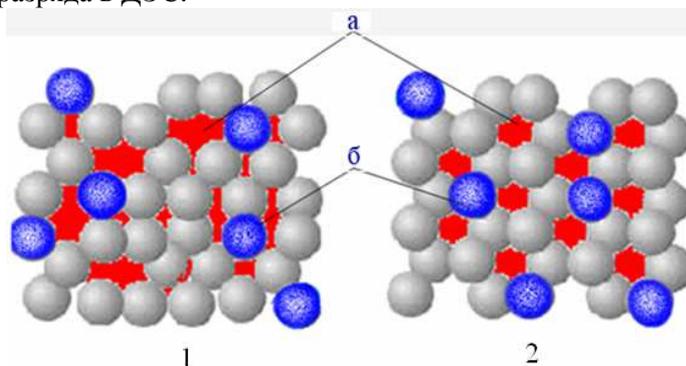


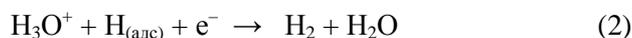
Рис. 5. Пример ближнего порядка молекул жидкости и дальнего порядка молекул кристаллического вещества при $\text{pH} < 7,0$: 1 – вода; 2 – лед: а – пустоты; б – ассоциированные ионы водорода.

Исследованию процессов перенапряжения выделения водорода было уделено большое внимание Г. Гельмгольцем, Я. Гейровским, Т. Эрдей-Грузом, М. Фольмером. В результате исследований предложенные теории впоследствии были обобщены и усовершенствованы А. Н Фрумкиным [3, 4]. При рассмотрении по стадиям процесса рекомбинации иона водорода ряд авторов считает, что доминирующим является ион гидроксония:

– стадия Фольмера



– стадия электрохимической десорбции (стадия Гейровского):

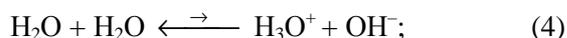


Полное представление о значениях H_3O^+ может быть получено при анализе последующей информации, а именно:

– синтез в газообразной среде:



– при диссоциации воды:



– в растворах с $\text{pH} < 7,0$:



– электролитическая диссоциация H_3O^+ :



$$K_{\text{H}_3\text{O}^+} = 0,0199; \quad pK = -1,7011; \quad \alpha = (0,0199 / 1,0)^{1/2} = 0,1411 \text{ или } \alpha = 14,11 \%,$$

таким образом, в 1,0 моль/дм³ растворе гидроксоний является средней кислотой.

Стандартные термические константы воды и гидроксония равны в кДж · моль⁻¹ [5]: $\Delta H^0(\text{H}_2\text{O})_{\text{жк}} = -285,836 \pm 0,042$; $\Delta H^0(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{(р-р)}} = -285,830 \pm 0,042$; $\Delta Q = 0,006$ кДж · моль⁻¹ или $3,7453 \times 10^{16}$ кэВ/моль:

$$\frac{3,7453 \cdot 10^{16} \times 10^3}{6,02 \cdot 10^{23}} = 6,22 \cdot 10^{-5} \text{ эВ или } 0,00622 \%.$$

Таким образом, наличие H_3O^+ в воде весьма мало, кроме того, существует он в форме ассоциатов с окружающими молекулами воды.

С практической точки зрения, снижение перенапряжения восстановления водорода при электролизе невозможно без выявления истинного механизма, лимитирующего этот процесс. На наш взгляд, современное представление о теории замедленного разряда нуждается в уточнении или в его забвении. С удивительным постоянством во всех работах для описания механизма восстановления водорода в растворах с $\text{pH} < 7,0$ на катоде ион водорода представлен в форме H_3O^+ , что вынуждает усомниться в этих утверждениях [6]. Если учесть, что H_3O^+ является неустойчивым в водных растворах и диссоциирует как средняя кислота ($\alpha=14,11 \%$) уравнение (6), то при наложении потенциала равновесие будет смещаться в сторону прямой реакции, особенно в области ДЭС, где при электролизе напряжение на катоде составляет не менее 3,5 В. В данном случае также необходимо обратить внимание на существенные различия в размерах иона H_3O^+ , диаметр которого составляет $2,90 \cdot 10^{-10}$ м, и иона H^+ , с диаметром, равным $1,7536 \cdot 10^{-15}$ м, т. е. в $1,65 \cdot 10^5$ раза больше. Кроме того, имеются различия масс частиц: соотношение $\text{H}^+:\text{H}_3\text{O}^+=1:19$ или для $\text{H}^+:[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}=1:134$. Учитывая, что масса – физическая величина, характеризующая меру инертности тела, следовательно, H_3O^+ и $[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ будут более инертны, нежели ион H^+ , что будет сказываться на скорости движения частиц к катоду. Различия этих ионов слишком велики и по другим величинам: поверхностной плотности заряда; силе взаимодействия частиц; потенциальной энергии взаимодействия частиц и др. Это дает право утверждать, что у поверхности катода в слое Гельмгольца будут находиться частицы H^+ , а не H_3O^+ . Этому будет способствовать электрохимическая адсорбция (3,5 В и $\sim 5,0$ А/дм²), а также катоды из сплавов (nd^{10-k} , где $k=1-9$), проявляющих повышенную активность к химической адсорбции восстановленных форм водорода. Напряженность электрического поля $E = F/q$, где F – сила, с которой поле действует на помещенный H^+ , составляет $E = 0,2967/1,602 \cdot 10^{-19} = 1,1149 \cdot 10^6$ Н/Кл·моль.

Принимая во внимание строение ДЭС, следует представить состояние адсорбционного слоя на границе межфазной поверхности из ионов H^+ , $[\text{H}_3\text{O}^+ \cdots (\text{H}_2\text{O})_n]$ и $[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, преимущественно покрытого катионами водорода. Это происходит потому, что связи H^+ с несвязывающей орбиталью атома кислорода в молекуле воды является непрочной (20–40 кДж/моль или 0.2–0,4 эВ), а подвижность ионов водорода в воде ($\text{H}_{2n+1}\text{O}_n^+$) рекордно высокая, $349,82 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2$, при $t=25$ °С.

Таким образом, можно с полной уверенностью утверждать, что процесс восстановления таких ионов как $[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ происходит в слое Гуи с участием H^+ и его восстановленных форм: 1) $[\text{e}^-]_{\text{к}} \cdot \text{H}^+ \rightarrow \text{H}^0$; 2) $\text{H}^0 + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2^+$; 3) $[\text{e}^-]_{\text{к}} \cdot \text{H}^0 \rightarrow \text{H}^-$; 4) $\text{H}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$; 5) $\text{H}^0 + \text{H}^0 \rightarrow \text{H}_2$; 6) $\text{H}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3^+$; 7) $\text{H}_3^+ \rightarrow \text{H}_2^+ + \text{H}^0$; 8) $\text{H}_4^+ \rightarrow \text{H}_3^+ + \text{H}^0$; 9) $\text{H}^- + \text{H}^0 \rightarrow \text{H}_2^-$, где $[\text{e}^-]_{\text{к}}$ – катод [7].

Поэтому в данном случае важным направлением исследования является определение механизма передачи электронов от восстановленных форм водорода к акцептору электронов $[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ за счет эстафетного механизма путем передачи электрона от катода через слой Гельмгольца к слою Гуи.

Следует учесть, что слой Гельмгольца формируется ионами водорода, которые перемещаются не механически, а за счет передачи по цепи молекулами воды его поля (рис. 3б). В данном случае более вероятно перемещение не полем, а переносом электрона по цепи от катода к $\text{H}^+ \cdots (\text{H}_2\text{O})_n$ на значительное расстояние.

Описание ДЭС возможно с применением квантовой механики, которая описывает микрочастицы: электроны, протоны, гидрид-ионы, гомоядерные молекулярные ионы водорода (H_2^+) и др. Применение резонансного интеграла позволило предложить модель эстафетного механизма передачи электрона от катода через слой Гельмгольца в слой Гуи (скольжение) с помощью частиц H^+ , H^- , H_2^+ и др. В технологических растворах в слое Гуи находятся ионы, проявляющие акцепторные свойства к электронам: $(\text{H}_3\text{O}^+)_n$, $[\text{TiO}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ и др. (рис. 6, позиции 4, 5).

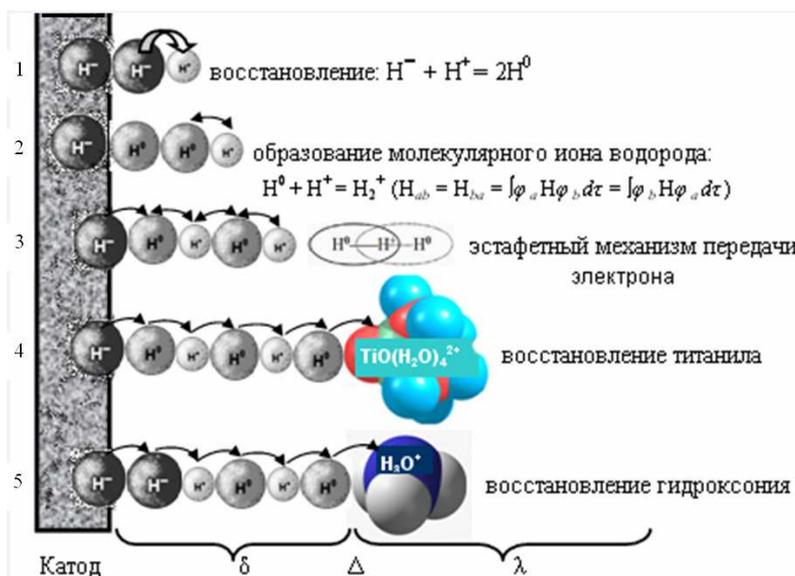


Рис. 6. Схема эстафетного механизма восстановления гидратированных ионов TiO^{2+} , H^+ в растворах с $\text{pH} < 7,0$: δ – слой Гельмгольца; Δ – слой (скольжения) Гуи; λ – диффузный слой.

Выполнены теоретические расчеты по определению Дебаевской длины экранирования (ДЭС, слой Гельмгольца), т. е. расстояния, на котором потенциал поля уменьшается в e раз для растворов с концентрациями массовых долей, $W, \%$: 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0. Результаты расчетов подтверждены экспериментальными исследованиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании квантовой механики и теории химии координационных соединений установлено, что ион гидроксония практически не может существовать в воде (в жидком состоянии) как свободная частица H_3O^+ из-за взаимодействия связанных и несвязанных орбиталей кислорода с окружающими молекулами воды. Более вероятное состояние гидроксония $[\text{H}^+ \cdots (\text{OH}_2)_n]$, где $n \gg 1$ (как минимум, H_5O_2^+ , H_7O_3^+ , H_9O_4^+ и др.).
2. Ввиду малой массы иона водорода (H^+), равной одной а. е. м., а гидроксония – 19 а. е. м., его инертность будет значительно меньше (не учитывая гидратацию). При возникновении потенциала на электроде именно ионы водорода будут формировать плотный дегидратированный слой Гельмгольца.
3. Теорию замедленного разряда ионов водорода следует рассматривать как сомнительную из-за малой устойчивости гидроксония и слабых взаимодействий H^+ с орбиталями кислорода воды, поэтому перенапряжение выделения водорода связано не с разрывом связи $\text{H}^+ \cdots \text{OH}_2$, а с отсутствием на поверхности катода адсорбированных соединений водорода и гидридов металлов.
4. Полученная информация будет использована в работах с целью повышения выхода по току при электрохимическом синтезе водорода.

Список литературы

1. Скомороха В. М. Производство двуокиси титана сульфатным способом / В. М. Скомороха, В. Г. Заречный, И. П. Воробьева, С. В. Вакал. – Сумы.: АТЗТ «Арсенал пресс», 2002. – 204 с.
2. Федоренко А. А. Синтез сульфата титана (III) в сернокислотных растворах / А. А. Федоренко, Е. Д. Першина, Л. П. Федоренко // Ученые записки ТНУ. Сер. «Биология, химия». – 2010. – Т. 23(62), № 1 – С. 218–223.
3. Федоренко А. А. Основные направления развития технологии электрохимического синтеза сульфата титана (III) из диоксида титана в растворах серной кислоты / А. А. Федоренко, Е. Д. Першина, А. М. Федоренко // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2010. – № 47. – С. 126–131.
4. Ignatov I. Water: Solid and Liquid Phases. Nano Structures in the Water in Solid and Liquid Phases / I. Ignatov, O. Mosin // Journal of Medicine, Physiology and Biophysics. 2015. – Vol. 9. – P. 82–110.
5. Левин А. И. Теоретические основы электрохимии. М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
6. Дамаскин Б. Б. Электрохимия. / Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. – М.: Химия, Колос, 2006. – 672 с.
7. Федоренко А. А. Актуальные вопросы электрохимического восстановления ионов металлов в растворах серной кислоты / А. А. Федоренко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків. – 2013. – № 64 (1037). – С. 168–175.

**HYDRONIUM ION DEGREE OF INFLUENCE ON THE RECOMBINATION
PROCESS HYDROGEN IN THE ELECTRIC DOUBLE LAYER**

Fedorenko A. M., Tomilin S. V., Fedorenko A. A.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea
E-mail: fedoram37@gmail.com*

Performed a systematic study to determine the impact of the role of hydronium ions in the formation of the Helmholtz layer. Subjected to a critical analysis of the theory of slow discharge during the recombination of hydrogen in solutions with a pH <7.0. The structures of water molecules and hydronium ion, from the point of view of the laws of quantum mechanics and the theory of electron pair repulsion of valence orbitals. Water is a polar molecule and is in the shape of a tetrahedron, which is interacting with neighboring molecules at its top by electrostatic forces and coordination. We consider the possibility of coordinating hydronium ion and found that it is also associated. Generalized theory (from the point of view of coordination chemistry) and the experimental data on the low probability of free ions $[H^+ \dots OH_2]$ in the adsorption layer of the cathode (Helmholtz association), and a diagram of coordination of ions with the surrounding clathrate or cluster structure of water with the dominance of form $[H^+ \dots (OH_2)_n]$, where $n > 1$. to analyze the theory of slow discharge during the recombination of hydrogen, which proved the impossibility of significant costs due energetically breaking hydrogen ions and water molecules ($H^+ \dots OH_2$) due to dissociation as a hydronium acid medium. Debye shielding length is defined in a fixed bed adsorption particles: H , H^+ , H_2^+ , and others. The circuit relay mechanism of electron transfer from the cathode to the electron acceptor layer in Gui: $[TiO(H_2O)_4]^{2+} (H_3O^+)_n$. The theory of a relay mechanism will be further developed in the technology of hydrogen electrochemical synthesis with a minimum output current.

Keywords: hydronium, electrolysis, voltage, slow discharge, recombination, coordination bond.

Reference

1. Skomoroha V. M., Zarechny V. G., Vorobieva I. P., Vakal S. V. Production of titanium dioxide by the sulfate method, Sumy: ATZT Arsenal press, 204 (2002).
2. Fedorenko A. A., Pershina E. D., Fedorenko L. P., Synthesis of titanium sulfate(III) in sulfuric acid solutions, Simferopol: *Scientific notes of Taurida V.I. Vernadsky National University, Series Biology, Chemistry*, **23** (62), №2, 218–223 (2010).
3. Fedorenko A. A., Pershina E. D., Fedorenko A. M., The main directions of the development of technology electrochemical synthesis of titanium sulfate(III) of the titanium dioxide in solutions of sulfuric acid, Kharkov: *Vestnik NTU HPI*, **47**, 126 (2010).
4. Ignatov I., Mosin O. Water: Solid and Liquid Phases. Nano Structures in the Water in Solid and Liquid Phases, *Journal of Medicine, Physiology and Biophysics*, **9**, 82 (2015).
5. Levin A. I. *Theoretical Foundations of Electrochemistry*, 544 (M.: Metalurgia, 1972).
6. Damaskin B. B., Petriy O. A., Tsirlina G. A. *Electrochemisry*, 672 (M.: Chemistry, Kolos, 2006).
7. Fedorenko A. A. Topical issues of the electrochemical reduction of metal ions in solutions of sulfuric acid, Kharkov: *Vestnik NTU HPI*, **64**, 168 (2013).

Поступила в редакцию 23.11.2015 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абдулганиева Эльвира Фекритовна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант 2 курса факультета биологии и химии, e-mail: eabdulganieva@mail.ru
- Алёмов Сергей Викторович** ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, к. б. н., заведующий отделом морской санитарной гидробиологии ИМБИ, e-mail: numa_63@mail.ru
- Аристова Надежда Ивановна** Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», к. т. н., с. н. с. отдела аналитических исследований и инновационных технологий; e-mail: akademik_n@mail.ru
- Архангельская Елена Валерьяновна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кафедра медико-биологических основ физической культуры и спорта, к. б. н., доцент
- Богач Ирина Николаевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
- Буков Юрий Александрович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», профессор, д. б. н., заведующий кафедрой теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
- Бурбанова Ольга Николаевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий.
- Бурдиян Наталья Витальевна** ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, к. б. н., научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии ИМБИ, e-mail: burdiyan@mail.ru
- Валюх Иван Фёдорович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студент кафедры экологии и зоологии, e-mail: ivan.valukh1994.026@mail.ru

Вахрушева Людмила Павловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: vakhl@inbox.ru
Викулова Наталья Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», преподаватель кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
Головань Константин Александрович	Садово-выставочный центр «Велес», дендролог, e-mail: kostyagolovan@list.ru
Гусев Алексей Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры общей и физической химии, e-mail: galex0330@rambler.ru
Гусева Елена Владимировна	ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, младший научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии ИМБИ, e-mail: odedesion67@mail.ru
Дорошенко Юлия Валерьевна	ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, к. б. н., научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии ИМБИ, e-mail: julia_doroshenko@mail.ru
Захаренко Геннадий Сергеевич	Академия биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры лесного дела и садово-паркового строительства
Земляков Александр Евгеньевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. х. н., профессор, заведующий кафедрой органической и биологической химии факультета биологии и химии, e-mail: alex_z56@mail.ru
Зильберварг Ирина Руслановна	Академия биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры биотехнологий, генетики и физиологии растений факультета лесного, садово-паркового и охотничьего хозяйства, e-mail: zironika07@rambler.ru
Зимароева Анастасия Анатольевна	Житомирский национальный агротехнологический университет, к. б. н., доцент кафедры экологии

Кастрыгина Зоя Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирантка кафедры экологии и зоологии, e-mail: zoiac_21@mail.ru
Ковблюк Николай Михайлович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: kovblyuk@mail.ru
Колосяк Елена Сергеевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр направления подготовки «ландшафтная архитектура»
Коновальчук Вадим Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кафедра медико-биологических основ физической культуры и спорта, к. м. н., доцент
Костюк Александра Сергеевна	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, кафедра биохимии ННЦ «Институт биологии», к. б. н., ассистент, e-mail: alexkostyuk@mail.ru
Курбетдинова Зера Романовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
Кучеренко Владимир Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., ассистент кафедры экологии и зоологии
Макриди Ирина Борисовна	Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым, начальник Управления биоресурсов и заповедного дела
Маринова Юлия Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студентка направления подготовки «ландшафтная архитектура»
Мацюра Александр Владимирович	Алтайский государственный университет, д. б. н., проф. кафедры экологии, биохимии и биотехнологии, e-mail: amatsyura@gmail.com
Минина Елена Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий

Михайлова Ольга Анатольевна	Ботанический сад имени Н. В. Багрова, младший научный сотрудник, Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», преподаватель кафедры садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования, e-mail: eola_tseza@mail.ru
Надольный Антон Александрович	Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, научный сотрудник отдела Экологии бентоса, e-mail: nadolnyanton@mail.ru
Никольская Виктория Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры биохимии
Отурина Ирина Павловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники
Панов Денис Александрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии, e-mail: panovda@crimea.edu
Перегудова Анна Олеговна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Подопригора Владимир Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: niphon@mail.ru
Пополитов Роман Александрович	Севастопольский экономический гуманитарный институт ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», зав. кафедрой реабилитации
Разгонова Ольга Владимировна	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», к. с.-х. н., н. с. отдела селекции, генетики винограда и ампелографии; e-mail: olga.razgonova@meta.ua
Репецкая Анна Игоревна	Ботанический сад имени Н. В. Багрова, директор; Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент, зав. кафедрой садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования

Савушкина Ирина Геннадьевна	Ботанический сад имени Н. В. Багрова, ведущий научный сотрудник, Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования
Сафронова Нина Степановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
Семенчук Алла Васильевна	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», инженер-химик отдела аналитических исследований и инновационных технологий
Соловьёва Ольга Викторовна	ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского Российской Академии наук», к. б. н., научный сотрудник, e-mail: kozl_ya_oly@mail.ru
Темурьянц Наталья Арменаковна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
Теплицкая Людмила Михайловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Тихонова Елена Андреевна	ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского Российской Академии наук», к. б. н., младший научный сотрудник, e-mail: tihonoval@mail.ru
Томилини Сергей Владимирович	НИЦ ФМ и НТ ФТИ КФУ имени В. И. Вернадского, научный сотрудник, e-mail: s.tomilin.phystech@cfuv.ru
Туманянц Каринэ Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., директор научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий, e-mail: timur328@gmail.com
Ульянцев Станислав Олегович	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», инженер-химик отдела аналитических исследований и инновационных технологий

Федоренко Александр Михайлович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. х. н., профессор кафедры общей и физической химии, e-mail: fedoram37@gmail.com
Федоренко Андрей Александрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», м. н. с. научно-исследовательского центра функциональных материалов и нанотехнологий, e-mail: fedoram37@gmail.com
Цикалов Виктор Валентинович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры валеологии и безопасности жизнедеятельности человека факультета биологии и химии, e-mail: ts_v_v@mail.ru
Цикалова Виктория Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., старший преподаватель кафедры органической и биологической химии факультета биологии и химии, e-mail: vika.tim@list.ru
Чайка Андрей Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Черетаев Игорь Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., м. н. с. кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Чуян Елена Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики
Шульгин Виктор Федорович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. х. н., заведующий кафедрой общей и физической химии, e-mail: shulvic@gmail.com
Ярмолук Наталья Сергеевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: nat_yarm@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Алёмов С. В., Гусева Е. В., Соловьёва О. В., Тихонова Е. А., Бурдиян Н. В., Дорошенко Ю. В.**
РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ САНИТАРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУХТЫ ПЕСОЧНАЯ (РЕГИОН СЕВАСТОПОЛЯ).....3
- Буков Ю. А., Бурбанова О. Н.**
ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЫХАНИЕМ..... 18
- Вахрушева Л. П., Абдулганиева Э. Ф.**
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВОЗРАСТНЫХ СОСТОЯНИЙ И ОНТОГЕНЕЗ *HEDYSARUM TAURICUM* PALL. EX WILLD27
- Ковблюк Н. М., Надольный А. А., Кастрыгина З. А., Валюх И. Ф.**
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ ПАУКОВ (ARACHNIDA, ARANEI) КАЗАНТИПСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (КРЫМ)36
- Коновальчук В.Н., Пополитов Р.А., Архангельская Е.В.**
БИОМЕХАНИКА И ДИНАМИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ В ПРАКТИКЕ ИППОТЕРАПИИ47
- Кучеренко В. Н.**
ГИДРОФИЛЬНЫЕ ПТИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ САНИТАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)58
- Мацюра О. В., Зимаросєва А. А.**
СЕЗОННІ ТА БІОТОПІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВОРОНОВИХ ПТАХІВ В УРБОЦЕНОЗАХ ЖИТОМИРА64
- Минина Е. Н., Богач И. Н.**
ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ.....83
- Минина Е. Н., Курбетдинова З. Р.**
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРКАПНИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ У ФУТБОЛИСТОВ 15–16 ЛЕТ94
- Михайлова О. А.**
ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА *CRAMBE MARITIMA* L. В УСЛОВИЯХ *EX SITU*... 105
- Отурина И. П., Зильберварг И. Р., Головань К. А., Подопригора В. Н.**
ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ ВЫТЯЖКИ НА РОСТ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) СОРТА 'АДРЕТТА' 116

Репецкая А. И., Захаренко Г. С., Маринова Ю. А., Макриди И. Б. ПАРКООБРАЗУЮЩИЕ ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ МАССАНДРОВСКОГО ПАРКА.....	125
Репецкая А. И., Савушкина И. Г., Колосюк Е. С. КУЛЬТИВИРУЕМАЯ ДЕНДРОФЛОРА Г. БЕЛОГОРСКА (РЕСПУБЛИКА КРЫМ)	143
Сафронова Н. С., Викулова Н. Н. ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У МИГРАНТОВ И ПОСТОЯННЫХ ЖИТЕЛЕЙ КРЫМА РАЗЛИЧНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП.....	156
Темурьянц Н. А., Чуян Е. Н., Туманянц К. Н., Костюк А. С., Ярмолюк Н. С. БЛОКАДА ОПИОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ НАЛОКСОНОМ У МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX</i> <i>ALBESCENS</i> МОДИФИЦИРУЕТ ИНФРАДИАННУЮ РИТМИКУ НОЦИЦЕПЦИИ ПРИ УМЕРЕННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЭКРАНИРОВАНИИ.....	170
Теплицкая Л. М., Перегудова А. О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ	183
Черетаев И. В., Никольская В. А., Чайка А. В. ИЗМЕНЕНИЕ БЕЛКОВОГО И ЛИПИДНОГО МЕТАБОЛИЗМА ПРИ ЖЕЛЧНОКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ.....	191

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аристова Н.И., Разгонова О.В., Панов Д.А., Ульяновцев С.О., Семенчук А.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВИНМАТЕРИАЛЕ ИЗ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОРТА ВИНОГРАДА «КАФА» МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	207
Гусев А.Н., Шульгин В.Ф. ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ ЛАНТАНИДОВ СО СПЕЙСЕРИРОВАННЫМИ ПИРИДИЛТРИАЗОЛАМИ.....	214
Земляков А.Е., Цикалов В.В., Цикалова В.Н. ВЛИЯНИЕ ГЛИКОЗИДОВ МУРАМОИЛДИПЕПТИДА НА ПРОДУКЦИЮ ЦИТОКИНОВ МОНОНУКЛЕАРНЫМИ КЛЕТКАМИ КРОВИ	235
Федоренко А.М., Томилин С.В., Федоренко А.А. СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ИОНА ГИДРОКСОНИЯ НА ПРОЦЕССЫ РЕКОМБИНАЦИИ ВОДОРОДА В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ.....	243
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	251
СОДЕРЖАНИЕ	257