

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF UKRAINE
DONETSK STATE UNIVERSITY

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

Межведомственный сборник научных работ

Вып. 5

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ**

Міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 5

**PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION
OF TECHNOGEN REGION**

The interdepartmental collection of scientific works

Iss. 5

Донецк ДонНУ 2005

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий збірник наукових праць / Відп. ред. С.В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – Вип. 5. – 233 с.

Статті збірника охоплюють широке коло питань екологічної, флористичної, фауністичної, біофізичної і фізіологічної спрямованості. У збірник увійшли статті викладачів, наукових співробітників та аспірантів різних вузів і науково-дослідних організацій України і Росії.

Збірник призначений для екологів, ботаніків, зоологів, фізіологів рослин, людини і тварин, біофізиків, фахівців з охорони природи, а також для викладачів і студентів біологічних факультетів вищих навчальних закладів.

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных работ / Отв. ред. С.В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – 233 с.

Статьи сборника охватывают широкий круг вопросов экологической, флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности. В сборник вошли статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов различных вузов и научно-исследовательских организаций Украины и России.

Сборник предназначен для экологов, ботаников, зоологов, физиологов растений, человека и животных, биофизиков, специалистов по охране природы, а также для преподавателей и студентов биологических факультетов высших учебных заведений.

Problems of ecology and nature protection of technogen region: The interdepartmental collection of scientific works / Editor-in-Chief S.V. Bepalova. – Donetsk: DonNU, 2005. – Iss. 5. – 233 p.

Clauses of the collection cover a wide circle of questions ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation. Collection included clauses of the teachers, scientific employees both post-graduate students of various high schools and research organizations of Ukraine and Russia.

The collection is intended for the ecologists, botanists, zoologists, physiologists of plants, man and animal, biophysics, experts in nature protection, and also for the teachers and students of biological faculties of higher educational institutions.

ББК ЕО*806.4 + ЕО*889 (437 УКР 5,5)

Рецензенти: А.К. Поляков, д-р біол. наук, проф.
А.В. Колганов, д-р біол. наук, проф.

Затверджено до друку Вченою радою Донецького національного університету

Редакційна колегія

С.В. Беспалова, проф., д-р фіз.-мат. наук (відп. редактор); **А.С. Алемасова**, проф. д-р. хім. наук; **М.І. Бойко**, проф., д-р біол. наук; **О.З. Глухов**, проф., д-р біол. наук; **О.З. Злотін**, проф., д-р біол. наук; **О.Г. Калінкін**, проф., д-р мед. наук; **В.А. Максимович**, проф., д-р мед. наук; **В.М. Остапко**, проф., д-р біол. наук; **В.А. Романенко**, проф., д-р біол. наук; **В.І. Соколев**, проф., д-р біол. наук; **В.Н. Сокрут**, проф. д-р мед. наук; **І.І. Солдак**, проф., д-р мед. наук; **М.Н. Сухомлин**, д-р біол. наук; **З.В. Усова**, проф., д-р біол. наук; **В.М. Шаталов**, проф., д-р фіз.-мат. наук, **А.Д. Штірц**, канд. біол. наук (відп. секретар); **М.М. Ярошенко**, проф., д-р біол. наук.

Editorial Board

S.V. Bepalova (Editor-in-Chief), A.S. Alemasova, M.I. Bojko, A.Z. Gluhov, A.Z. Zlotin, O.G. Kalinkin, V.A. Maximovich, V.M. Ostapko, V.A. Romanenko, V.I. Sobolev, V.N. Sokrut, I.I. Soldak, M.N. Suchomlin, Z.V. Usova, V.M. Shatalov, A.D. Shtirts (Managin Editor), N.N. Yaroshenko.

Видання збірника дозволено ВАК України: Бюлетень ВАК України, 2000. – № 6. – С. 11.

© Донецький національний університет
© Обкладинка М.В. Максимовича

Комп'ютерна верстка: А.Д. Штірц

ЗМІСТ

ВСТУП	9
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ	
Беспалова С.В., Максимович В.О. Закон збереження різноманітності популяції	10
Сухомлин М.М. Комплексний підхід до вивчення сумісності вищих базидіоміцетів, як складова популяційної мікології	17
ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ	
Глухов О.З., Хижняк Н.А., Титов А.І., Сафонов А.І. Досвід оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів	24
Зайців Д.Ю., Круглова Н.М. Стан мікроспор у пиляках їжи збірної (<i>Dactylis glomerata</i> L.) в різних екологічних умовах	33
Машгалер О.В. Мохоподібні антропогенних комплексів південного сходу України	41
Наумов С.Ю. Формоутворення листків квітконосного пагона <i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	49
Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Систематична структура флори регіонального ландшафтного парку "Донецький кряж"	53
Прилуцька С.О. Морфогенез багаторічного монокарпічного пагону <i>Zephyranthes verecunda</i> Herb. (родина Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.) в умовах інтродукції в захищений ґрунт Донецького ботанічного саду НАН України	61
Сафонов А.І. Фітогеохімія міді у антропогенно трансформованому середовищі	68
Сич О.І. Спільна дія картованих генів <i>BPI</i> і <i>GLI</i> на кількісні ознаки у <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	75
ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ	
Амолін О.В. Анотований список ос-сколій (Hymenoptera: Scoliidae) Донецької області	79
Місюра А.Н., Марченковська А.А. Вплив різного типу промислового забруднення на видову різноманітність земноводних в техногенних екосистемах Придніпровського регіону	84
Прокопенко О.В., Ярошенко М.М., Галкин Ю.О. Початковий етап інвентаризації фауни павуків регіонального ландшафтного парку "Клебан-Бик"	94
Савченко К.Ю. Еколого-фауністичний огляд жуків-чорнишів (Coleoptera: Tenebrionidae) Південного Сходу України	99
Штірц А.Д., Богатиков І.І. Розподіл панцирних кліщів за профілем техногенної катени (на прикладі шлаковідвалу Донецького металургійного заводу)	108
Штірц Ю.О. Циклічна динаміка структури орнітокомплексів скверів великого індустріального центру (на прикладі м. Донецька)	119
Ярошенко М.М., Кравцов С.С. Панцирні кліщі промислового відвалу металургійного заводу міста Єнакієва Донецької області	128

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

Бойко С.М. Визначення якісного складу ізоферментів пероксидази штамів <i>Irpex lacteus</i> Fr. за допомогою електрофоретичного методу	134
Васильєва О.В., Нікітіна О.О., Бойко М.І. Використання різних концентрацій молока для підвищення штамів <i>Hirshioporus laricinus</i> (Karst.) Ryv.	138
Васьков Г.Є. Взаємозв'язок цвітіння із зміною концентрації клітинного соку цукрового буряку (<i>Beta vulgaris</i> L.)	144
Ветрова О.В. Про перспективи використання базидіоміцета <i>Daedalea gibbosa</i> Pers. у боротьбі з кореневою губкою	148
Кузнецова І.А., Клименко А.В., Бойко М.І. Вплив температурного фактора на синтез протеїназ молокозсідальної дії грибом <i>Irpex lacteus</i> P-04 та Ч-03	153
Шевкопляс В.М., Бойко М.І. Використання носія нафтової домішки POVDA для підвищення метаболізуючої здатності мікроміцетів	158

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

Бузовєра М.Е., Зоря В.В., Беспалова С.В., Нога І.В., Шаталов В.М. Морфологічний аналіз при оцінці відгуку сироватки крові на низькочастотне імпульсне магнітне поле	165
Хиженков П.К. Реакції патогенної мікрофлори у культурі та організмі-хозяїні на штучні змінні магнітні поля	173
Нецветов М.В., Хиженков П.К., Енглезі А.П. Магнітоіндуковані зміни іонного та водного балансу головного мозку при експериментальному пошкодженні	178
Доценко О.І., Курносова Л.О., Доценко В.А. Вплив низькочастотної вібрації на стан мембран еритроцитів мишей	187
Білобров В.М., Богдан Н.М., Єлізаров О.О., Хомутова К.В., Блінкова Т.С., Лінник Н.В., Малигін М.С. Проблема гомеостазу. 2. Кількісний облік специфічних і неспецифічних взаємодій у розчинах	194
Панфілова С.Г., Соколов В.І. Енергетика м'язового скорочення при експериментальному гіпертиреозі та стимуляції адреналіном	205
Пічуріна Н.В. Енергетика ізометричного тетанічного скорочення м'яза при різних моделях експериментального гіпертиреозу	214
Ревякіна О.Г., Соколов В.І. Ендокринні кореляції в гіпофізарно-тиреоїдній системі білих щурів в умовах термонейтральної зони	224
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	232

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ	
Беспалова С.В., Максимович В.А. Закон сохранения разнообразия популяции	10
Сухомлин М.Н. Комплексный подход к изучению совместимости высших базидиомицетов, как составная часть популяционной микологии	17
ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА	
Глухов А.З., Хижняк Н.А., Титов А.И., Сафонов А.И. Опыт оценки токсичности почвогрунтов антропогенно трансформированных экотопов	24
Зайцев Д.Ю., Круглова Н.Н. Состояние микроспор в пыльниках ежи сборной (<i>Dactylis glomerata</i> L.) в различных экологических условиях	33
Машталер А.В. Мохообразные антропогенных комплексов юго-востока Украины	41
Наумов С.Ю. Формообразование листьев цветоносного побега <i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	49
Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Систематическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж"	53
Прилуцкая С.А. Биоморфологические особенности большого и малого жизненных циклов <i>Zephyranthes verecunda</i> Herb. (семейство Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.) в условиях интродукции в защищенный грунт Донецкого ботанического сада НАН Украины	61
Сафонов А.И. Фитогеохимия меди в антропогенно трансформированной среде	68
Сыч Е.И. Совместное действие картированных генов <i>BPI</i> и <i>GL1</i> на количественные признаки у <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	75
ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА	
Амолин А.В. Аннотированный список ос-сколий (Hymenoptera: Scoliidae) Донецкой области	79
Мисюра А.Н., Марченковская А.А. Влияние различного типа промышленного загрязнения на видовое разнообразие земноводных в техногенных экосистемах Приднепровского региона	84
Прокопенко Е.В., Ярошенко Н.Н., Галкин Ю.А. Начальный этап инвентаризации фауны пауков регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык"	94
Савченко Е.Ю. Эколого-фаунистический обзор жуков-чернотелок (Coleoptera: Tenebrionidae) Юго-Востока Украины	99
Штирц А.Д., Богатиков И.И. Распределение панцирных клещей по профилю техногенной катены (на примере шлакоотвала Донецкого металлургического завода)	108
Штирц Ю.А. Циклическая динамика структуры орнитокомплексов скверов крупного индустриального центра (на примере г. Донецка)	119
Ярошенко Н.Н., Кравцов С.С. Панцирные клещи промышленного отвала металлургического завода города Енакиево Донецкой области	128

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Бойко С.М. Определение качественного состава изоферментов пероксидазы штаммов <i>Irpex lacteus</i> Fr. при помощи электрофоретического метода	134
Васильева О.В., Никитина О.А., Бойко М.И. Использование различных концентраций молока для стимуляции молокосвертывающей активности штаммов <i>Hirshioporus laricinus</i> (Karst.) Ryv.	138
Васьков Г.Е. Взаимосвязь цветения с изменением концентрации клеточного сока сахарной свеклы (<i>Beta vulgaris</i> L.)	144
Ветрова Е.В. О перспективе использования базидиомицета <i>Daedalea gibbosa</i> Pers. в борьбе с корневой губкой	148
Кузнцова И.А., Клименко А.В., Бойко М.И. Влияние температурного фактора на синтез протеиназ молокосвертывающего действия грибом <i>Irpex lacteus</i> P-04 и Ч-03 ...	153
Шевкопляс В.Н., Бойко М.И. Использование носителя нефтяной добавки <i>POVDA</i> для повышения метаболической способности микромицетов	158

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

Бузоверя М.Э., Зоря В.В., Беспалова С.В., Нога И.В., Шаталов В.М. Морфологический анализ при оценке отклика сыворотки крови на низкочастотное импульсное магнитное поле	165
Хиженок П.К. Реакции патогенной микрофлоры в культуре и организме хозяина на искусственные переменные магнитные поля	173
Нецветов М.В., Хиженок П.К., Энглези А.П. Магнитоиндуцированные изменения ионного и водного баланса головного мозга при экспериментальном повреждении	178
Доценко О.И., Курносова Л.А., Доценко В.А. Влияние низкочастотной вибрации на состояние мембран эритроцитов мышей	187
Билобров В.М., Богдан Н.М, Елизаров А.О., Хомутова Е.В., Блинкова Т.С., Линник Н.В., Малыгин М.С. Проблемы гомеостаза. 2. Количественный учет специфических и неспецифических взаимодействий в растворах	194
Панфилова С.Г., Соболев В.И. Энергетика мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе и стимуляции адреналином	205
Пичурина Н.В. Энергетика изометрического тетанического сокращения мышцы при разных моделях экспериментального гипертиреоза	214
Ревякина Е.Г., Соболев В.И. Эндокринные корреляции в гипофизарно-тиреоидной системе белых крыс в условиях термонеutralной зоны	224
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	232

CONTENTS

INTRODUCTION	9
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY	
Bespalova S.V., Maksimovich V.A. Of conservation of a diversification of a population ...	10
Sukhomlyn M.M. The complex approach to studying compatibility higher basidiomycetes, as a component of population mycology	17
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT LIFE	
Glukhov A.Z., Hizhnjak N.A., Titov A.I., Safonov A.I. The trial of soil toxicity estimation in anthropogenously transformed ecotopes	24
Zaytsev D.Yu., Kruglova N.N. The status of microspores in anthers of cock's-foot (<i>Dactylis glomerata</i> L.) under different ecological conditions	33
Mashtaler A.V. The Mosses of anthropogenous complexes of the south-east of Ukraine	41
Naumov S.Yu. The Stack Leaves Formation of <i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	49
Ostapko V.M., Gnatyk N.Yu. Systematic structure of flora from the regional landscape park "Donetskiy kryazh"	53
Prilutskaya S.A. Biomorphological peculiarities of the big and small life cycles of <i>Zephyranthes verecunda</i> Herb. (family <i>Amaryllidaceae</i> Jaume St.-Hil.) under the conditions of introduction into Donetsk Botanical Gardens Nat. Acad. Sci. of Ukraine conservatories	61
Safonov A.I. Phytogeochemistry of copper in anthropogenically transformed environment	68
Sych E.I. The joint action of mapped genes <i>BPI</i> and <i>GLI</i> according to quantitative traits in <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	75
FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM	
Amolin O.V. An annotated list of the scoliid wasps (Hymenoptera: Scoliidae) of the Donetsk region	79
Misyura A.N., Marchenkovskaya A.A. Influencing of a different type of industrial contamination to the specific variety of amphibious in technogenic ecosystem of Pridneprovsk region	84
Procopenko H.V., Yaroshenko N.N., Galkin Yu.A. Pioneering stage of inventory of the spiders fauna of a regional landscape park "Kleban-Byk"	94
Savchenko K.Yu. The ecological and faunistic review of dark beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) of the Southeast of Ukraine	99
Shtirts A.D., Bogatikov I.I. The oribatid mites distribution under the profile of the technogen catena (on an example of Donetsk metal factory waste banks)	108
Shtirts Yu.A. The cyclic dynamics of the ornithocomplexes structure of large industrial centre squares (on an example of Donetsk)	119
Yaroshenko N.N., Kravtsov S.S. Oribatid mites of an industrial dump of a metal works of the city of Yenakievo of Donetsk region	128

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Boyko S.M. Definition of qualitative structure isoenzymes peroxidase strains <i>Irpex lacteus</i> Fr. with the help electrophoretic of a method	134
Vasilyeva O.V., Nikitina O.A., Boyko M.I. Using different concentration of milk for promotion milk-clotting activiti by strains <i>Hirshioporus laricinus</i> (Rarst.) Ryv.	138
Vaskov G.E. The correlation of concentration of the cellular sap and the beet's flowering (<i>Beta vulgaris</i> L.)	144
Vetrova E.V. About prospect of using Basidiomycete <i>Daedalea gibbosa</i> Pers. as an antagonist in a struggle against of the <i>Heterobasidion annosum</i>	148
Kuznetcova I.A., Klimenko A.V., Boyko M.I. Influence of temperature on the production of milk-coagulate proteinases of <i>Irpex lacteus</i> R-04 and CH-03	153
Shevkoplyas V.N., Boyko M.I. The use of carrier of the oil additive (POVDA) to improve metabolizing ability of micromycetes	158

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

Buzoverya M.E., Zorya V.V., Bepalova S.V., Noga I.V., Shatalov V.M. Morphological analysis in estimations of the blood response to low frequencies pulsed magnetic field treatment	165
Khizhenkov P.K. The reaction reaction of pathogenic microflora and host on artificial alternative magnetic field	173
Netsvetov M.V., Khizhenkov P.K., Englesi A.P. Magnetically induced modifications of the injured nerve tissue ionic and water balance at the experimental conditions	178
Dotsenko O.I., Kurnosova L.A., Dotsenko V.A. Influence of low-frequency vibration on condition of mice erythrocytes' membranes	187
Bilobrov V.M., Bogdan N.M., Jelisarov A.O., Khomutova E.V., Blinkova T.S., Linnik N.V., Malygin M.S. Problems of homeostasis. 2. The quantitative registration of specific and nonspecific interactions in solutions	194
Panfilova S.G., Sobolev V.I. Energic of muscle contraction at experimental hyperthyroidism and stimulations by adrenaline	205
Pichurina N.V. Energy of isometric contraction of muscle at different models of experimental hyperthyroidism	214
Revjakina E.G., Sobolev V.I. Endocrine correlations in the hypophys-thyroid system of white rats in the thermoneutral zone	224
RULES FOR AUTHORS	232

ВВЕДЕНИЕ

Во Введении к предыдущему сборнику говорилось о двух экологиях – общей и специальной, рассматривающей взаимодействия биоты с совокупностью вредных и опасных факторов среды. Очевидно, по своей научной и практической сути обе экологии представляют две стороны одной медали. К сожалению, объединяющей их гранью служит расстроенное здоровье биоты.

Емкого и признанного в мире определения термина "здоровье биоты" пока не существует. Но можно обратиться к принятому Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) термину "здоровье человека" – акцентной части биоты в обеих экологиях. Согласно уставу ВОЗ: здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических недостатков. В переносном расширительном толковании приведенное определение может быть взято, как говорят на собраниях, за основу для дискуссии и "подготовке к последующим чтениям".

Какое бы содержание не было вложено в термин здоровье биоты, сегодняшний результат однозначный и недвусмысленный. В техногенном регионе под названием Донбасс здоровье биоты, включающей человека, из-за человека крайне нарушено. Такое заключение базируется не только на анализе здоровья отдельных особей, но на состоянии их сообществ, популяций, их разнообразия, интенсивных и экстенсивных показателях их рождаемости, смертности, длительности жизни, заболеваемости, активности, устойчивости, гипер- и гипочувствительности, многих других отклонениях от нормы.

Интеллектуалы не смогли найти конструктивные доводы, способные убедить человечество, как такое могло произойти в амбициозных сообществах и что дальше будет, если оставаться сторонним наблюдателем. Так что же делать? Не будем еще раз приводить ответ двух лягушек. Потешим себя наличием потенциального разума и возможностью "мозгового штурма" проблемы. Но одного лишь знания для штурма недостаточно. Сократ заметил: "... человек, зная что хорошо, поступает плохо". Дал бы Бог желание, мотивацию поступать, как надо. Однако уже на мотивационном уровне существует сильнейший мотивационный конфликт между комплексной потребительской мотивацией "сейчас мне" и еще неокрепшей природоохранной мотивацией "а мне ли и когда".

В прошлом номере сборника опубликован план действий – Программа биологических способов борьбы с вредной экологией. Она рождена на кануне, а мотивация ее питания отстает и скудна, не учитывает кахексию биоты. Спрашивается, по ком звонит колокол, кого набат зовет от суицида.

Ответственный редактор сборника
С.В. Беспалова

УДК 612.821+577.3(024)

С.В. Беспалова, В.А. Максимович

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ПОПУЛЯЦИИ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Беспалова С.В., Максимович В.А. Закон сохранения разнообразия популяции. – Формализован закон сохранения разнообразия популяции и предложен вариационный принцип траектории его восстановления. Своеобразным мессенджером между генно детерминированными белками тканей совместимости и системой саморегулирования разнообразия можно считать совокупность запахов особей, слитых в популяции в единую цельность – гештальт, представляющий сложный образ привычной популяционной среды.

Ключевые слова: популяция, особи, белки тканевой совместимости.

Введение

С открытием белков тканевой несовместимости, они же индикаторы совместимости (БТС), т.е. анализаторы "свой – чужой", пришло понимание ряда неясных ранее явлений. В частности того, которое сформулировано в заглавии.

Разнообразие БТС в живом мире невелико. Их всего около 10^2 из 10^{52} потенциально устойчивых соединений аминокислот. У каждой отдельной особи БТС и того меньше, на порядок. Но индивидуальный набор БТС и их комбинация полностью определяют биологическое отличие особи от всех остальных. Можно сказать, делают ее неповторимой по ряду свойств.

Особенно важна детерминация БТС'ами собственного запаха особи, ее персонального портрета. Полный набор запаховых портретов создает гештальт (целостный образ) конкретной популяции. Его знает каждая особь популяции, скорее не в результате импринтинга, а путем постепенного усвоения при общении в своей социальной среде. Запаховый гештальт становится для каждой особи стандартом безопасного существования в меченом им пространстве и составе популяции. Это своеобразный эталон наличия только дружественной совокупности сородичей.

Рассмотрим случай проникновения на территорию популяции посторонней особи, запах которой не идентифицируется с гештальтом популяции. Запах пришельца сравнивается в компараторе (сравнителе) особей-хозяев с эталонным набором, стандартом запахов популяции по всем известным алгоритмам распознавания образов. Наиболее простой алгоритм, когда из компаратора в биосистему не поступает никакого сигнала, если рассогласование отсутствует, нулевое, либо сигнал идет, если обнаружено различие. Такой алгоритм называют сигнитивным (от лат. *signum* – знак). Сигнал из компаратора немедленно вызывает ориентировочно-исследовательскую и оборонительную (агрессивную) реакции. В результате чужака изгоняют либо уничтожают.

Теперь можно перейти к сохранению разнообразия популяции. Тривиально, что все особи смертны от естественных или насильственных причин. Но что это значит с позиции конструируемой концепции. Прежде всего, из запахового гештальта популяции выпадает один, а иногда больше компонентов. У каждой оставшейся в живых особей эталонный стандарт остается пока прежним. Он, если и поменяется, то с запаздыванием, значительным латентным периодом, ведь привычное не так просто забыть.

В результате при сравнении гештальта памяти и реального, теперь ущербного гештальта восприятия, в компараторе вырабатывается специфический сигнал. Он включает, во-первых, поисковые механизмы: куда исчезла особь (особи), о чем сигнализирует исчезнувший компонент ее запаха. Во-вторых, возникает социальное беспокойство, тревога в популяции.

Сложившаяся социальная ситуация и общепопуляционная реакция на нее, изменяют разные стороны поведения особей. Но главное то, что возникшие социальные сигналы корректируют репродуктивную сторону. Не только и даже не столько в количественном отношении, а в выборе партнеров для спаривания. Хотя военные потери человеческой популяции приводят в послевоенный период к компенсационному и даже суперкомпенсационному восстановлению.

Однако начнем анализ не с описанной, а с идеальной ситуации. Имеется в виду, что популяция полностью обеспечена ресурсами, что среда благополучная, в том числе отсутствуют враги, что нет недостатка возможных партнеров, что репродуктивная потенция особей нормальная. В таких условиях отбор партнера осуществляется путем определения у них БТС, для чего особи применяют обнюхивание и облизывание, а человек – поцелуи. Критерием предпочтения служит соотношение количества совпадающих с собственными БТС у выбираемого партнера к количеству различающихся. У партнеров не должно быть ни полного тождества, ни полного отличия по всем БТС. И в одном, и в другом случае повышается вероятность, что потомство будет с ухудшенной устойчивостью и адаптивностью.

В генетически исходном для БТС законе Харди–Вайнберга ($p^2+2pq+q^2=1$) управление сочетанием величин p и q можно рассматривать как подбор доли α в p и q сходных БТС, т.е. совпадающих обуславливающих их генов, и доли β в них различающихся БТС и обуславливающих их происхождение генов.

В идеальных условиях направленность поведения по отбору партнера, соответствующего только что изложенному критерию происходит под влиянием собственной мотивации. Она, как известно, интегрирует потребность (в данном случае продуктивную), конкретный объект-особь, в наибольшей степени соответствующую потребности, и естественное предвкушение удовольствия [5]. Первый этап селекции потенциальных партнеров в сокращенную группу подходящих производится путем иерархии вероятностных оценок средовых и собственных возможностей выборщика. Алгоритм этого этапа очень сходен с, так называемыми, методами условных вероятностей, описанными, например [11].

Второй, окончательный, этап отбора базируется на эмоциональном предпочтении какой-то одной особи из сокращенной в 1-ом этапе группы. Эта особь наиболее нравится выбирающей по каким-то признакам или по их совокупности, например, окраске, нюансам формы, голосу и т.п. Но все эти особенности также результат внешнего проявления влияния БТС.

После сказанного возвратимся от идеальной обстановки к произошедшему ущербу запахового гештальта, отражающего неблагополучие популяции, влияющее на всех ее членов. Возникающий в компараторе дефицит воспринятого гештальта, по сравнению с эталонным, влияет на критерий α , β соотношения в законе Харди–Вайнберга. В результате выбирается, как правило, не тот партнер, который был бы выбран в идеальных условиях, а тот, который соответствует скорректированному критерию. Указанным биологическим способом происходит социальное влияние популяции на отдельные особи с целью восстановления разнообразия.

В силу различных естественных причин (например, беременности) не каждая особь может реально прореагировать на означенное социальное влияние. В совокупности готовность вероятностна. Сам вышеизложенный механизм мотивированного отбора вероятностен, как это было видно на его этапах. Конечный результат также вероятностен, цель может быть достигнута, а может и не быть достигнута, либо не полностью. Поэтому закон сохранения разнообразия в нашей статье 2003 г. сформулирован как сумма вероятностных мер: величины абсолютной организации замкнутой системы (в данном контексте популяции) и фактической неопределенности (дезорганизованности) этой системы:

$$R_A + H = \text{const}, \quad (1)$$

где R_A и H – соответственно величины абсолютной организации к фактической неопределенности биосистемы (популяции).

Восстанавливаемое биоразнообразие популяции априорно может идти одной из многих траекторий. Обычно, тем более в отношении восстановления, возникает вопрос, насколько оптимальна фактическая траектория. Приведем систему уравнений, характеризующих вариационный принцип определения оптимальной траектории:

$$\begin{aligned} L &= T - V, \\ V &= \alpha p^2(t), \\ T &= \beta \int (p')^2(t) dt, \end{aligned} \quad (2)$$

где $p(t)$ – вероятность того, что в момент t популяция находится в одном из возможных в наборе состояний биоразнообразия, а в другой момент $(t+\Delta t)$ будет находится в другом состоянии биоразнообразия;

$p' = \frac{dp(t)}{dt}$ – первая производная по времени (мгновенная скорость) изменения вероятности состояния биоразнообразия;

t – время;

α, β – коэффициенты;

V – потенциал биосистемы;

K – характеристика кинетики биосистемы;

L – аналог функции Лагранжа.

Вариации (δ) интеграла по времени функции L

$$\delta \int_0^t L dt = 0 \quad (3)$$

должны при движении системы по траектории, в анализируемом случае при движении по траектории восстановления биоразнообразия, стремиться к минимуму, в пределе к нулю. Это и представлено в формализме (3). Сравнение фактической траектории с теоретической, соответствующей вариационному принципу, позволяет определить, насколько восстановительные силы популяции отличаются от оптимальных.

Определено, что экстремум вышеприведенного вариационного функционала достигается на экспоненциальных функциях изменения вероятности $p(t)$ во времени [1].

В общенаучном плане важно, что закон сохранения биоразнообразия популяции увязан с вариационным принципом. Тем самым эта связь может стать частью общефилософского и общеметодологического фундамента современного естествознания. Известно (В.А. Асеев, 1972), что все законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса и др.), существующие в физическом мире, вытекают из вариационного принципа наименьшего действия, из экстремальных принципов. Поиску таких же принципов и законов в биологии и физиологии посвящены серьезные теоретические исследования [13]. Не вызывает сомнений, что существующие построения теоретической биологии [7] приобрели бы базу точных наук. Внутри же биологии точность стала бы присуща диатропике – учению о разнообразии

Выдвигая собственное обоснование одного из возможных в биологии законов сохранения, стержнем которого являются БТС и их внешние проявления (например, запаховые), тотчас следуют вопросы, ответы на которые способствовали бы укреплению уверенности в правильности конструкции. Коснемся первого вопроса. Может ли в принципе восстановиться не только диапазон разнообразия, а тождественно прежняя популяция либо тождественные хоть какие-то особи без перераспределения БТС между другими. Для математической биологии задача звучит так: могут ли в действительности быть две особи, тождественные по набору и комбинации БТС, т.е. реальными биологическими двойниками.

Если же это наблюдается не одновременно, а с учетом предыстории жизни популяции, то наличие тождественных двойников, разнесенных по времени, равноценно реинкарнации ранее существовавшего в позднее родившегося его БТС-двойника.

Сформулированная задача решается, например, комбинаторно-вероятностными методами. Приведем пример ее решения применительно к человеческой популяции. С.П. Капица и соавт. [8] считают, что за 4,4 млн. лет существования человечества в общей сложности было около 100 млрд. людей, т.е.

$$\sum_0^{t=4,4\text{ млн}} N \cong 10^{11}$$

Предельные разнообразие БТС можно определить не по перестановкам 100 БТС, а по их размещениям или сочетаниям по 2...12 белков в наборе. Но в реальности наборов БТС меньше расчетного предельного количества, т.к. не все комбинации совместимы и устойчивы [6] и подтвердил это соображение. Эмпирические данные дали оценку разнообразию комбинаций БТС у человека на уровне $K \leq 10^6$. Исходя из этих данных, можно посчитать, сколько в среднем у человека двойников (Д) в расчете на одного жившего имели одинаковые (тождественные) наборы БТС за всю историю человечества:

$$D = \frac{\sum N}{K} = \frac{10^{11}}{10^6} = 10^5 = 100\,000 \quad (4)$$

Казалось бы, полученная цифра сильно преувеличена. Но это лишь на первый взгляд. Ведь она дает средний суммарный объем за всю историю человечества. А он был распределен между всеми поколениями за $T=4,4$ млн. лет. Спрашивается, сколько же сменилось поколений. Ответ можно получить у уже цитированных С.П. Капицы и соавт. Они дают характеристическое время жизни одного поколения в виде некоторого среднего за всю историю времени (τ_n), которое равняется 42 годам. Отсюда легко вычислить количество поколений (N_n), которые канули в лету:

$$N_n = \frac{T}{\tau_n} = \frac{4,4 \cdot 10^6}{42} \cong 10^5 = 100\,000 \quad \text{при } T = \sum \tau_n \quad (5)$$

Совпадение цифр в решении уравнений (4) и (5) говорит о том, что в каждом поколении было в среднем (у кого нуль, а у кого больше) по одному двойнику у каждого человека ($10^5:10^5=1$). Эти же цифры говорят и о другом, что в каждом поколении был полный набор с некоторым избытком – повторами разнообразия БТС. Следовательно, закон сохранения разнообразия действовал на протяжении всей истории человечества даже с подстраховкой в виде двойников. В каждом следующем поколении появлялись БТС – реинкарнированные особи, т.е. тождественные по БТС предыдущим, жившим ранее. Анализ подтверждают и такие факты: только в Москве 7 тыс. пар однояйцевых близнецов, в Европе их 1% от населения, а во всем мире по примерным оценкам 70 млн., т.е. тоже около 1%. С увеличением количества одновременно живущего на земном шаре населения, очевидно, должно возрасти и общее количество БТС-двойников.

Таким образом, вышеизложенное дает положительный ответ на вопрос, возможно ли тождественное восстановление части популяции. Но некоторая часть исчезнувших БТС и иницируемых ими запаховых компонент перераспределяется, так что сообщество в целом может восстановить свой запаховый гештальт. Передающемуся из поколения в поколение разнообразию С.В. Мейен (цит. по [6]) дал наименование транзитивный полиморфизм.

Аппарат саморегуляции разнообразия популяции не состоит только из механизма отрицательной обратной связи для поддержания status'a quo. Как у всякого регулятора, у него есть два важных рычага воздействия на объект регулирования. Один – для увеличения, активации, роста регулируемой величины. Другой – для уменьшения, сдерживания, торможения.

Первый рычаг называют в теории регулирования положительной обратной связью. В рассмотренном явлении она, положительная обратная связь, идет от фактического гештальта

к эталонному. В случае появления в популяции нового запахового компонента, например, при рождении новой особи (особей) этот сигнал идет по положительной связи в эталонный задающий стандарт и ассоциативно закрепляется там. После этого компаратор не выдаст сигнал различия, не будет сигнализировать, что появился чужой, т.к. этот компонент закрепился в эталоне как свой. Именно к этому механизму, действующему в популяции как усилитель (преумножитель) разнообразия, можно отнести афористическое высказывание Н.В. Тимофеева-Ресовского [12]: "Разнообразие порождает еще большее разнообразие".

Однако в популяции действует альтернативный, противоположительный рычаг. В отличие от дивергентной направленности, он конвергентный. По сути результата(ов) его действия можно было бы назвать селекционно сократительным.

Ранее было сказано, что экспансия разнообразия идет не до бесконечного множества, а до большого, но вполне определенного. Даже если граница этого множества не 10^6 , а больше, все равно существует предел, о котором позаботилась природа. Сегодня человечеству известны неблагоприятные последствия для устойчивости и адаптивности инбридинга – близкородственного скрещивания животных, инцухта – самозапыления растений, инцеста – близкородственного оплодотворения у людей; выведения конгенных линий организмов, отличающихся лишь одним белком БТС; клонирования организмов с копированием буквально всех БТС.

Описанные искусственные процессы, создаваемые и управляемые человеком, вполне возможны в естественных условиях, если для этого созрели предпосылки. К ним можно отнести увеличение численности популяции, когда в результате увеличения вероятности близкородственных скрещиваний возрастает количество двойников и конвергентных по генам и БТС особей. При этом возникает процесс, противоположный афористически охарактеризованному Тимофеевым–Ресовским, а именно: "Возрастание числа конвергированных особей порождает еще большее их возрастание". Чем же они опасны для популяции и как она от них избавляется?

При слиянии гамет (половых клеток) родственных особей высока вероятность образования гомозиготности – оплодотворенной половой клетки с отсутствием модификаций парных генов, называемых аллелями. Последнее резко снижается устойчивость и адаптивность к изменению физических и биологических (например, инфекционных) параметров среды. В результате возрастает смертность таких особей, т.е. происходит их выбраковка и тем самым селекция внутри популяции. Но для популяции опасность не только, а может быть и не столько, в потере этих особей, сколько в том, что они могут быть источником распространения эпидемий и вообще слабым звеном в своей социальной организации.

Только что было сказано о случайно-средовой выбраковке конвергентных особей. Но следует прислушаться к мнению ряда ученых и особенно [3], автора теории номогенеза, о закономерности, внутренней запрограммированности развития живой природы вообще и популяционно-видовых единиц в частности. Целесообразная предопределенность связана с позиций современных представлений не с первичностью численности и разнообразия популяции, а с первичностью ее здоровья, позволяющего противостоять среде-мачехе и выживать в ней, несмотря на все ее "неожиданные" пертурбации.

Здоровье – это большая суперсистема, в которой поддержание разнообразия, в рамках нужного надсистеме, обеспечивается одной из ее подсистем, условно именуемой системой разнообразия. У последней, как было видно из изложенного, сложная авторегуляторная структура. Еще более сложная функциональная структура у надсистемы здоровья. Частично, применительно к здоровью людей, такая надсистема была проанализирована В.А. Максимовичем, С.В. Беспаловой [5]. Но может ли она служить полным аналогом для других биотических организаций, остается вопросом. Ответ на него требует специального рассмотрения и отдельной публикации. Не менее актуален поиск принципов симметрии биологического пространства, из которых следовали бы законы сохранения типа изложенного в данной публикации закона сохранения разнообразия популяции.

Еще одно соображение. Закон сохранения разнообразия популяции и обеспечивающие его механизмы являются локально антиэнтропийными. Такими же они будут для биоценозов, биоты в целом и ноосферы. Пока глобальных антиэнтропийных законов нет и вывод о грядущей экологической катастрофе не поколеблен [5].

И последнее, общенаучное, Эйнштейн называл программой Ньютона такое поступательное пополнение представления о мире, в котором ВСЁ обусловлено взаимодействиями между объектами. Принципиальную возможность описания всех мировых закономерностей дифференциальными уравнениями он именовал программой Максвелла. Сочетание программ Ньютона и Максвелла представляло Эйнштейновский идеал научного познания объективной гармонии бытия, базирующейся на универсальной причинной связи.

В таком представлении о мире не игнорируется ни одна песчинка, легко или трудно учитывать ее влияние. Принципиально она влияет на весь мир. Поэтому Эйнштейн столь скептически относился ко многим представлениям Бора и его школы о микромире, а также к статистическим закономерностям, которые игнорируют индивидуальность. Эйнштейн понимал, что для эмпирики микромира нужна какая-то обобщающая модель, но считал, что нельзя "из нужды делать добродетель", т.е. нельзя утверждать, что эта вынужденная формализация отражает объективный мир с его универсальной взаимосвязью. Именно поэтому, по утверждению Эйнштейна, Достоевский дал ему больше всех, так как в поэтике Достоевского отрицался мир, в котором игнорируется хоть одна слезинка.

Авторы тешат себя мыслью, что нашли научный пример учета каждой особи-объекта, по крайней мере, в жизни локального биосредового объединения. Со-бытиё такого социума (популяции) не игнорирует ни одного своего члена. Авторы считают эту находку наиглавнейшей. В ней объединены детерминизм и вероятность, Лаплас и Больцман, с одной стороны, и возможность безграничного гуманизма поэтики Достоевского, лирики и физики, с другой. Все остальные выводы имеют подчиненный характер.

Выводы

1. Регулирование разнообразия популяции происходит сложной системой механизмов: по отрицательной обратной связи с компаратором осуществляется поддержание status quo; по положительной обратной связи эталона с суперсистемой здоровья – конвергенция разнообразия.

2. Формализован закон сохранения разнообразия популяции и предложен вариационный принцип траектории его восстановления.

3. Своеобразным мессенджером между генно детерминированными белками тканей совместимости и системой саморегулирования разнообразия можно считать совокупность запахов особей, слитых в популяции в единую цельность – гештальт, представляющий сложный образ привычной популяционной среды.

Список литературы

1. Антомонов Ю.Г. Организация и оптимальность / Моделирование в биологии и медицине. – К.: Наук. думка, 1968. – В. 3. – С. 163-182.
2. Ассеев В.А. Экстремальные принципы в естествознании и их философское содержание. – Л.: Изд-во Лен. ун-та, 1977. – 232 с.
3. Берг Л.С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей // Тр. Геогр. ин-та, 1922. – Т. 1. (цит. по Зоренкову Н.А.).
4. Беспалова С.В., Максимович В.А. Биологическая экология: моделирование жизнеспособности биотических организаций // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11-18.
5. Беспалова С.В., Максимович В.А. Интегральная экология // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 11-15.

6. *Говалло В.И.* Почему мы не похожи на друга. Очерки о биологической индивидуальности. – М.: Знание, 1991. – 224 с.
7. *Заренков Н.А.* Теоретическая биология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 216 с.
8. *Катица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 288 с.
9. *Максимович В.А., Беспалова С.В.* Математическое моделирование в медицинской биофизике (Моделирование в биомедфизике). – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2002. – 202 с.
10. *Методы математической биологии.* Кн. 5. Информационные методы синтеза моделей биологических систем / Ю.Г. Антомонов, Л.Н. Красникова, О.Г. Чораян. – К.: Вища шк., 1982. – 240 с.
11. *Савчук В.П.* Байесовские методы статистического оценивания. Надежность технических объектов. – М.: Наука, 1989. – 328 с.
12. *Тимофеев–Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В.* Очерк учения о популяции. – М., 1973.
13. *Ханин М.А., Дорфман Н.Л., Бухаров Н.Б., Левадный В.Г.* Экстремальные принципы в биологии и физиологии. – М.: Наука, 1977. – 256 с.

Беспалова С.В., Максимович В.О. Закон збереження різноманітності популяції. – Формалізовано закон збереження різноманітності популяції та запропонований варіаційний принцип траєкторії його відновлення. Своєрідним месенджером між генно детермінованими білками тканин сумісності і системою саморегулювання різноманітності можна вважати сукупність запахів злитих у популяції в єдину цілісність – гештальт, що представляє складний образ звичного популяційного середовища.

Ключові слова: популяція, особини, білки тканинної сумісності.

Bespalova S.V., Maksimovich V.A. Of conservation of a diversification of a population. – The law of conservation of a diversification of a population is formalized and the variational principle of a trajectory of his regeneration is offered. Original between the determined proteins of tissues of compatibility and system of a self-regulation of a diversification it is possible to count set of scents the individuals merged in a population in uniform integrity – a Gestalt introducing a complex mode of habitual population medium.

Key words: the population, individuals, proteins of histocompatibility.

М.М. Сухомлин

**КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ СУМІСНОСТІ ВИЩИХ
БАЗИДИОМЦЕТІВ, ЯК СКЛАДОВА ПОПУЛЯЦІЙНОЇ МІКОЛОГІЇ***Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46*

Сухомлин М.М. Комплексний підхід до вивчення сумісності вищих базидіоміцетів, як складова популяційної мікології. – З позицій ієрархічного континуалізму, на підставі всебічного вивчення статевої, вегетативної сумісності й інтерстерильності розглянута структура організменого та популяційного рівня вищих базидіальних грибів. Проведений аналіз дав можливість виділити систему внутрішньовидових екологічних груп подібних до екологічних груп для виду у рослин.

Ключові слова: статева несумісність, соматична сумісність, інтерстерильність, популяція, клон.

На популяційно-видовому рівні організації життя найбільш суттєве значення мають такі типи і форми взаємовідносин організмів і видових популяцій між собою і з оточуючим середовищем, що забезпечують відтворення виду, збільшення його особин, розвиток і перетворення виду, тобто зміну поколінь. Важливе значення мають відносини між особинами різної статі.

Дослідження соматичної та статевої сумісності проводяться досить широко і знаходять застосування для вирішення проблем, які пов'язані із питаннями життєвого циклу, видоутворення, амфіталізму, швидкості еволюції різних ознак [3].

Говорячи про сумісність у вищих базидіальних грибів, треба відрізнити три окремі її прояви, що тісно пов'язані між собою (статева несумісність, соматична або вегетативна несумісність та інтерстерильність).

Функція *статевої несумісності*, яка є несумісністю при схрещуваннях між ядрами, що несуть ідентичні алелі в локусах типу спарювання, полягає у запобіганні формуванню вторинного міцелію (звичайно, дикаріону) і наступній репродукції. Саме з вивчення системи сумісності починається вивчення статевого життя певного виду, яке включає пошук і відбір монокаріотичних культур, спроби цілеспрямованого отримання дикаріонів, пошук тестерів для подальших схрещувань.

Внаслідок інтенсивного вивчення регуляції процесів морфогенезу та статевої репродукції факторами несумісності накопичена певна інформація щодо генетичної структури та організації цих факторів у окремих видів грибів [15, 18].

Соматична або вегетативна несумісність є відторгнення генетично неподібних, частіше за все вторинних міцеліїв. Вона підтримує індивідуальність схрещених міцеліїв і перешкоджає генетичному обміну. Вегетативна сумісність контролюється великою кількістю локусів [17] і для повної сумісності штамів необхідна їх гомоалельність. Хоча гени статевої і вегетативної несумісності у більшості випадків картуються в різних ділянках, між подіями, що вони контролюють, досить часто спостерігаються різні, часом еволюційно значущі зв'язки [2]. Різноплановий підхід до вивчення соматичної несумісності (вегетативна сумісність на рівні гетеро- та монокаріонів різного статевого статусу, трансплантація плодових тіл, міжвидові відносини) дозволив нам визначити особливості цього процесу у вищих базидіоміцетів. Так, встановлена роль не тільки дикаріотичного, а і гетерокаріотичного міцелію у дикаріотизації монокаріонів. Вивчення взаємодії гетерокаріотичного та монокаріотичного міцелію *in vitro* допомогли в оцінці можливої динаміки розвитку грибів у природних умовах [15].

Інтерстерильність відрізняється від соматичної сумісності за функцією, оскільки вона обмежує потік генів між симпатричними популяціями. У вищих грибів відомо декілька прикладів, в яких чіткі морфологічні або екологічні розходження ідуть попереду повного або часткового сексуального бар'єра. Систематичні одиниці, що утворюються в результаті цього, названі інтерстерильними групами або сиблінговими видами. Інтерстерильні групи описані, наприклад, у *Fomitopsis pinicola*, *Hirschioporus abietinus*. В Україні нами виявлено поки що

тільки два види, які складаються з повноцінних інтерстерильних груп або містять окремі штами, які не схрещуються з іншими: *Heterobasidion annosum* та *Flammulina velutipes* [15].

Експерименти з вивченням сумісності в останні роки отримали новий погляд у дослідженнях популяційної структури базидіальних грибів, оскільки популяційний підхід широко застосовується в процесі різноманітних досліджень [12, 21].

Комплексне вивчення характеру співвідношень між біосистемами усіх трьох рівнів організації: організменого, популяційного і ценотичного надасть можливість висвітлити аспекти організації грибних угруповань. Така послідовність біосистем відображає ієрархію включення, коли кожна попередня біосистема є елементом наступної. Ієрархічний підхід до вивчення екології грибів здійснювався, насамперед, у системі рівня ценозу. Малодослідженим залишається популяційний рівень. Тому саме цьому рівню ми приділимо особливу увагу.

Популяція, як сукупність організмів, являє собою біосистему, що складається з дискретних і взаємозамінних елементів [8]. Вона існує завдяки безперервному потоку (кругообігу) поколінь індивідів і є сукупністю систем, що змінюються і взаємодіють, характеризуючись при цьому частотами генів. Механізми інтеграції популяцій принципово інші у порівнянні з біосистемами організменого рівня. Вони характеризуються відсутністю чіткої централізації.

При спробі популяційного аналізу даних, які стосуються вищих базидіальних грибів, оцінка результатів фактично відбувається за параметрами, що запозичені з робіт, присвяченим судинним рослинам [5]. Основні положення, підходи і методи популяційної біології можуть бути використані і при дослідженні вищих грибів, однак їх генетичні особливості докорінно відрізняються від судинних рослин, а саме вони обумовлюють розповсюдження грибів.

Ми поставили за мету розглянути з позицій ієрархічного континуалізму структурну організацію організменого та популяційного рівнів вищих базидіоміцетів.

Структурні і функціональні особливості грибного організму накладають свій відбиток на їх популяційні властивості. Специфіка грибного організму, як біосистеми, більше, ніж у рослин, полягає у здатності індивідуума виявляти деякі властивості популяційних систем. І, якщо у багатьох рослин окремі модулі (листя, пагони) мають здатність до самостійного існування в результаті вегетативного розмноження, то у грибів практично всі частини організму характеризуються такими властивостями. Тому для грибів, ще в більшій мірі ніж для рослин, можуть застосовуватися такі популяційні ознаки, як чисельність, співвідношення елементів за віком і статевим статусом. Виникає необхідність у створенні такої системи, яка б дала змогу оцінити взаємовідносини і підпорядкування її елементів на рівні виду або популяції у грибів. Проблема полягає у тому, як оцінити або описати такі елементи. Є декілька способів отримати таку інформацію, однак генетико-популяційні дослідження дозволяють точніше і глибше оцінити взаємозв'язок популяції грибів з оточуючим середовищем, глибше пізнати причини та механізми змін, що відбуваються в період розмноження і росту, і відповідно, наблизити популяційну генетику до етапу ґрунтового синтезу і прогнозу. Така направленість координується з завданнями і підходами виконаної експериментальної роботи. Проте і сам генетичний підхід неодмінно потребує визначення популяційної ієрархії грибних угруповань.

Використання популяційного підходу в різних сферах досліджень призвело до появи неоднакового трактування терміна "популяція" [9, 11]. Популяцією називають групу особин одного виду, які займають певну територію, через яку проходить безперервний потік генів. Труднощі, щодо використання такого визначення, пов'язані із складністю застосування терміна "особина" стосовно грибів, особливо міцеліальних, а тим більше базидіальних. Ю.Т. Дьяков [7] вважає, що особиною, ідентичною до особини вищих організмів, у вищих базидіоміцетів можна вважати лише багаторічний міцелій із плодовими тілами. В генетико-популяційних дослідженнях ще використовують термін "генета". Генета є результатом гібридизації і наступного вегетативного розмноження. Досить часто застосовують термін

“клон”. Клон – генетично однорідні нащадки особин, що розмножуються вегетативно, або безстатевим шляхом [16]. Генетична ідентичність об’єднує всі частини одного індивідуума.

Популяцію грибів можна визначити як пул індивідуумів, з яких буде створена наступна генерація, а також як просторово-термінове угруповання, алельні частоти в якому відносно однорідні і відрізняються від алельних частот інших угруповань [25]. Природні популяції базидіоміцетів являють собою мозаїки генетично ізольованих у вегетативній фазі генет, індивідуальність яких забезпечується вегетативною несумісністю – нездатністю формувати гетерокаріони внаслідок відсутності анастомозів. Внаслідок широкого розповсюдження в грибних популяціях генів гетерогенної несумісності анастомозуючі клітини двох штамів гриба гинуть, обмежуючи взаємну міграцію органел та метаболітів. Індивідууми, що мають спільні гени вегетативної сумісності, здатні обмінюватися генетичною інформацією й утворюють групи вегетативної сумісності (vc-групи), які еволюціонують у безстатевій фазі, незалежно одна від одної [7]. Більшість таких грибів мають мультиалельні локуси спарювання, які сприяють аутбридингу, отже, дають можливість припускати існування у них панмікських менделівських популяцій. Особливий інтерес становить дослідження саме менделівських (генетичних) популяцій і вивчення внутрішньовидової мінливості популяцій за властивостями їх генофондів з еволюційної точки зору [20, 23].

Однак про повну відсутність потоку генів говорити не можна, оскільки гени вегетативної сумісності не перешкоджають статевому процесу. Наші дослідження показали, що гени вегетативної сумісності не впливають на поведінку первинного міцелію (гомокаріотичного міцелію) [15]. Проте можна говорити про вплив міграційної здатності грибних спор на розміри і на структуру популяцій. Між тим якщо статева структура популяції свідчить про можливість безперервних генетичних обмінів між vc-групами, то відсутність рекомбінантних спектрів малатдегідрогенази вказує на відсутність таких обмінів [7]. Припускається можливість домінування інбридингу при статевому розмноженні або відсутності суттєвої ролі статевого розмноження і домінування вегетативного міцелію у зараженні субстрату. Можливо відбувається втрата визначальної ролі статевого розмноження у вищих грибів і визнається можливим вважати таку втрату характерною рисою грибів, як екологічно єдиної групи організмів [24].

З генетико-еволюційних позицій популяцію грибів можна визначити як пул індивідуумів, які складатимуть наступну генерацію, а з генетико-композиційних – просторово-часове угруповання, алельні частоти в якому відносно однорідні і відрізняються від алельних частот інших угруповань [25].

У грибів клонове розмноження робить внутрішньопопуляційні відмінності порівняними з міжпопуляційними, хоча у вищих організмів внутрішньопопуляційне різноманіття значно нижче, ніж міжпопуляційне. У зв’язку з цим закономірною є думка, що елементарною еволюційною одиницею у них стає не популяція, а клон. Саме клональні особливості популяційної структури грибів відіграють основну роль у внутрішньовидовій та внутрішньопопуляційній дивергенції так званих морфологічних видів. Однак клональна популяція мікробних організмів не ідентична до такої у вищих грибів, оскільки вона не укладається у вимоги панміксії [10].

Рівень генетичної варіабельності популяції залежить від системи схрещування, мутаційних і рекомбінаційних процесів, а також від потоку генів між популяціями та географічного розподілення.

У змішаних популяціях, що складаються з багатьох генет, один із клонів завдяки будь-якій мутації, змін умов існування або міграції в нове місце, отримує еволюційні переваги внаслідок більш швидкого розмноження і витискає інші генети. У подальшому такі групи внаслідок появи мутацій самонесумісності можуть розпадатися на нові клони або генети (vc-групи) з приблизно однаковою пристосованістю і формувати мозаїчні популяції до нового циклу швидкого розмноження будь-якого клону [22]. Повторність таких процесів може призводити до утворення нових видів, які майже не відрізняються за морфологією, так звані інтерстерильні групи, або види-двійники. За подібною структурою інтеграція клонів у вид

здійснюється лише внаслідок спільності походження (високого ступеня схожості геномів), що призводить до спільності адаптацій (норми реакцій на оточуюче середовище) [7, 19].

На наш погляд, правомірно розглядати вид у вищих базидіальних грибів відповідно до виду фітопатогенних грибів, котрий визначив Н.І. Вавілов [6], як "складну рухому морфофізіологічну систему, яка пов'язана у своєму генезисі з певним середовищем і ареалом". Крім того, вид включає сукупність супідрядних внутрішньовидових категорій. Так, популяції можуть бути розчленовані на достатньо чітко визначені у просторі і часі структурні елементи. Зроблений аналіз дає змогу визначити систему внутрішньовидових генетико-екологічних груп на зразок виділених екологічних груп для виду рослин (рис. 1).

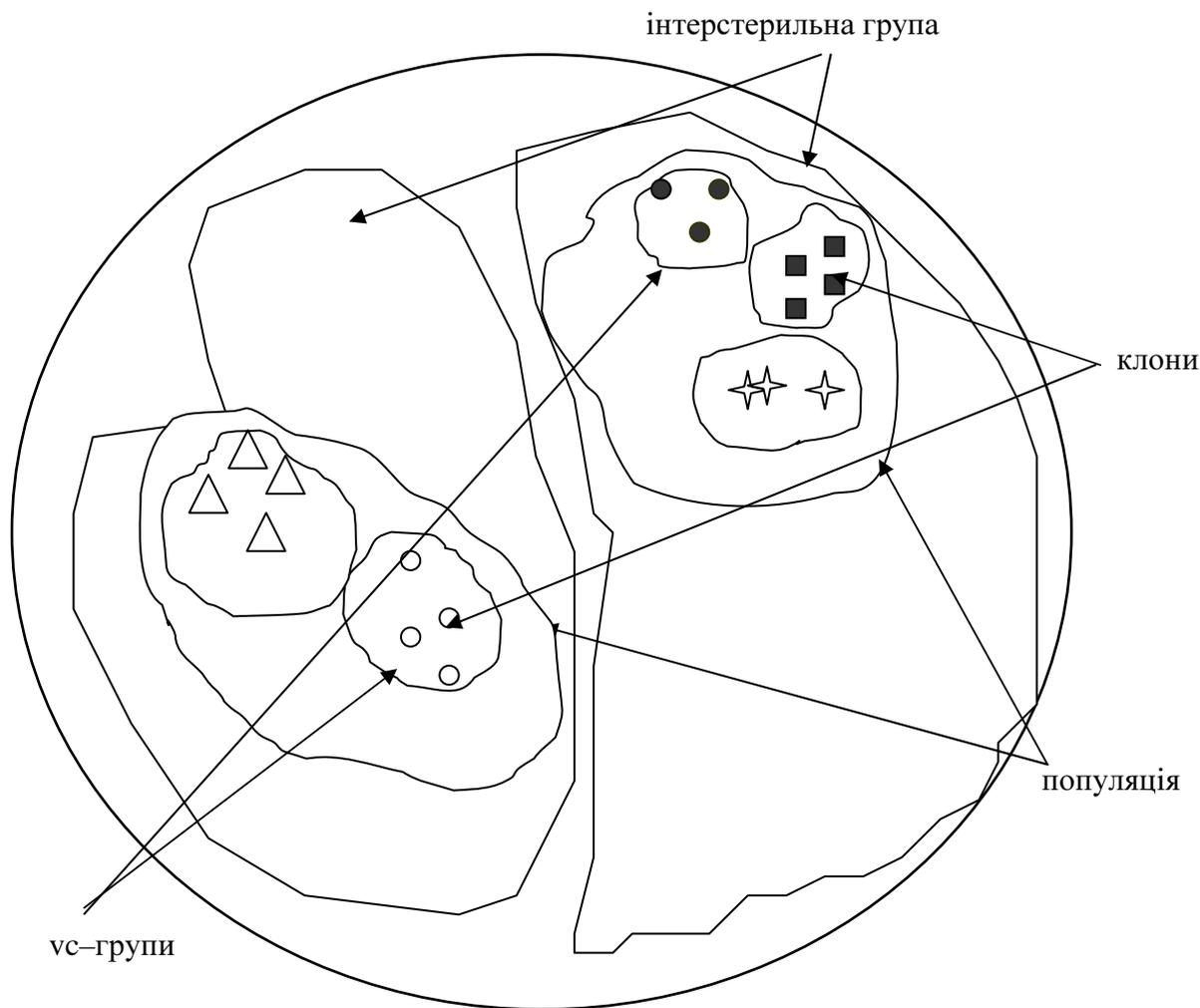


Рис. 1. Структура виду базидіоміцетів

Наведена система структурної організації внутрішньовидових генетико-екологічних підрозділів для вищих базидіоміцетів розроблена як результат потреби класифікації біохорологічних одиниць на рівні популяцій. Розроблені нами підходи до розгляду структурних елементів грибних популяцій дають можливість проводити таксономічні дослідження на популяційному рівні, тобто з урахуванням природної внутрішньопопуляційної різноманітності.

Теоретичне значення даних, які отримані у процесі генетико-популяційних досліджень, пояснюється їх важливістю для вирішення проблем філогенетичних зв'язків, пізнання структури виду і мікроеволюції у базидіоміцетів. Прогрес у захисті рослин буде безперечно

залежати від подальшого розширення генетичних досліджень популяцій грибів. Визначення ролі гетерокаріозу, соматичної гібридизації та мутацій у такому ракурсі стає все більш необхідним не тільки для удосконалення класифікації грибів і встановлення їх філогенетичних зв'язків, а і для розвитку теоретичних основ прогнозування, імунітету і взагалі для фітопатології в цілому.

Методи популяційної генетики незамінні для вивчення внутрішньовидових відмінностей базидіоміцетів [3], розподілу і обміну їх генотипу в природних популяціях, що було продемонстровано нами на прикладі аналізу популяцій *Flammulina velutipes*, *Heterobasidion annosum* та *Oudemansiella mucida*. Були досліджені не тільки внутрішньовидові, але і міжвидові взаємовідносини.

Один з рівнів організації біологічних систем, на якому протікають еволюційні процеси, – це мікроеволюційний рівень, у межах якого інформація передається через генетичний канал. Розмноження вегетативним і генеративним шляхом, розповсюдження і міграцію особин або їх частин відносять до групи факторів, що необхідні для запуску еволюційного процесу, які виконують функцію внесення в систему нового еволюційного матеріалу [26]. Однак концепції інбридингу, аутбридингу, індивідууму і гетерокаріозису, а також розробка теорії видоутворення та конструювання схем поширення видів має базуватися на комплексних дослідженнях, які враховують як використання лабораторних експериментів, так і спостереження у природних популяціях [13].

Проведений аналіз не вичерпує усіх проблем, що виникають при спробі оцінити функціонування систем сумісності й їх вплив на популяції вищих базидіоміцетів. У межах цієї роботи він може розглядатися, як спроба з'ясувати основні прояви генетичних взаємодій і їх зв'язки із структурною організацією популяцій. Гриби розглядаються як структури ценотичного рівня, що володіють ознаками стратегічного, тобто цілком визнано направлено функціонування. Визнається існування у грибів адаптивної стратегії, стратегії формування просторової структури, макро- і мікроструктур грибних угруповань [1, 14].

Проблема популяції має не тільки загальні, а і напрями, що пов'язані з існуванням певної специфіки популяцій різних груп організмів [4]. Тому, в межах популяційної біології, поряд з загальними напрямками, іде відмежування окремих розділів, серед яких можна визначити і популяційну мікологію.

Серед завдань, рішення яких сприятиме розвитку популяційної мікології, можна визначити першочергові, які є найбільш актуальними: 1) накопиченні фактичних даних щодо популяцій окремих видів грибів, їх узагальнення і аналіз у світі основних положень популяційної біології; 2) розвиток методологічних підходів; 3) вдосконалення теоретичних засад популяційної мікології; 4) розробка принципів застосування даних популяційної мікології для вирішення прикладних завдань.

Список літератури

1. Арефьев С.П., Мухин В.А. Структурно-функциональная организация ценоценоз ксилотрофных базидиомицетов // Тез. докл. IV Межд. конф. "Проблемы лесн. фитопатол. и микол.". – М., 1997. – С. 7-9.
2. Багирова С.Ф., Дьяков Ю.Т. Взаимовлияние систем половой и вегетативной несовместимости у грибов // Генетика. – 1993. – Т. 29, № 10. – С. 1589-1596.
3. Белова Н.В., Псурцева Н.В., Мнухина А.Я., Алехина И.А. Современные направления экспериментального исследования базидиомицетов // Микол. и фитопатол. – 1997. – Т. 31, вып. 1. – С. 64-75.
4. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. – 477 с.
5. Бондарцева М.А., Свищ Л.Г., Балтаева Г.М. Некоторые закономерности распространения трутовых дереворазрушающих грибов // Микол. и фитопатол. – 1992. – Т. 26, вып. 6. – С. 442-447.

6. *Вавилов Н.И.* Линеевский вид как система // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – 1931. – Т. 26, вып. 3. – С. 1-32.
7. *Дьяков Ю.Т.* Популяционная биология фитопатогенных грибов. – М.: ИД "Муравей", 1998. – 384 с.
8. *Заугольнова Л.Б.* Современные представления о структуре растительного покрова: концепция иерархического континуума // Успехи совр. биологии. – 1999. – Т. 119, № 2. – С. 115-127.
9. *Ипатов В.С., Кирикова Л.А.* Фитоценология. – СПб.: Изд-во С. Петербург. ун-та, 1999. – 316 с.
10. *Левитин М.М.* Генетические основы изменчивости фитопатогенных грибов. – Л.: Агропромиздат, 1986. – С. 186-208.
11. *Левитин М.М., Федорова И.В.* Генетика фитопатогенных грибов. – Л.: Наука, 1972. – 215 с.
12. *Радзиевская М.Г.* Проблема определения вида и структура популяции высших базидиальных грибов // Успехи совр. биологии. – 1987. – Т. 103, № 2. – С. 271-286.
13. *Радзиевская М.Г., Бобко И.Н.* Темные зональные линии в древесине. I. Образование линий *Armillaria mellea* (Vahl.: Fr.) P. Karst // Микол. и фитопатол. – 1985. – Т. 19, вып. 3. – С. 214-220.
14. *Стороженко В.Г.* Некоторые аспекты стратегии формирования грибных сообществ в лесных экосистемах // Тез. докл. IV Межд. конф. "Проблемы лесн. фитопатол. и микол.". – М., 1997. – С. 4-6.
15. *Сухомлин М.М.* Проблема сумісності у вищих базидіоміцетів (фізіологічні, екологічні, морфологічні аспекти): Автореф. дис. ... докт. біол. наук: 03.00.21 / Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного. – К., 2003. – 38 с.
16. *Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В., Брайон А.П.* Словарь-справочник по экологии. – К.: Наук. думка, 1994. – С. 667.
17. *Anagnastakis S.L.* The micelial biology of *Endothia parasitica*. 2. Vegetative compatibility // Ecology and physiology of fungal mycelium. – Cambridge. – 1984. – P.367-382.
18. *Boidin J.* Repertoire des donnees utiles pour effectuer les tests d'intercompatibilire chez les Basidiomycetes VI. – Aphylophorales non porees (premier supplement) // Cryptogamie Mycol. – 1990. – Vol. 11, № 3. – P. 175-188.
19. *Brasier C.M.* The dynamics of fungal speciation. In Evolutionary Biology of the Fungi (ed. A.D.M. Rayner, C.M. Brasier & D. Moore) / Cambridge University Press. – 2001. – P.231-260.
20. *Brown J.K.M.* The evolution of sex and recombination in fungi. In: Worraall J.J. (ed.), Structure and Dynamics of Fungal Populations. Population and Community Biology series 25. – Dordrecht, etc.: Kluwer Academic. – 1999. – P.73-95.
21. *Gryta H., Debaud J-C., Marmeisse R.* Population dynamics of the symbiotic mushroom *Hebeloma cylindrosporum*: Mycelial persistence and inbreeding // Heredity. – 2000. – Vol. 84, № 3. – P. 294-302.
22. *Hattori T., Abe Y., Usugi T.* Distribution of clones of *Phellinus noxius* in a windbreak on Ishigaki Island // Eur. J. For. Path. – 1996. – 26. – P. 69-80.
23. *Holmer L., Nitare L., Stenlid J.* Population structure and decay pattern of *Phellinus tremulae* in *Populus tremula* as determined by somatic incompatibility // Canad. J. Bot. – 1994. – Vol. 72, № 12. – P. 1391-1396.
24. *Malik M., Vilgalys R.* Somatic incompatibility in fungi // Structure and Dynamics of Fungal Populations. Population and Community Biology series 25. – Dordrecht, etc.: Kluwer Academic. – 1999. – P.123-138.
25. *Milgroom M.G., Fry W.E.* Contributions of population genetics to plant disease epidemiology and management // Adv. In Botany Res. – 1997. – № 24. – P.1-30.
26. *Moss M.O.* Fungi survival and dispersal // Quekett J. Microsc. – 1998. – Vol. 38, № 2. – P. 90-101.

Сухомлин М.Н. Комплексный подход к изучению совместимости высших базидиомицетов, как составная часть популяционной микологии. – С позиций иерархического континуализма, на основании всестороннего изучения половой, вегетативной совместимости и интерстерильности рассмотрена структура организменного и популяционного уровня высших базидиальных грибов. Проведенный анализ дал возможность выделить систему внутривидовых экологических групп наподобие выделенных экологических групп для вида растений.

Ключевые слова: половая несовместимость, соматическая совместимость, интерстерильность, популяция, клон.

Sukhomlyn M.M. The complex approach to studying compatibility higher basidiomycetes, as a component of population mycology. – From positions of hierarchical continualism, on the basis of all-round studying sexual, vegetative compatibility and intersterility the structure of individuals and populational levels of higher basidiomycetes is considered. The spent analysis has enabled to allocate system intraspecific ecological groups like the allocated ecological groups for a species of plants.

Key words: sexual incompatibility, vegetative compatibility, intersterility, population, clone.

УДК 581.5 : 911.2 : 549.25/.28 : 581.4 : 581.15 (477.60)

О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Титов, А.І. Сафонов
ДОСВІД ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ АНТРОПОГЕННО
ТРАНСФОРМОВАНИХ ЕКОТОПІВ

*Донецький національний університет; 83055, м. Донецьк, вул. Щорса, 46,
e-mail: safonov@dongu.donetsk.ua*

Глухов О.З., Хижняк Н.А., Титов А.І., Сафонов А.І. Досвід оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів. – Використано візуалізоване порівняння картосхем за показниками атипової мінливості пілкових зерен дикорослих трав'янистих рослин зі специфікою розподілення токсичного елементу на площині.

Ключові слова: фітоіндикація, моніторинг, важкі метали, пілок.

Вступ

В Україні до регіонів з найбільшим техногенним навантаженням, де в першу чергу необхідно створити пункти спостереження та проведення моніторингу ґрунтів, належить територія Донецької області [1]. Серед біологічних методів оцінки стану довкілля використання індикаційних можливостей рослин набуває особливого значення та має певні переваги на відміну від різноманітних інструментальних технічних методів [2-6]. Найбільш небезпечними у порівнянні з іншими токсикантами природного та техногенного походження є важкі метали [7]. Тому заслуговує на увагу питання про застосування фітоіндикаторів для визначення забруднення навколишнього природного середовища важкими металами [4].

Мета роботи – на основі аналізу джерел інформації та експериментальних результатів запропонувати адекватний та перспективний для подальшого впровадження спосіб фітоіндикаційного моніторингу антропогенно трансформованих ґрунтів південного сходу України.

Аналіз наявних способів фітотестування техногенного середовища. Більшість робіт з фітоіндикації присвячено визначенню (індикації) природних режимів та явищ геоботанічними методами в межах багатьох напрямків синфітоіндикації [2, 3, 8], тоді як дані щодо структурного аналізу рослин у природних геохімічно контрастних умовах з метою діагностики та встановлення специфіки металонавантаження на ґрунти майже відсутні. Уривчасті свідчення про реакції рослин на техногенне забруднення середовища не дозволяють у повному обсязі виявити дискретний вплив токсичного компоненту на певні структурно-функціональні зміни видів рослин з широкою екологічною амплітудою [9]. Питання зміни будови індикаторних видів металотолерантних рослин не досліджені для промвузлів Донецької області: досі не з'ясовані можливості та інформативність структурної фітоіндикації металопресингу; не розроблені та регіонально не апробовані конкретні локальні методологічні підходи та способи встановлення залежності в системі “рослина – техногенне середовище”. Відомі способи біоіндикації мутагенів у ґрунтах районів з посиленням антропопресингом, використання яких дозволяє за зміною якості пілку індикаторних видів рослин визначати ступінь забруднення ґрунтів пестицидами [10]; також за зміною рослинних компонентів будови проводять гігієнічну оцінку мутагенного потенціалу промислових викидів [11]. Є спосіб визначення мутагенного ефекту факторів середовища за допомогою ідентифікації індукованих пестицидами аномалій ембріонального розвитку рослин [12]. Існує спосіб визначення інтегрального ефекту впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища, який оснований на здатності мутагенів підвищувати ступінь дефектності пілку (СДП) трав'янистих рослин природної флори внаслідок порушення процесів мейозу при формуванні пілкових зерен. Для індикації мутагенів ґрунту цим способом можуть бути використані тільки ті рослини, які розмножуються статевим шляхом та при оптимальних умовах існування мають мінімальну кількість дефектного пілку

[13]. Існує спосіб визначення ділянок забруднення оточуючого середовища [14], де здійснюють відбір зразків гумусового шару ґрунтів, їх аналіз валового вмісту важких металів та додатково проводять відбір зразків виду рослини, що здебільшого притаманна для території досліду, також визначають концентрацію хлорофілу у рослинах. У способі пошуку корисних копалин та екологічних забруднень [15], що містить відбір пошукового зразку, відокремлення фракції для аналізу, проводять оцінку спрямованості пошуку рудного тіла або екологічного забруднення за пошуковими індикаторними ознаками, які отримані в результаті дослідження фракцій. Спосіб визначення техногенного забруднення ґрунтів нікелем, міддю, цинком та свинцем [16] оснований на доборі зразків ґрунтів, проведенні із них 0,1 або 1N солянокислої витяжки, та, якщо концентрація металів перебільшує гранично припустимі значення, свідчать про наявність техногенного забруднення ґрунту. Спосіб диференціювання пилку, якій містить принцип фракціонування палиносировини у повітряному просторі, де додатково впливають спрямованим горизонтальним рухом. У якості тест-рослин для визначення загальної токсичності ґрунтів використовують представників родини ряскових [18]. Також відомий спосіб визначення віддалених та безпосередніх наслідків впливу факторів середовища, зокрема важких металів [19], де використовують в якості тест-системи частоту та спектр аномалій для вже сформованого зародкового апарату, а саме гістогенна редукція ендосперму, розширення шару епідермісу зародку, розростання гіалінової оболонки, анізокотилія, тератологічна полікотилія та тератологічна схізокотилія, цілковите зменшення зародку, гемітрикотилія, гемітетракотилія, складання ендотести з палисадного шару близьких до кубічних клітин, за якими визначають ступінь генотоксичності мутагенних факторів середовища в тому числі важких металів та проводять елементний аналіз специфіки впливу окремих металів. При цьому найбільш інформативними показниками є гістогенна редукція ендосперму (ГРЕ), розширення шару епідермісу зародка (РШЕЗ), розростання гіалінової оболонки (РГО), анізокотилія (А), тератологічна полікотилія (ТП) та тератологічна схізокотилія (ТС). Крім того є спосіб визначення локального ефекту токсичного впливу важких металів [20], який містить аналіз палинологічного матеріалу за показником ступеня дефектності пилку рослини-індикатора та свідчення за даними обліку й статистичної обробки про наявність трансформуючого ефекту, де використовують в якості тест-системи індекс за розробленою 10-бальною шкалою для морфоструктурних елементів пилку та за цим індексом визначають ступінь та специфіку забруднення ґрунтів важкими металами.

Матеріали та методи досліджень

Найбільш близькими за технічною сутністю і досягненням результату є запропоновані заходи проведення фітоіндикаційного моніторингу техногенно трансформованих екотопів, де для проведення біотестування забруднення ґрунтів на прикладі північних промислових вузлів Донецької області розглядаються загальні принципи та основи проведення фітоіндикаційної оцінки. Для складання баз даних стану середовища та аналогічного збору інформації було закладено 302-компонентну 2-рівневу індикаторну моніторингову сітку, впроваджений картографічний метод 10-бальних шкал варіації та стандартизація структурної пластичності рослин, встановлені критерії оцінювання підрядності структур рослин фактору забруднення на прикладі впливу ранжованих рівнів важких металів на показники анізокотилії, тератологічної схізокотилії, дисиметричного поліморфізму, гетерорамії та матрикальної гетероспермії *Cichorium intybus* L.; також наведені принципи побудови шкал індикації для окремих випадків та картосхематичної візуалізації площинного розподілення даних забруднення [21]. Недоліками цього способу є складна система кореляційно-обчислювального апарату, що затримує процес швидкої діагностики екотоксичного стану навколишнього середовища; також цей спосіб спрямовано здебільшого на оцінку інтегрального ефекту впливу важких металів на рослини.

В основу методу, що пропонується нами у цій серії експерименту, поставлено задачу швидкої експрес-діагностики та тестування забруднення ґрунтів за даними картосхематичної

візуалізації та поліпшення методичних засад оцінки факторів стресу в оточуючому середовищі за допомогою рослини-індикатора із представників природної флори на прикладі *Cichorium intybus* L., де аналізу підлягає не впроваджений раніше показник частоти стрівальності шестигранних полярних стовщень пилку. Поставлену задачу вирішено тим, що спосіб фітоіндикаційної оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів, який містить аналіз структурного поліморфізму рослини-індикатора, побудову індикаторної 10-бальної шкали за діапазоном варіювання інформативної ознаки та формування картосхем за моніторинговою сіткою для ранжованих рівнів забруднення ґрунтів важкими металами, згідно методу застосовано візуалізаційне порівняння картосхем за показником атипової мінливості пилкових зерен дикорослих трав'янистих рослин, а саме показником шестигранного полярного стовщення пилкових зерен (ШПС) *Cichorium intybus* L., зі специфікою площинного розподілення конкретного токсичного елементу, та за результатами збігу ареолів для ранжованих рядів встановлено ступінь відповідності фітоіндикаційної ознаки певному фактору забруднення – токсичному рівню вмісту цинку у ґрунтах. Термінологічний апарат з'ясовано за літературними джерелами [13, 22-25].

Вказаний спосіб фітоіндикаційної оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів було проведено на рослині *Cichorium intybus* L., що вирощували на території промислових майданчиків Артемівського та Костянтинівського районів Донецької області у 302 пробних площах – вузлах локалізації моніторингової сітки, серед яких модельними пробними площами було обрано наступні: СЕРЕБ – сільський населений пункт Серебрянка, долина р. Сіверський Донець (контроль); ЛУГ – населений пункт міського типу Луганське, ділянка степового типу рослинності (контроль); НОВ – сільський населений пункт Новогригорівка, ділянка степового типу рослинності (контроль); ЧАС – Часовярський вогнетривкий комбінат; ПТ – Артемівський машинобудівний завод "Победа труда"; РК – рудеральний комплекс Артемівського центрального звалища сміття; ОКМ – Артемівський завод з обробки кольорових металів; АВТ – автовокзал м. Артемівськ; АСЗ – Артемівський скляний завод; ПВД – рудник виробничого об'єднання "Південний"; КСЗ – Костянтинівський механізований скляний завод; УКЦ – Костянтинівський завод "Укрцинк"; КАВТ – автовокзал м. Костянтинівка.

Методологічною засадою побудови 302-компонентної моніторингової сітки був принцип наявності та відповідності хоча б однієї точки спостереження на кожному 10 км²-просторі; для урбаноландшафтів (де рівень та специфіка забруднення ґрунтів більш різноякісні на відміну від місць неактивної індустріалізації) використовують щільність ділянок спостереження у 1,5-2 рази більшу. На рис. 1 зазначено локалізацію та відповідну нумерацію кожної пробної ділянки на території Артемівського району, на рис. 2 – Костянтинівського району Донецької області, де також позначено територію посиленого та гетерогеннішого за металозабрудненням урбаноландшафту, що частково відповідає промисловим вузлам з центрами у м. Артемівську та м. Костянтинівка.

Результати та обговорення

На кінцеву специфіку локалізації саме пробних ділянок впливає декілька природно-географічних характеристик: це повинні бути рівнинні площі, з однаковим рівнем впливу факторів вологості, температури, освітлення та механічного складу ґрунтів; до того ж, на кожній пробній площі повинен був зустрічатися дослідний вид тест-об'єкту у кількості не менше 30 особин. Тому безпосередньо моніторингова сітка має такий умовно упорядкований характер розташування базових компонентів. Спосіб побудови картосхематичного блоку вже описаний у попередніх публікаціях [21], в даному випадку використовуються не впроваджені раніше показники забруднення Zn коренезаселеного шару ґрунтів (рис. 3) та специфіка площинного розподілення показника частоти стрівальності шестигранних полярних стовщень пилкових зерен *C. intybus* (рис. 4). Раніше нами було досліджено специфіку розподілення важких металів у цих районах [26, 27], але картосхематичний аналіз та методика саме візуалізаційного порівняння запропоновані вперше на цьому зазначеному

прикладі (рис. 3, 4). Дані металонавантаження на середовище принципово збігаються та відповідають відомим роботам у цьому напрямку [28]. Цитологічні дослідження проведено за загальноприйнятими методиками [29-30].



Рис. 1. Пробні площі Артемівського району: 1-173 – локалізація пробних площ

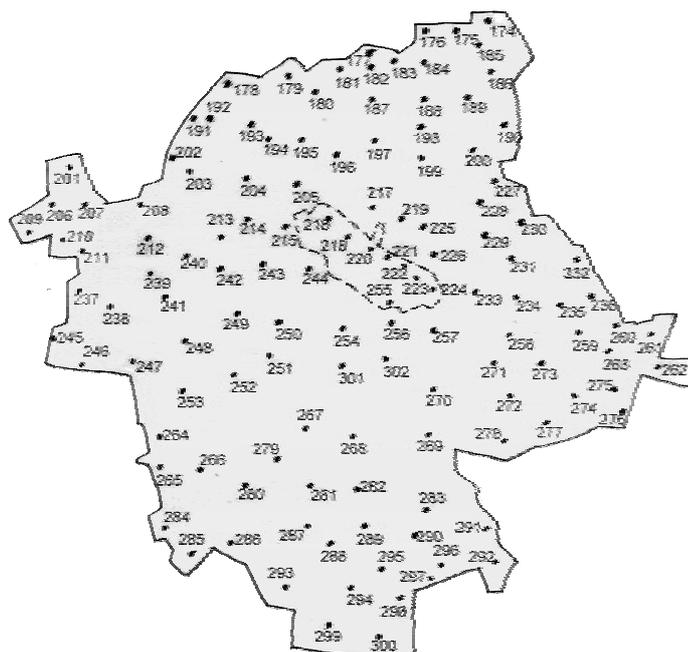


Рис. 2. Пробні площі Костянтинівського району: 174-300 – локалізація пробних площ

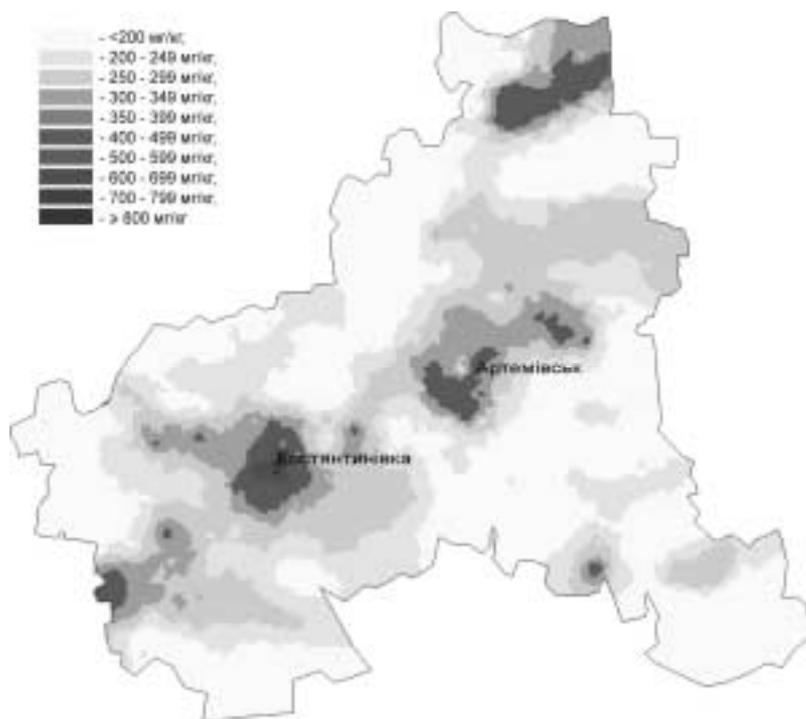


Рис. 3. Специфіка локалізації цинку у коренезаселеному шарі ґрунтів на території Артемівського та Костянтинівського районів

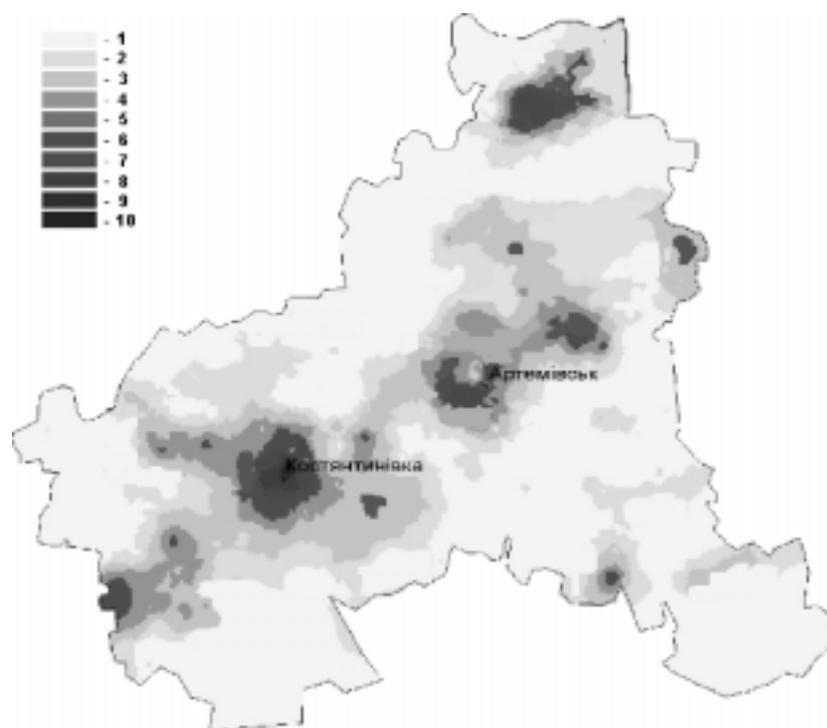


Рис. 4. Картошхематичне зображення розподілу індексів частоти стрівальності шестигранних полярних стовпців (ШПС) пілкових зерен *Cichorium intybus* L., 1-10 – варіанти відповідно до індексів

ШПС – частота стривальності шестигранних полярних стовщень. У нормі [22] пилкові зерна *Cichorium intybus* мають широкі полярні стовщення 3-4 або 6-лопатинні. Аналіз пилку *C. intybus*, зробленого для пробних площ Артемівського та Костянтинівського районів, дозволив засвідчити, що шестигранні полярні стовщення – специфічна ознака у будові пилкових зерен, яка зустрічається здебільшого у місцях з посиленням металонавантаженням на ґрунти. Показник ШПС встановлено як відсоток пилкових зерен з шестигранним полярним стовщенням відносно усїєї вибірки за умов забарвлення метиленовим синім. Використання інших барвників було менш інформативне для цієї серії експерименту.

Ранжовані ряди формували 10-бальну шкалу варіації показника: 1 – <2,00; 2 – 2,00-3,99; 3 – 4,00-5,99; 4 – 6,00-7,99; 5 – 8,00-9,99; 6 – 10,00-11,99; 7 – 12,00-13,99; 8 – 14,00-15,99; 9 – 16,00-17,99; 10 – >18,00.

Територіальне розподілення індексів ШПС відповідає специфіці забруднення ґрунтів цинком. Так, наприклад, високі значення ШПС зареєстровано для пробних площ № 8, 10, 12, 68, 81, 84, 90, 153, 214, 220, 228, 239, 245, 264, 265 (див. рис. 1, 2). Дані за декілька років дозволяють свідчити про деяку незначну динамічну зміну індексів ШПС з часом, що певною мірою може бути пов'язано з зовнішнім фактором. Визначення прямого або опосередкованого чинника можна проводити при візуалізаційному порівнянні. Появу шестигранних полярних стовщень, насамперед, пов'язано з порушенням процесів формування пилкових зерен та потребує подальшого детального вивчення у морфогенетичному аспекті на різних етапах розвитку чоловічого гаметофіту.

Дослідження 1998–2003 рр. довели, що ознака ШПС має суто фенотипічний характер прояву та не спадкується, хоча це не остаточне твердження, відповідає лише для означеного інтервалу часу.

З табл. 1 видно, що мінімальні індекси атипової будови (на прикладі ШПС) майже відповідають контрольним зонам дослідження, за останні роки спостереження показники ШПС суттєво не змінилися, що свідчить про відсутність чіткої тенденції динамічного збільшення загального рівня забруднення цинком техногенних ґрунтів Артемівського та Костянтинівського районів Донецької області. Таким чином, ступінь трансформованості структурних елементів пилку залежить від територіального розташування особин та місця збору рослинного матеріалу.

Таблиця 1

Індекси атипового структурного поліморфізму *Cichorium intybus* L. для показника ШПС за результатами натурного експерименту декількох років спостережень

Пробні площі												
СЕРЕБ	ЛУГ	НОВ	ЧАС	ПТ	РК	ОКМ	АВТ	АСЗ	ПВД	КСЗ	УКЦ	КАВТ
Індекси												
<i>1998 р.</i>												
2	1	2	4	7	7	7	3	3	6	5	10	5
<i>1999 р.</i>												
2	1	1	3	7	7	7	3	3	6	5	10	6
<i>2000 р.</i>												
2	1	1	3	7	6	7	3	2	6	5	10	6
<i>2001 р.</i>												
2	1	1	3	7	6	7	3	2	6	5	10	6
<i>2002 р.</i>												
1	1	1	3	8	6	8	4	3	5	5	10	5
<i>2003 р.</i>												
2	1	1	3	7	7	7	3	3	6	5	10	6

За даними табл. 1 встановлено, що мінімальні індекси атипової будови (на прикладі ШПС) майже відповідають контрольним зонам дослідження, за останні роки спостереження показники ШПС суттєво не змінилися, що свідчить про відсутність чіткої тенденції динамічного збільшення загального рівня забруднення цинком техногенних ґрунтів Артемівського та Костянтинівського районів Донецької області.

Висновки

З метою впровадження існує суттєво велика кількість методів та способів фітоіндикаційної оцінки техногенно трансформованих екотопів, нами обрано адекватну модель – для території впровадження, за природними особливостями та ботанічними характеристиками. За результатами досліджень такий метод апробовано та доведено інформативність його використання на конкретному прикладі при аналізі частоти стрівальності шестигранних полярних стовщень та специфікою забруднення ґрунтів цинком, високий вміст якого впливає на рослини як токсичний елемент. Ступінь трансформованості структурних елементів пилку залежить від територіального розташування особин та місця збору рослинного матеріалу. Позитивний ефект проявляється в тому, що на відміну від відомих запропонованих способів та метод дозволяє швидко проводити біомоніторингові заходи щодо забруднення ґрунтів, оцінювати та прогнозувати рівні вмісту токсикантів у середовищі, а також планувати подальше антропогенне навантаження у регіоні досліджу. Використання способу дозволить більш точно виділяти зони саме цинкового забруднення та вирішувати деякі питання нормування токсичного забруднення середовища.

Список літератури

1. *Жовинский Э.Я., Кураева И.В.* Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – К.: Наук. думка, 2002. – 215 с.
2. *Дідух Я.П.* Методологічні підходи до проблеми фітоіндикації екологічних факторів // Укр. бот. журн. – 1990. – 47, № 6. – С. 5-12.
3. *Дідух Я.П., Плюта П.Г.* Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
4. *Безсонова В.П.* Пасивний моніторинг забруднення середовища важкими металами з використанням трав'яних рослин // Укр. бот. журн. – 1991. – 48, № 2. – С. 77-80.
5. *Корженевский В.В.* Современное состояние и уровни фитоиндикации // Журн. общ. биол. – 1992. – 53, №5. – С. 704-714.
6. *Корчагин А.А., Виноградов Б.В.* Фитоиндикационные исследования в СССР // Бот. журн. – 1967. – 52, № 12. – С. 1840-1846.
7. *Никитин Д.П., Новиков Ю.В.* Окружающая среда и человек. – М.: Высш. школа, 1980. – 422 с.
8. *Викторов С.В., Востокова Е.А.* Основы индикационной геоботаники. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 87 с.
9. *Цаценко Л.В., Филипчук О.Д.* Биоиндикация и "генетический скрининг" загрязнения компонентов агроценоза // Сельскохозяйственная биология. – 1997. – № 5. – С. 33-47.
10. *Нечкина М.А., Журков В.С.* Способ биоиндикации мутагенов почвы // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 48-49.
11. *Журков В.С., Русаков Н.В., Тонкопий Н.И.* Гигиеническая оценка мутагенного потенциала промышленных отходов // Гигиена и санитария. – 1998. – № 4. – С. 30-32.
12. А. с. 1463189 СССР МКИ А 01 G 7/00. Способ определения мутагенного эффекта факторов среды / *Попа Н.Е., Закржевская А.М.* – 1989. – № 9. – С. 12.
13. А. с. 1725785 СССР МКИ А 01 Н 1/00. Способ определения интегрального эффекта неблагоприятных факторов внешней среды / *Нечкина М.А., Куприянов П.Г.* – 1992. – № 14. – С. 10.

14. Пат. 2002132509 RU, МПК G 01 V 9/00. Способ определения участков загрязнения окружающей среды: *Б.А. Колотов, В.В. Демидов, Л.И. Кашина, Л.И. Миначева.* – № 002132509/28; Заявл. 04.12.2002; Оpubл. 10.06.2004. – 2 с.
15. Пат. 2002104117 RU, МПК G 01 N 1/38. Способ поиска полезных ископаемых и экологических загрязнений: *В.Н. Аполицкий, Н.А. Юшко.* – № 2002104117/12; Заявл. 20.02.2002; Оpubл. 27.08.2003. – 5 с.
16. Пат. 2029321 RU, МПК G 01 V 9/00. Способ выявления техногенного загрязнения почв никелем, медью, цинком и свинцом: *Н.И. Розенкова, Б.С. Коган, Т.В. Филиппова, Е.Н. Шаранова.* – № 5040399/25; Заявл. 29.04.1992; Оpubл. 20.02.1995. – 4 с.
17. Способ дифференциации пыльцы. А. с. 1704712 А 1 СССР, МКИ А 01 Н 1/02. / *Н.Р. Берман, В.И. Баранов, С.А. Розенфельд (СССР).* – №4393716/13; Заявл. 18.03.1988; Оpubл. 15.01.1992. – Бюлл. № 2. – 3 с.
18. Пат. 2096781 RU, МПК G 01 N 33/24. Способ оценки загрязнения почв агроландшафта поллютантами: *Н.Г. Малюга, Л.В. Цаценко, Л.Х. Аветяну.* – № 96101755/13; Заявл. 24.01.1999; Оpubл. 20.11.1997. – 4 с.
19. Пат. 53375 А UA, МКИ 7 А01G7/00. Спосіб визначення мутагенного ефекту важких металів: Деклараційний патент на винахід. – *О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.И. Сафонов.* – № 2002053834; Заявл. 10.05.2002; Оpubл. 15.01.2003. – Бюл. № 1. – 3 с.
20. Пат. 64340 А UA, МКИ 7 А01G7/00. Спосіб визначення локального ефекту токсичного впливу важких металів: Деклараційний патент на винахід. – *О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.И. Сафонов.* – № 2003054453; Заявл. 19.05.2003; Оpubл. 16.02.2004. – Бюл. № 2. – 5 с.
21. *Глухов А.З., Сафонов А.И.* Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // *Промышленная ботаника.* – 2002. – № 2. – С. 7-14.
22. *Аскерова Р.К.* Палинология цикориевых (Compositae: Cichorieae). – Баку: Элм, 1987. – 208 с.
23. *Куприянова Л.А., Алёшина Л.А.* Палинологическая терминология покрытосеменных растений. – Л.: Наука, 1967. – 84 с.
24. *Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции* / Под ред. Т.Б. Батыгиной. – Генеративные органы цветка. – СПб.: Мир и семья, 1994. – Т. 1. – 320 с.
25. *Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции* / Под ред. Т.Б. Батыгиной. – Семя. – СПб.: Мир и семья, 1997. – Т. 2. – 823 с.
26. *Сафонов А.И.* Особенности локализации некоторых металлов-токсикантов в почвах северных промышленных узлов Донбасса // *Сб. науч. трудов. "Экологическая и техногенная безопасность".* – Харьков: Изд-во Харьков. ин-та. соц. прогресса., 2000. – С. 131-135.
27. *Сафонов А.И.* Специфика локализации некоторых металлов в почвах северных промышленных узлов Донецкой области // *Проблемы экологии.* – 2003. – № 1. – С. 36-47.
28. *Тимофеев М.И., Александров С.Н., Черепов В.А.* Загрязнение тяжелыми металлами Донецкой области, их судьба в почве, растениях, животных, механизмы действия в биологических объектах. – Донецк: Б. и., 1996. – 75 с.
29. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
30. *Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г.* Основы микроскопических исследований в ботанике. – М.: Наука, 2000. – 128 с.

Глухов А.З., Хижняк Н.А., Титов А.И., Сафонов А.И. Опыт оценки токсичности почвогрунтов антропогенно трансформированных экотопов. – Использовано визуализированное сравнение картосхем по показателям атипичной изменчивости пыльцевых зерен дикорастущих травянистых растений со спецификой плоскостного распределения токсического элемента.

Ключевые слова: фитоиндикация, мониторинг, тяжелые металлы, пыльца.

Glukhov A.Z., Hижnjak N.A., Titov A.I., Safonov A.I. The trial of soil toxicity estimation in anthropogenously transformed ecotopes. – A visualized cartographical and schematic comparison according to the indices of atypical variability of wild growing herbaceous plants' pollen with specificity of surface distribution of a toxic element has been used.

Key words: phytoindication, monitoring, heavy metals, pollen.

Д.Ю. Зайцев¹, Н.Н. Круглова²

СОСТОЯНИЕ МИКРОСПОР В ПЫЛЬНИКАХ ЕЖИ СБОРНОЙ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

¹Башкирский государственный университет; 450074, Россия, г. Уфа, ул. Фрунзе, 32

²Институт биологии Уфимского НЦ РАН; 450054, Россия, г. Уфа, пр. Октября, 69

e-mail: kruglova@anrb.ru

Зайцев Д.Ю., Круглова Н.Н. Состояние микроспор в пыльниках ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в различных экологических условиях. – Методом световой микроскопии проведен цитологический анализ состояния сильновакуолизированных микроспор в пыльниках растений ежи сборной, произрастающих в различных экологических условиях, а именно в лесопарковой зоне и в зоне автотрассы. Выявлена значительная степень дегенерации микроспор (76,1-78,3%) в зоне автотрассы. Сделан вывод о том, что показатель степени дегенерации микроспор может служить биоиндикатором загрязняющего действия автотрассы.

Ключевые слова: ежа сборная, пыльник, микроспора, пыльцевое зерно, автотрасса.

Введение

В настоящее время в связи с высоким уровнем развития автомобильного транспорта особенно актуальным является изучение вопросов воздействия загрязненности атмосферы автомобильными выбросами на растения городской среды.

Особенно чувствительны к действию химических и физических факторов окружающей среды процессы образования и развития микроспор (микроспорогенез) и пыльцевых зерен (микрогаметогенез) в пыльниках [1-8]. Однако, данные по влиянию автомобильных выбросов на формирование и состояние микроспор в отечественной и зарубежной литературе отражены единичными публикациями [9, 10]. Исследование этого вопроса позволяет подойти к пониманию репродуктивной стратегии растений в современных условиях загрязнения урбанистической среды.

Кроме того, далека от окончательного решения и разработка вопроса о возможности использования состояния микроспор для экологической оценки окружающей среды. Симптомами неблагоприятной экологической ситуации обычно считаются хлорозы, некрозы, "ожоги", усыхание побегов растений, т.е. признаки, характерные для всего растения [11-22]. Чувствительность клеток-микроспор (и особенно микроспор в сильно-вакуолизированной фазе развития, характеризующихся наличием крупной вакуоли, занимающей почти весь объем клетки) к действию неблагоприятных факторов среды может способствовать выяснению некоторых механизмов повреждающего действия токсических веществ на клеточном уровне и разработке методов ускоренной диагностики повреждения растений.

Цель данной работы – цитологический анализ состояния сильновакуолизированных микроспор в пыльниках ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.), типичного злака городского ландшафта, в различных условиях токсической нагрузки.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили растения ежи сборной – многолетнего рыхлокустового злака. Исследуемые растения были собраны в течение четырех вегетационных сезонов (2001-2004 гг.) в двух экотопах: 1 – контроль – в экологически чистой лесопарковой зоне (рис. 1); 2 – в зоне городского микрорайона, характеризующейся высокими нагрузками автотранспорта (рис. 2).

В каждом экотопе отбирали по 30 растений в фенологическую фазу, во время которой в пыльниках находятся сильновакуолизированные микроспоры. Отбирали по три колоска из средней части метелки. Из каждого зафиксированного колоска извлекали по три пыльника, принадлежащих одному цветку. Из каждого пыльника готовили временный давленный препарат по общепринятой методике с окрашиванием 4 %-ным ацетокармином [23].

Цитологический анализ полученных препаратов вели с помощью светового микроскопа Jenamed-2 (Carl Zeiss, Jena). Препараты фотографировали с применением цифровой камеры "Olympus C-4000" (Nikon Corporation, Japan).

При фенологических наблюдениях использовали шкалу этапов органогенеза рыхлокустовых многолетних злаков, разработанную Т.И. Серебряковой [24].

При выявлении фазы развития микроспоры использовали периодизацию развития пыльника злаков с соответствующими критериями выделения фаз микроспорогенеза и терминологией, разработанные Н.Н. Кругловой [25, 26].



Рис. 1. Экотоп № 1 – *Dactylis glomerata* L. в лесопарковой зоне



Рис. 2. Экотоп № 2 – *Dactylis glomerata* L. в условиях интенсивного воздействия автотранспорта

Результаты

Состояние сильновакуолизированных микроспор в пыльниках растений ежи сборной, произрастающих в лесопарковой зоне. Сильновакуолизированные микроспоры в пыльниках растений ежи сборной, произрастающих в лесопарковой зоне, как правило, характеризуются нормальной округлой формой, имеют хорошо выраженную оболочку и пору прорастания. Отмечаются лишь единичные случаи нарушения формы микроспор – их линзовидность (рис. 3).

Такие дегенерирующие линзовидные микроспоры в небольшом количестве отмечены практически во всех просмотренных пыльниках ежи сборной этого места произрастания. Общее количество дегенерировавших микроспор по отношению к общему количеству просмотренных микроспор во всех пыльниках растений благоприятной в экологическом отношении лесопарковой зоны составляет 1,5-1,8%.

В целом, морфологический статус сильновакуолизированных микроспор в пыльниках растений ежи сборной в данном случае типичен для злаков [27, 28].

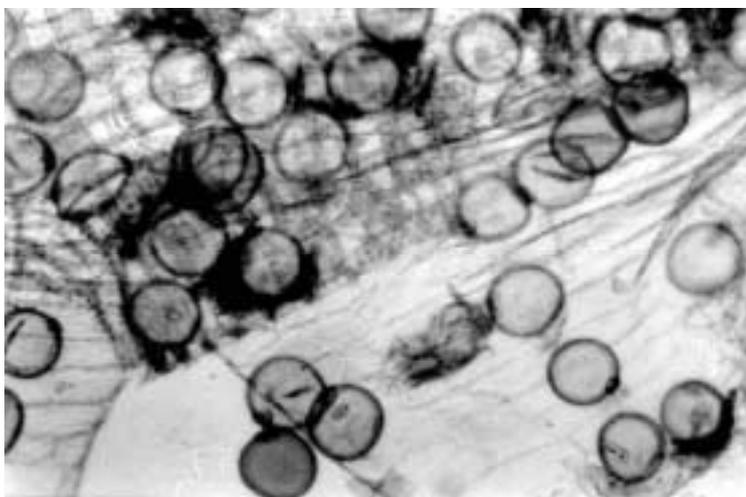


Рис. 3. Временный давленный препарат пыльника *Dactylis glomerata* L., произрастающей в лесопарковой зоне; x 300

Состояние сильновакуолизированных микроспор в пыльниках растений ежи сборной, произрастающих в зоне автотрассы. Часть сильновакуолизированных микроспор в пыльниках ежи сборной, произрастающей в зоне автотрассы, характеризуется нормальной округлой формой, имеет хорошо выраженную оболочку и пору прорастания (рис. 4). Как и в пыльниках растений первого места произрастания, в данном случае также отмечены нарушения формы микроспор в виде их линзовидности (рис. 4), однако в ряде случаев частота встречаемости линзовидных микроспор значительно выше, чем в пыльниках растений экотопа № 1 (рис. 5).

Кроме того, в пыльниках растений этого места произрастания отмечены различные ядерные аномалии в микроспорах: выбросы ядерного материала (рис. 6), формирование многоядерных структур (рис. 7), образование микроядер (рис. 8). Дегенерировавшие микроспоры составляют 76,1-78,3% от общего количества просмотренных микроспор.

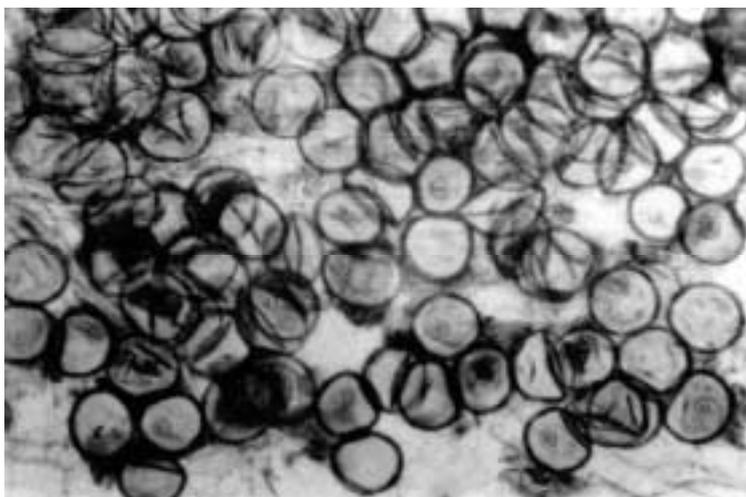


Рис. 4. Временный давленный препарат пыльника *Dactylis glomerata* L., произрастающей в зоне автотрассы; x 300

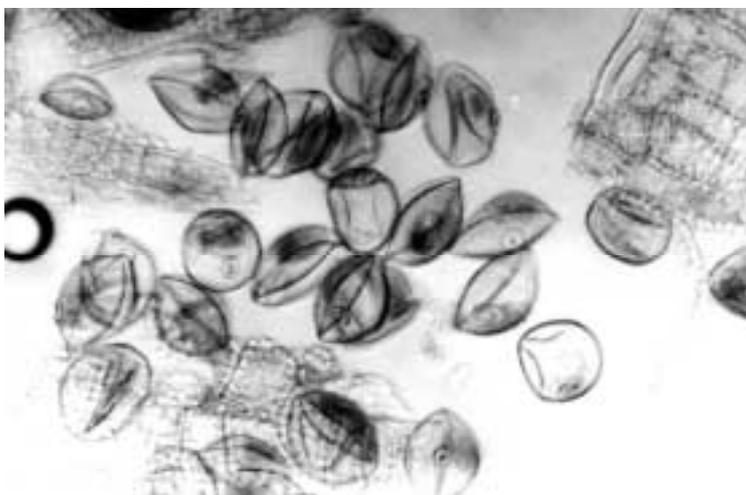


Рис. 5. Линзовидность как аномалия микроспор в пыльнике ежи сборной, произрастающей в зоне автотрассы; x 300

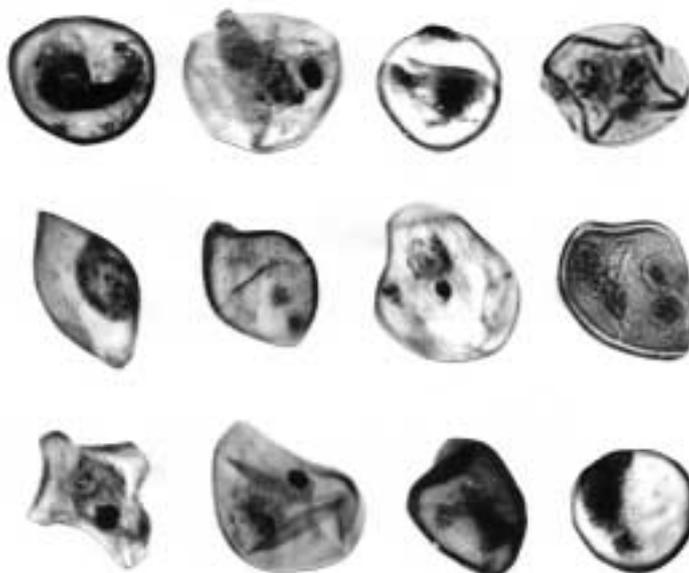


Рис. 6. Выбросы ядерного материала как аномалии микроспор в пыльниках ежи сборной, произрастающей в зоне автотрассы; x 450

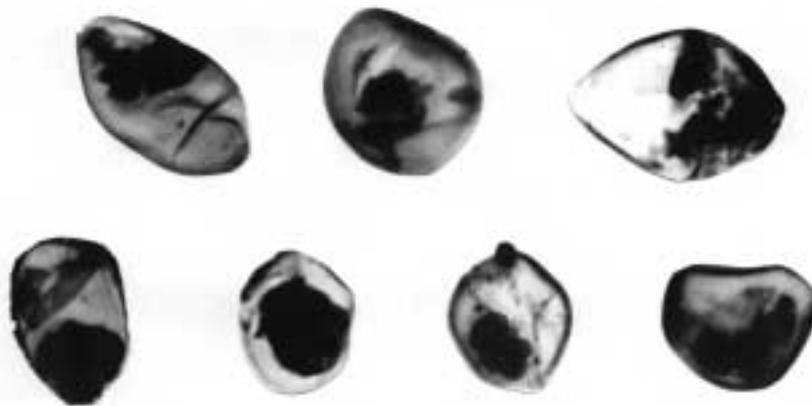


Рис. 7. Многоядерные структуры как аномалии микроспор в пыльниках ежи сборной, произрастающей в зоне автотрассы; x 450

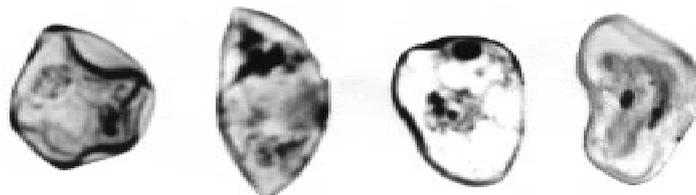


Рис. 8. Микродра как аномалии микроспор в пыльниках ежи сборной, произрастающей в зоне автотрассы; x 450

Обсуждение

Полученные данные цитологического анализа сильновакуолизированных микроспор в пыльниках растений ежи сборной в различных экологических условиях позволяют включиться в обсуждение проблемы дегенерации клеток под действием неблагоприятных абиотических факторов.

Под дегенерацией мы понимаем остановку в развитии и последующую деструкцию клетки [29]. В целом дегенерация пыльцевых зерен может произойти по тем или иным причинам на любом из этапов развития клеток спорогенной ткани пыльника, однако наиболее уязвимы именно сильновакуолизированные микроспоры. Основная причина этого, на наш взгляд, – в структурной организации этой клетки: наличии крупной вакуоли, занимающей практически весь объем микроспоры. Такая структура обуславливает нестабильность клетки и ее подверженность стрессовым воздействиям.

Кроме того, немаловажную роль играет и тот факт, что фаза сильновакуолизированной микроспоры у злаков длительна – до 7 суток [30], и в течение всего этого промежутка времени клетка подвержена стрессовым воздействиям.

Согласно полученным цитологическим данным, нарушения в развитии микроспор, ведущие к их дегенерации, отмечены в пыльниках ежи сборной обоих мест произрастания.

Так, в пыльниках растений, произрастающих в лесопарковой зоне, количество дегенерировавших линзовидных сильновакуолизированных микроспор составляет 1,5-1,8% от общего количества микроспор. Такой процент дегенерации микроспор, согласно классификации, разработанной П.Г. Куприяновым [31], относится к крайне невысокому, которым можно пренебречь.

Количество дегенерировавших сильновакуолизованных микроспор (с нарушениями формы и ядерными аномалиями) в пыльниках растений, произрастающих в зоне автотрассы, составляют 76,1-78,3% от общего количества микроспор. Такой процент дегенерированных микроспор, согласно классификации, разработанной П.Г. Куприяновым [31], относится к высокому.

Равенство остальных параметров (метеорологические условия одного вегетационного сезона, расположение растений в черте одного города, одна и та же фенофаза развития растений, одна и та же фаза развития микроспор) позволяет сделать вывод о том, что именно условия автотрассы могли вызвать массовые нарушения процесса развития микроспор и образование значительного количества дегенерировавших микроспор растений.

Выводы и перспективы исследований

Таким образом, на основании анализа данных цитологического исследования состояния сильновакуолизованных микроспор в пыльниках ежи сборной, произрастающей в условно экологически чистой лесопарковой зоне и в условиях зоны автотрассы с интенсивным движением, можно предположить, что причиной значительной дегенерации сильновакуолизованных микроспор является воздействие автомобильных выбросов.

Показатель степени дегенерации сильновакуолизованных микроспор ежи сборной служит биоиндикатором загрязняющего действия автотрассы, и в целом используется в мониторинге техногенного загрязнения окружающей среды.

Однако для окончательного выяснения этого вопроса необходимо продолжить исследования, в частности провести анализ почвы и воздуха экспериментальных экотопов.

Немаловажное направление будущих исследований состоит и в выявлении клеточных механизмов нарушений микроспорогенеза в пыльниках ежи сборной, произрастающих в зоне автотрассы. Особый интерес в этом плане вызывают мейотические деления микроспороцитов, нарушения которых, по-видимому, и являются причиной появления выявленных аномалий в развитии микроспор, приводящих к дегенерации клеток.

Кроме того, интересно изучить потенциальную и реальную семенную продуктивность у растений ежи сборной, произрастающих в условиях автотрассы, для выяснения так называемой "достаточности опыления" [32]. Действительно, пока не ясно, каким образом сказывается значительная дегенерация микроспор, а значит, и пыльцевых зерен, на семенной продуктивности и репродуктивной стратегии растений, произрастающих в условиях значительных автомобильных выбросов.

Исследование выполнено при поддержке программы "Ведущие научные школы Российской Федерации" (грант № НШ-2148.2003.4).

Список литературы

1. *Негруцкая Г.М., Попов В.А.* Воздействие фитотоксикантов на пыльцу сосны обыкновенной // Тез. докл. III съезда Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н.И. Вавилова. – Л., 1977. – С. 365-366.
2. *Альтергот В.Ф., Мордкович С.С., Фадеева Л.Г.* Тепловые нарушения развития мужского гаметофита у яровой пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. – 1978. – Т. 10. – № 5. – С. 451-456.
3. *Портянко В.Ф., Попившая В.В., Костина А.Б.* Влияние ультрафиолетовой радиации на прорастание и рост пыльцевых трубок // Физиология и биохимия культурных растений. – 1978. – Т. 10. – № 1. – С. 86-92.
4. *Гудкова Т.И.* Физиолого-цитологические исследования причин стерильности пыльцы яровой пшеницы в условиях пониженных температур // Науч. тр. ЛСХИ. – 1980. – Вып. 394. – С. 103-108.
5. *Бессонова В.П.* Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45-50.
6. *Бессонова В.П., Грицай З.В., Юсытыва Т.И.* Использование цитогенетических

- критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30. – № 5. – С. 70-76.
7. Веселова Т.Д., Гревцова Н.А., Джалилова Х.Х. О возможности выявления видов-индикаторов загрязнения окружающей среды на основании анализа состояния мужской генеративной сферы у цветковых растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1996. – Т. 101. – № 4. – С. 69-72.
 8. Рощина В.В., Мельникова Е.В. Хемочувствительность пыльцы к озону и пероксидам // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – № 1. – С. 89-99.
 9. Бондарь Л.М., Частоколенко Л.В. Микроспорогенез как один из возможных биоиндикаторов загрязняющего воздействия автотрассы // Биол. науки. – 1990. – № 5. – С. 79-84.
 10. Desprez B., Chupreau Y., Bourgin J.-P. Preparation and fusion properties of protoplasts from mature pollen of *Nicotiana tabacum* // Plant Cell Repts. – 1995. – V. 14. – № 4. – P. 199-203.
 11. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – К., 1978. – 126 с.
 12. Альтергот В.Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе. – М.: Наука, 1981. – 57 с.
 13. Brown H., Martin M.H. Pretreatment effect of cadmium on the root growth of *Holcus lanatus* L. // New Phytol. – 1981. – V. 89. – № 1. – P. 621-629.
 14. Соболев А.С., Мельничук Ю.П., Калинин Ф.Л. Адаптация растений к ингибирующему действию кадмия // Физиология и биохимия культурных растений. – 1982. – Т. 14. – № 1. – С. 84-88.
 15. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. – М., 1986. – 129 с.
 16. Латина Н.Ф., Тулунов П.А. Использование методов биоиндикации для оценки степени загрязнения объектов окружающей среды // Мат. II Всесоюзн. совещ. "Экологическое значение автомобильных дорог". – М., 1990. – С. 71-72.
 17. Amzallag G.N., Lerner H.R., Poljakoff-Meyber A. Induction of increased salt tolerance in *Sorghum bicolor* by NaCl pretreatment // J. Exp. Bot. – 1990. – V. 41. – № 1. – P. 29-34.
 18. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 1. – С. 107-117.
 19. Титов А.Ф., Шерудило Е.Г., Боева Н.П. Формирование устойчивости растений в условиях нарастающего температурного стресса // Адаптация, рост и развитие растений / Под ред. Дроздова С.Н., Титова А.Ф. – Петрозаводск: Карел. НЦ РАН, 1994. – С. 46-55.
 20. Titov A.F., Talanova V.V., Boyeva N.P. Growth responses of barley and wheat seedlings to lead and cadmium // Biol. Plant. – 1996. – V. 38. – № 1. – P. 431-436.
 21. Sanita T.L., Gabrielli R. Response to cadmium in higher plants // Environ. Exp. Bot. – 1999. – V. 41. – № 1. – P. 105-130.
 22. Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П. Влияние возрастающих концентраций тяжелых металлов на рост проростков ячменя и пшеницы // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – № 1. – С. 119-123.
 23. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1988. – 304 с.
 24. Серебрякова Т.И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. – М.: Наука, 1971. – 359 с.
 25. Круглова Н.Н. Периодизация развития пыльника злаков // Известия РАН. Сер. биол. – 1999. – № 3. – С. 275-281.
 26. Круглова Н.Н. Критические фазы развития пыльника злаков: к постановке проблемы // Цитология. – 2001. – Т. 43. – № 4. – С. 356-357.
 27. Поддубная-Арнольди В.А. Цитоэмбриологическая характеристика семейства злаковых // Бюлл. Гл. Ботан. сада АН СССР. – 1978. – № 109. – С. 57-60.
 28. Поддубная-Арнольди В.А. Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитоэмбриологическим признакам. – М.: Наука, 1982. – 351 с.

29. Круглова Н.Н. К изучению характера проявления аномалий в процессе развития микроспор и пыльцевых зерен злаков // Тр. междунар. конф. "Молекулярная генетика и биотехнология". – Минск, 1998. – С. 210.
30. Батыгина Т.Б. Хлебное зерно. – Л.: Наука, 1987. – 103 с.
31. Куприянов П.Г. Соотносительная роль факторов, вызывающих появление дефектных пыльцевых зерен у растений в природе. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1983. – 133 с.
32. Френкель Р., Галун Э. Механизмы опыления, размножения и селекции растений. – М.: Колос, 1982. – 384 с.

Зайців Д.Ю., Круглова Н.М. Стан мікроспор у пиляках їжи збірної (*Dactylis glomerata* L.) в різних екологічних умовах. – Методом світлової мікроскопії проведений цитологічний аналіз стану сильно вакуолізованих мікроспор у пиляках рослин їжи збірної, що зростають у різних екологічних умовах, а саме в лісопарковій зоні й у зоні автотраси. Виявлено значний ступінь дегенерації мікроспор (76,1-78,3%) у зоні автотраси. Зроблено висновок про те, що показник ступеня дегенерації мікроспор може бути біоіндикатором забруднюючої дії автотраси.

Ключові слова: їжа збірна, пиляк, мікроспора, пилкове зерно, автотраса.

Zaytsev D.Yu., Kruglova N.N. The status of microspores in anthers of cock's-foot (*Dactylis glomerata* L.) under different ecological conditions. – The cytological analysis of state of strong vacuolated microspores in anthers of cock's-foot plants was conducted using the light microscopy. Plants grew under different ecological conditions: in forest-park zone and in motorway zone. Significant degree of microspores degeneration (76,1-78,3%) in motorway zone was revealed. Conclusion that index of degree of microspores degeneration may be used as a bioindicator of motorway polluted influence was made.

Key words: *Dactylis glomerata* L., stamen, pollen, avtoline.

О.В. Машталер
МОХОПОДІБНІ АНТРОПОГЕННИХ КОМПЛЕКСІВ ПІВДЕННОГО СХОДУ
УКРАЇНИ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: Mashtaler@dongy.donetsk.ua; Mashtaler_alex@mail.ru

Машталер О.В. Мохоподібні антропогенних комплексів південного сходу України. – Проаналізовано видовий склад та особливості розповсюдження мохоподібних антропогенних комплексів південного сходу України. Визначено 38 видів мохів, які належать до двох класів – *Bryopsida* та *Hepaticopsida*, 19 родин та 27 родів. Встановлено, що бріофлора досліджених антропогенних комплексів досить збідніла, що пояснюється складними умовами існування.

Ключові слова: мохоподібні, видовий склад, антропогенні комплекси.

Вступ

У зв'язку з майже повним опануванням людиною саме Донбас виділяється як територія України з найбільшою переформованістю та трансформацією поверхні, що спричиняє порушення екологічної рівноваги у природних системах, зниження продуктивності та якості угідь, або їх повне виключення з біотичного кругообігу та господарського використання. Збільшення кількості і загальної площі техногенних елементів призводить до катастрофічних змін природних комплексів і утворення техногенних екотопів. Під терміном "техногенні екотопи" ми розуміємо [7, 8, 20] вторинні та первинні екотопи антропогенного походження, які виникають або значно змінені під впливом техногенних факторів (технічної та технологічної діяльності людини) і не мають аналогів у природі. Вивчення процесів антропогенної трансформації рослинності в останні роки стає більш актуальним. Останнім часом дослідження мохоподібних у великих містах набувають більшої деталізації [15, 16]. Наприклад, можна проводити оцінку середовища у реальних умовах теперішнього часу. За особливостями видового складу, розвитку та розміщенню епігейних мохів можна зробити висновки про ступінь деградації рослинності під впливом антропогенного пресу. В свою чергу епіфітні мохоподібні є гарними індикаторами забруднення повітря, оскільки найбільш чутливі до полютантів [6, 13]. Не дивлячись на це, мохоподібні – один з найменш досліджених компонентів урбогеоекосистем. Дослідження багатьох бріологів [14, 15, 22] довели, що видовий склад та структура мохоподібних змінюються разом із трансформацією природного середовища, в першу чергу міської агломерації. Тобто, бріофлора відображає урбанізацію як комплексне явище.

Оскільки мохоподібні південного сходу України до тепер ще не вивчені з достатньою повнотою, виникла нагальна потреба аналізу видового складу та екологічних особливостей мохів цього регіону, насамперед антропогенних комплексів [9].

Мета даної роботи – дослідження видового складу та особливостей розповсюдження мохоподібних антропогенних комплексів південного сходу України.

Матеріали і методи досліджень

Збір та гербаризацію матеріалу проводили маршрутним методом протягом 2002–2005 рр. в осінньо-літній сезон на території Донецької області. Для визначення мохоподібних використовували загальноприйняті методи [1, 10, 17–19].

Результати досліджень та їх обговорення

Згідно з класифікацією М.Л. Реви [12] нами була досліджена бріофлора слідуєчих антропогенних комплексів: культурфітоценозів (парки відпочинку), селітебних ландшафтів (звалища побутового сміття, райони житлової забудови), власне техногенно-промислових пустирів та звалищ – екотопів з повністю перетвореними едафотопами (відвали вугільних шахт) та промислових майданчиків підприємств (металургійних, хімічних та коксохімічних).

В результаті проведення досліджень на даний час визначено 38 видів мохів, які належать до двох класів – *Bryopsida* та *Hepaticopsida*, 19 родин та 27 родів. Представників класу антоцеротових ми не зафіксували, клас печіночників представлений одним видом.

Мохоподібні культурфітоценозів досліджувалися на територіях міських парків південного сходу України: парку "Ленінського комсомолу" (ЛК) та центрального парку культури та відпочинку (ЦПК та В) "ім. А.С. Щербакова" (м. Донецьк), центрального парку відпочинку (м. Дзержинськ), парку "Ювілейний" (м. Червоноармійськ) та національного природного парку (НПП) "Святі гори" (м. Святогірськ). Територія досліджених культурфітоценозів в останні роки в наслідок інтенсивної забудови, вирубування дерев та рекреаційного навантаження досить помітно змінилася. Більшу частину території займають листяні ліси, де переважають *Acer L.*, *Populus L.*, *Betula L.*, *Salix L.*, *Fraxinus L.* та *Tilia L.* В результаті наших досліджень з урахуванням літературних даних у складі бріофлори вищезгаданих культурфітоценозів налічується 35 видів мохоподібних. Отримані нами результати свідчать, що бріофлора парків південного сходу України не може характеризуватися значним видовим різномаяттям. Це, насамперед, можна пояснити великим антропогенним та техногенним навантаженнями на території досліджуваних парків. На загальному фоні досить багатую і різноманітною виявилася бріофлора НПП "Святі гори" (31 вид). Найпоширенішими тут є мохоподібні: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb., *Polytrichum commune* Hedw., *P. juniperinum* Hedw., *P. piliferum* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) B.S.G., *Brachythecium albicans* (Hedw.) B.S.G., *B. campestre* (C.Мьл.) B.S.G., *B. mildeanum* (Schimp.) Schimp. ex Milde, *B. salebrosum* (Web et Mohr) B.S.G., *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) Robins, *Marchantia polymorpha* ssp. *ruderalis* Bischl. et Boisselier. Мохоподібні досліджено в таких екотопах: лісовий ґрунт, порушені незадерновані ділянки ґрунту, кора дерев (стовбурова частина та прикоренева), гнила деревина, кам'янисті субстрати. Найбагатшою є флора лісового ґрунту (18 видів). До найбільш поширених належать *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica* Hedw., *Polytrichum commune*, *P. juniperinum*, *P. piliferum*, *Brachythecium albicans*, *B. campestre*, *B. mildeanum*, *B. salebrosum*, *Hypnum cupressiforme*.

На порушених незадернованих ділянках ґрунту, по краям ям, доріг, серед заростей чагарників найчастіше трапляються досить великі куртинки: *Bryum argenteum* Hedw., *B. caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica*. На піщаному ґрунті виявлені *Polytrichum commune*, *P. juniperinum*, *P. piliferum*, *Tortula ruralis* (Hedw.) Gaertn., Meyer et Scherb., *Brachythecium campestre*. На зволоженому ґрунті між коренями дерев оселяється *Marchantia polymorpha*, *Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv., *Funaria hygrometrica*, *Polytrichum commune*, *P. juniperinum*, *Amblystegium serpens*, *Brachythecium albicans*, *B. campestre*, *B. mildeanum*, *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G., *Homalothecium lutescens*.

Біля основи стобурів дерев і на оголених коренях звичайно оселяються *Orthotrichum speciosum* Nees, *Pohlia nutans*, *Amblystegium serpens*, *Brachythecium albicans*, *B. campestre*, *B. salebrosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Leskea polycarpa* Hedw., *Homalothecium lutescens*, *Abietinella abietina* (Hedw.) Fleisch.

На гнилій деревині, повалених стовбурах дерев, трухлявих пенях відмічено *Ceratodon purpureus*, *Mnium marginatum* (Dicks.) P.Beauv., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.Кор., *Pohlia nutans*, *Amblystegium serpens*, *Brachythecium albicans*, *B. campestre*, *B. salebrosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Leskea polycarpa*, *Abietinella abietina*.

На каменях, у тріщинах та заглибинах в скелях, на осипах та залишках будівельного матеріалу трапляються *Barbula unguiculata* Hedw., *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus*, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm, *Mnium marginatum*, *Brachythecium mildeanum*, *B. salebrosum*, *Homalothecium lutescens*, *Marchantia polymorpha*.

Тільки на території НПП "Святі гори" на відміну від досліджених міських парків ми знайшли *Atrichum undulatum*, *Dicranum polysetum* Sw, *D. scoparium* Hedw., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Кор., *Pohlia nutans*, *Brachythecium mildeanum*, *Climacium dendroides*

(Hedw.) Web. et Mohr, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst, *Pleurosium schreberi* (Brid.) Mitt. та *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. Вважаємо, що це пояснюється місцезнаходженням НПП "Святі гори" у найменш забрудненій зоні із досліджених територій, де переважають лісові мохоподібні, трапляння яких зменшується із збільшенням рекреаційного та техногенного навантаження (рис.1).

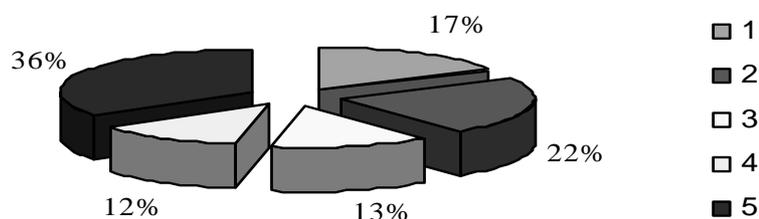


Рис.1. Відсоткове співвідношення кількості знайдених мохоподібних у досліджених парках південного сходу України: 1 – парк "Ленінського комсомолу"; 2 – ЦПК та В "ім. А.С.Щербакова"; 3 – парк відпочинку (м. Дзержинськ); 4 – парк "Ювілейний" (м. Червоноармійськ); 5 – НПП "Святі гори" (м. Святогірськ).

При порівнянні бріофлор чотирьох міських парків та НПП "Святі гори", розташованого на берегах річки Сіверський Донець, встановлено, що для всіх парків є ділянки, які зазнають сильного витоптування та дію димогарних газів і де трапляються тільки толерантні представники мохоподібних [15]. Наші дослідження співпадають зі свідченням З.А. Слуки та Л.І. Абрамової [16], що відмітили для лісопарків Москви переважання епігейних мохів. На ділянках лісового ґрунту досліджених парків, на відміну від інших екоотопів, було знайдено найбільшу кількість мохоподібних. Епігейні мохи в своїй більшості не утворюють суцільного покриву на ґрунті, а зростають окремими невеликими куртинками. Видовий склад епіфітних мохоподібних та висота їх зростання змінюються в залежності від породи дерева, нахилу стовбура та екологічних умов. Найбільш розвинені епіфітні мохоподібні були на території НПП "Святі гори". На інших територіях дослідження вони трапляються досить зрідка, мають малу висоту підйому по стовбурах дерев, та в основному зростають тільки у прикореневій зоні. Все це свідчить про шкідливий вплив міського середовища на ріст та розвиток мохів, а саме перенасиченість повітря, навіть у зонах парків, технічними викидами підприємств.

Мохоподібні селітебних зон досліджували на територіях трьох міст Донецької області – Донецька, Дзержинська та Червоноармійська. Цей тип антропогенних комплексів у густонаселеному регіоні Донбасу відіграє помітну роль у формуванні ландшафтної структури території [21]. До групи екоотопів селітебних територій виділяють дві основні категорії [5]: перша – тротуари, подвір'я, ділянки поблизу будівель, друга – екоотопи, що характеризуються накопичуванням побутових і будівельних відходів (звалища побутового та будівельного сміття і рудеральні місцезростання). Характерною особливістю селітебних територій є високий ступінь перетвореності ландшафтів. Вихідні ландшафти відсутні зовсім. Забруднення ґрунтів, водних джерел та атмосферного повітря промисловими і транспортними відходами та викидами, велике поширення звалищ побутового та рудерального сміття в межах міст південного сходу України вже мають критичне значення.

У цих складних умовах існування мохоподібні є невід'ємним компонентом екоотопів селітебних територій. На досліджених територіях було знайдено 18 видів мохоподібних. Серед них 17 видів листостеблових мохів, які відносяться до восьми родин та одинадцяти

родів, та один печіночний мох – *Marchantia polymorpha*. Найбільшою за кількістю видів є родина *Bryaceae* (п'ять видів), далі йдуть родини *Brachytheciaceae* (чотири види), *Pottiaceae* (три види). Решта родин є монотипними таксонами у рамках аналізованої бріофлори регіону: *Ditrichaceae*, *Funariaceae*, *Grimmiaceae*, *Leskeaceae* та *Marchantiaceae*.

Різноманітність екологічних умов селітебних ландшафтів робить можливим існування на цих територіях мохоподібних із різноманітними вимогами до характеру та багатству субстрату. В антропогенній бріофлорі відмічені епіліти, епігейні мохи та види, які зустрічаються на рудеральних місцезростаннях та звалищах побутового сміття. Епіліти звичайно зростають на камінні, розташованому біля доріг, по краях тротуарів, мілкоземі, щепені, на горизонтальних (дахи одноповерхових будинків, балкони) та вертикальних (стіни будинків, пам'ятники, мури) поверхнях – *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus*, *Tortula ruralis*, *Grimmia pulvinata*. Найбільш багаточисельні у бріофлорі селітебних ландшафтів епігейні види. Саме мохоподібні тротуарів, доріг, стежок, ям та канав є найчастішими компонентами селітебних ландшафтів. Значна кількість видів, які зростають на цих територіях – космополіти. Уздовж стежок трапляються *Ceratodon purpureus* та *Funaria hygrometrica*, досить рідко зростає *Marchantia polymorpha*. Моховий покрив *Ceratodon purpureus* іноді досягав понад 50–75% проективного покриття. *Funaria hygrometrica* була знайдена окремими зростаннями, або у домішці з *Ceratodon purpureus*. Подекуди, з північної експозиції стежок у низинах траплявся печіночник *Marchantia polymorpha*. По краях ям та канав оселяються *Brachythecium mildeanum*, *B. salebrosum* та *Pohlia nutans*. Досить цікавий перехід на кам'янисті споруди видів, які в загальні трапляються як епіфіти, або зростають біля основи стовбурів дерев. Явище переходу епіфітів на кам'янистий субстрат у жорстких кліматичних умовах загальновідоме [2, 3]. На міському цвинтарі (м. Держинськ) траплявся звичайно епіфітний бокоплідний мох *Leskea polycarpa*, який зростає на бетонному паркані. Це можна пояснити тим, що кам'янистий субстрат на відміну від кори дерев, в степових умовах більш тривалий час зберігає вологу, особливо у затінених місцях.

Також були знайдені мохоподібні на субстратах, які не існують у природних умовах – це шифер (*Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus*, *Tortula ruralis*, *T. muralis*), цемент будівель (*Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Grimmia pulvinata*). При обстеженні міських звалищ побутового сміття та рудеральних місцезростань Донецька, Держинська та Червоноармійська ми знайшли сім видів мохоподібних: *Barbula unguiculata*, *Brachythecium campestre*, *B. salebrosum*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus* та *Funaria hygrometrica*. За частотою трапляння, проективним покриттям у рослинних угрупованнях рудеральних місцезростань і міських звалищ побутового сміття та різноманітності опанованих субстратів найактивнішим видом є *Ceratodon purpureus*. Високоактивними видами є також *Bryum argenteum* та *B. caespiticium*. Менш активні *Barbula unguiculata*, *Brachythecium campestre*, *B. salebrosum* та *Funaria hygrometrica*.

Дослідження видового складу та особливостей розповсюдження мохоподібних промислових майданчиків проводилося на території наступних промислових підприємств південного сходу України: ВАТ "Макиївський металургійний завод ім. Кірова" (ММЗ), ВАТ "Донецький металургійний завод", ВАТ "Донецький коксохімічний завод" (ДКХЗ), ВАТ "Донецький завод хімічних реактивів", ДП "Фенольний завод" (ФЗ) та ВАТ "ДонецькГірМаш". Промислові викиди – один із основних факторів, який визначає специфіку екологічних умов промислових майданчиків підприємств. Найпотужнішим джерелом забруднення є підприємства чорної металургії, хімічної та вугільної промисловості. Викиди підприємств характеризуються складними хімічними сполуками: пилом, газоподібними сполуками сірки, окислами вуглецю та азоту.

При обстеженні територій виявилось, що виключно на усіх промислових майданчиках досліджених підприємств порушений рослинний покрив. Природний ґрунтовий покрив замінений штучно сформованими, ущільненими техногенними ґрунтами, які складаються із суміші материнської породи, привезеного чорнозему, будівельного сміття, шлаків, відходів

виробництва, бетону тощо. У процесі виробничої діяльності підприємств поверхневий прошарок ґрунтів також просочений олійними відходами виробництва, ґрунти забруднюються промисловими викидами (доменним шлаком, вуглистими частками, сажою, попелом, пилом, окислами азоту, сірки, сполуками металів), які впливають на їх властивості [11]. Наявність у повітрі пилу значно знижує активність сонячної радіації, а у процесі виробничої діяльності промислові майданчики отримують додаткове тепло [5].

В результаті проведених досліджень на територіях зазначених промислових підприємств ми знайшли шість видів мохоподібних, які відносяться до п'яти родин. Це широкопоширені космополітні види, які найчастіше трапляються на територіях техногенних екотопів. Серед шести знайдених видів мохів – три трапляються на території промислових майданчиків усіх досліджених промислових підприємств – високоактивні верхоплідні мохи *Bryum argenteum*, *B. caespiticium* та *Ceratodon purpureus*. Проективне покриття цих представників досить велике – приблизно 50–60% для *Bryum argenteum* і *B. caespiticium*, та 70–85% для *Ceratodon purpureus*. Найчастіше *Bryum argenteum* зростає з *B. caespiticium* у рівному співвідношенні, або, у більшості випадків, траплялись мохові зростання *Ceratodon purpureus* у домішці з цими двома видами. На відміну від представників роду *Bryum*, *Ceratodon purpureus* найчастіше зростає у "чистому" вигляді та активно спороносив, у той час як спорогони *Bryum argenteum* ми знайшли тільки на території "ДМЗ" та "ДонецькГірМаш", а спорогони *B. caespiticium* зовсім були відсутніми.

Решта видів трапляється тільки на території деяких підприємств. *Barbula unguiculata* було знайдено на бетонному паркані фенольного заводу, на території колишнього доменного цеху "ММЗ" та на асфальті біля головної контори "ДонецькГірМаш". Проективне покриття цього виду подекуди досягало 50%. На більшій частині територій досліджених промислових майданчиків *Barbula unguiculata* траплялась окремими зростаннями, а на території "ММЗ" – з домішкою *Funaria hygrometrica*. При обстеженні мохових дернинок *Barbula unguiculata* жодного спорогону знайдено не було, що свідчить про несприятливий вплив промислового середовища на утворення спороносного покоління та відсутність розмноження статевим шляхом. В свою чергу, *Funaria hygrometrica* відрізнялася масовим утворенням спорогонів на всіх територіях, де її знайдено. Це вказує на більшу толерантність даного моху, на відміну від *Barbula unguiculata*, до складних екологічних умов промислових майданчиків. *Brachythecium salebrosum* був знайдений на ґрунті біля бетонного паркану "ДКХЗ" з північної експозиції у затінку, на асфальті біля входу до головної контори "ФЗ" та на залишках бетонної стіни на території "ДонецькГірМаш". При обстеженні дернинок цього моху ми також не виявили жодного спорофіту, що є доказом пристосування даного моху до несприятливих умов існування та переважання вегетативного типу розмноження над статевим.

У порівнянні з іншими екотопами відвали вугільних шахт займають значні території Донбасу. Тільки в українській частині басейну їх налічують більше тисячі при середньому розмірі підшви одного відвалу 5–6 га [11]. За класифікацією техногенних ландшафтів, М.Л. Реви, відвали вугільних шахт відносяться до екотопів з повністю перетвореними едафотопами [12]. Найбільш широко на території Донбасу розповсюджені конічні породні відвали – териконники, які є основною особливістю його гірськорудного ландшафту. Спорудження хребтових відвалів припинено, проте з кожним роком зростає формування плоских породних відвалів. Відвали вугільних шахт складаються з уламків глинистих сланників і піщаників середнього карбону. Рослинний покрив відвалів вугільних шахт відрізняється фрагментарністю, рослини розміщені групами та поодинокі, в середньому займають 15–20% поверхні. Серед рослин, які першими освоюють териконники, велику частку становлять мохоподібні. Особливо помітна участь мохів на ранніх стадіях самозаростання [2–4].

Нами було обстежено дев'ять териконників вугільних шахт Донецької області: ш. "Бутовка-Донецька", ш. "Заперевальна" (м. Донецьк); ш. "ім. Г.К. Орджонікідзе", ш. "6-14" (м. Макіївка); ш. "Південна", ш. "Торецька" (м. Дзержинськ); ш. "ім. А.К. Кисельова",

ш. "Донецька", ш. "ім. Лутугіна" (м. Торез). При ретельному дослідженні був встановлений видовий склад мохоподібних обстежених териконників, який складається з 14 видів мохів, які відносяться до дев'яти родин та десяти родів: *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr., *Brachythecium mildeanum*, *B. campestre*, *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *B. creberrimum* Tayl., *B. torquescens* V. et S., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica*, *Homalothecium lutescens* (Hedw.) Robins, *Leskea polycarpa* та *Polytrichum commune*. Найрізноманітнішою за кількістю видів на териконниках є родина *Bryaceae* (чотири види). За ними йдуть представники родини *Brachytheciaceae* (три види), решта родин дорівнює одному виду кожна.

Із дев'яти досліджених відвалів вугільних шахт Донецької області найбагатшим за видовим складом мохоподібних виявився відвал шахти "ім. Г.К. Орджонікідзе" (м. Макіївка) (рис. 2). На його території трапляються усі 14 видів знайдених нами мохів. Слід зазначити, що саме на переформованій верхівці цього териконнику ми знайшли чотири цікавих знахідки – три типових представника болотяних видів мохоподібних – *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune* та *Calliergonella cuspidate*, та вид, який трапляється тільки на території АР Крим – *B. torquescens*.

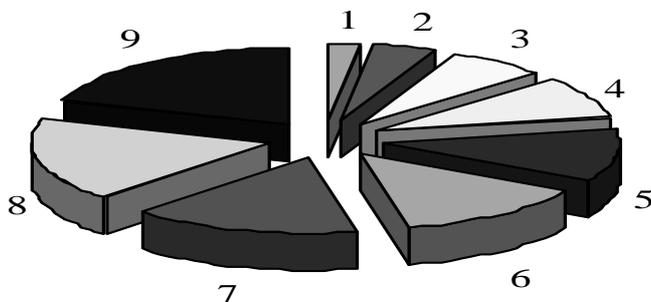


Рис. 2. Кількісне співвідношення мохоподібних знайдених та території відвалів вугільних шахт Донецької області: 1 – ш. "Бутовка-Донецька" (8); 2 – ш. "Заперевальна" (5); 3 – ш. "ім. Г.К. Орджонікідзе" (14); 4 – ш. "6-14" (6); 5 – ш. "Південна" (4); 6 – ш. "Торецька" (5); 7 – ш. "ім. А.К. Кисельова" (4); 8 – ш. "Донецька" (5); 9 – ш. "ім. Лутугіна" (4).

На всіх досліджених відвалах вугільних шахт траплялись космополітні, геліофітні, дводомні верхоплідні види мохоподібних – *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Funaria hygrometrica* та аридний *Barbula unguiculata*. Вони масово розвиваються та більша частина утворює спорогони на териконниках різного віку та різноманітного складу породи. Зростання *Ceratodon purpureus* траплялись у вигляді великих плям (50–75%), а також із домішкою *Bryum argenteum* та *Barbula unguiculata*. *Bryum argenteum* траплявся з домішкою *B. caespiticium*, або *Funaria hygrometrica*. На старих відвалах вугільних шахт (ш. "Бутовка-Донецька", ш. "ім. Г.К. Орджонікідзе", ш. "6-14"), де відбувається самозаростання або зроблені посадки рослин, біля основи стовбурів дерев та кущів трапляються голарктичні, однодомні, бокоплідні мохи – *Brachythecium mildeanum*, *B. campestre* та *Leskea polycarpa*. У стерильному стані відмічені *Homalothecium lutescens*, *Brachythecium mildeanum*, *B. campestre*, *Leskea polycarpa*, *Calliergonella cuspidate*, *Polytrichum commune*, *Bryum torquescens* та *B. creberrimum*. Найчастіше мохоподібні трапляються на териконниках з північної експозиції – на переформованій пласкій верхівці, або біля підосви відвалів.

Висновки

Таким чином, при дослідженні антропогенних комплексів південного сходу України було визначено 38 видів мохоподібних. Це досить низький показник у порівнянні з іншими регіонами України [3, 4], що, в першу чергу, зумовлено потужним промисловим потенціалом південного сходу України, а також природно-кліматичними особливостями та індивідуально специфічною біологією та екологією як видів усього таксону *Bryophyta*, так і окремих її представників. Порівнюючи отримані дані, нами виявлена тенденція зниження видового різноманіття мохоподібних в залежності від їх місцезростання: найчисельнішими виявилися мохи культурфітоценозів південного сходу України (18 видів), найменшу кількість мохів знайдено на території промислових майданчиків (6 видів). Більшість дернинок обстежених мохоподібних не утворювали жодного спорогону, що є наслідком несприятливого впливу промислового середовища на утворення спороносного покоління, та переважання вегетативного розмноження над статевим. Слід враховувати, що неабияке значення мають також природні фактори, що визначають специфіку зростань різних видів мохів, інтенсивність їх розвитку та особливості розміщення у фітоценозах.

Список літератури

1. Бачурина А.Ф., Партика Л.Я. Печёночники и мхи Украины и смежных территорий. – К.: Наук. думка, 1987. – 180 с.
2. Бойко М.Ф. Мохообразные в первичных сукцессиях на промышленных отвалах степной зоны // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития. Тез. докл. республиканской научн. конф. посвящ. 25-летию Донецкого ботан. сада АН УССР (г. Донецк, сентябрь 1990 г.). – К.: Наук. думка, 1990. – С.55-56.
3. Бойко М.Ф. Мохообразные начальных стадий первичных сукцессий на субстратах антропогенного происхождения // Экология. – 1991. – № 2. – С. 21-25.
4. Бойко М.Ф. Мохообразные в ценозах степной зоны Европы: Монографія. – Херсон: Айлант, 1999. – 160 с.
5. Глухов А.З., Хархота А.И., Назаренко А.С., Лиханов А.Ф. Тератогенез растений на юго-востоке Украины / Донецкий ботанический сад НАН Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 179 с.
6. Канукене Л.Р., Тамм К.Э. Мхи как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха // Индикация природных процессов и среды. – Вильнюс: Б. и., 1976. – С. 42-44.
7. Колесников Б.П., Моторина Л.В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – С. 5-21.
8. Кондратюк Є.М., Хархота Г.І. Словник-довідник з екології. – К.: Урожай, 1987. – 160 с.
9. Маиталер О., Конторська О. Деякі особливості розповсюдження мохоподібних в умовах Донбасу // Наукові основи збереження біотичної різноманітності / Темат. збірник Інституту екології Карпат НАН України. – Випуск 5: – Львів: "Ліга-Прес", 2004. – С. 110-114.
10. Мельничук В.М. Определитель листовых мхов средней полосы и юга Европейской части СССР. – К.: Наук. думка, 1970. – 444 с.
11. Промышленная ботаника / Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов, Р.И. Бурда, А.И. Хархота. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.
12. Рева М.Л., Бондаренко Я.Н. Природные условия Донбасса и их особенности // Охрана и рациональное использование природы Донбасса. – Л.: Б.и., 1976. – С. 3-26.
13. Речевська Н. Нагромадження та внутрішньоклітинний розподіл важких металів у мохах // Вісник Львівського університету. Сер. біол. – 2002. – Вип. 29. – С. 204-210.
14. Рыковский Г.Ф. Эпифитные мхи как экологическая группа экстремальных местообитаний // Проблемы бриологии СССР. – Л.: Наука, 1989. – С. 190-201.

15. Слука З.А. Влияние городской среды на бриофлору в зеленых массивах г. Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16, Биология. – 1996. – № 2. – С. 49-54.
16. Слука З.А., Абрамова Л.И. Видовой состав и эколого-фитоценотический анализ мхов зелёных массивов г. Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16, Биология. – 2000. – № 1. – С. 45-52.
17. Список бокоплідних мохів України / Уклад. В.М. Вірченко. – К.: Знання, 2000. – 32 с.
18. Список верхоплідних мохів України / Уклад. В.М. Вірченко. – К.: Знання, 2001. – 56 с.
19. Список печіночників, антоцеротів та сфагнових мохів України / Уклад. В.М. Вірченко, І. Ваня. – К.: Знання, 2000. – 29 с.
20. Хархота А.И. Флора техногенных экотопов // Проблемы изучения синантропной флоры СССР: Мат. совещ. (г. Москва, 1–3 февраля 1989 г.). – М.: Наука, 1989. – С. 19-21.
21. Швіндлерман С.П., Зацепіна Д.Я., Голубніча С.М., Федорова В.В., Стасенко В.А. Фітооптимізація техногенних ландшафтів. – Донецьк: Юго-восток, 1999. – 276 с.
22. Le Blanc F., DeSloover Effects of sulphur dioxide on lichen and moss transplants // Ecology. – 1973. – Vol. 54, № 3. – P. 612-617.

Машталер А.В. Мохообразные антропогенных комплексов юго-востока Украины. – Проанализирован видовой состав и особенности распространения мохообразных антропогенных комплексов юго-востока Украины. Определено 38 видов мхов, которые принадлежат к двум классам – *Bryopsida* и *Hepaticopsida*, 19 семейств и 27 родов. Установлено, что бриофлора исследуемых антропогенных комплексов достаточно бедна, что объясняется сложными условиями существования.

Ключевые слова: мохообразные, видовой состав, антропогенные комплексы.

Mashtaler A.V. The Mosses of anthropogenous complexes of the south-east of Ukraine. – The species composition and peculiarities of spreading of the mosses of anthropogenous complexes of the south-east of Ukraine have been analyzed. 38 species of mosses belonging to two classes – *Bryopsida* and *Hepaticopsida*, 19 families and 27 genera have been determined. It has been stated that the bryoflora of the investigated anthropogenous complexes is rather poor, which is explained by complicated existence conditions.

Key words: mosses, species composition, anthropogenous complexes.

С.Ю. Наумов

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЛИСТЬЕВ ЦВЕТОНОСНОГО ПОБЕГА

ANTHRISCUS CEREFOLIUM (L.) HOFFM. *

Луганский национальный аграрный университет; 91008, г. Луганск, ЛНАУ,
e-mail: sunx@lnau.lg.ua

Наумов С.Ю. Формообразование листьев цветоносного побега *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. – На основании проведенных исследований установлено, что листья цветоносного побега *A. cerefolium* в течение онтогенеза проходят стадии от четырехдытройчатосложных листьев к дваждынепарноперистосложным и в конечном итоге к тройчатосложным листьям. Все листья цветоносного побега *A. cerefolium* сложные.

Ключевые слова: сельдерейные, листья простые, сложные, цветоносный побег.

Введение

Купырь бутенелистный или купырь-кервель (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm., 1814) однолетнее растение семейства *Apiaceae* L. Растет купырь в светлых лесах, в кустарниках. Встречается в Европе и умеренной Азии [6, 7]. Введен в культуру и иногда возделывается на Украине в Крыму, на Северном Кавказе. Является хорошим медоносом [1, 2].

Несмотря на то, что *A. cerefolium* является культурным растением, ботанические сведения о нем скудны. Практически все авторы единодушны в описании ботанических признаков, в частности, листья описываются как треугольные или треугольнойцевидные, триждыперисторассеченные [2, 5–7]. Лишь в некоторых работах говорится о наличии яйцевидных долей и продолговатояйцевидных острых долек [5, 7], снабженных черешочками [6], наличие которых характерно для сложных листьев.

Нами проведены исследования морфологических особенностей листьев прикорневой розетки *A. cerefolium*, которые показали, что листья не такие, как указано в изученных литературных источниках [2, 5–7]. В настоящей работе приведены результаты исследований листьев цветоносного побега.

Материалы и методы исследований

Семена *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. получены из Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (образец К-15, Frise, Бельгия). Выращивание производили как в полевых условиях, так и в лаборатории светокультуры. В течение онтогенеза растений отмечали фенологические фазы. Полностью сформированные листья обрывали, высушивали в гербарных папках; их изображения получены с помощью планшетного сканера Epson GT 5000 [4] и цифровой камеры Benq DC 3410.

Результаты исследований и их обсуждение

Изображения листьев цветоносного побега купыря кервеля в уменьшенном виде представлены на рисунках 1–7, однако при этом сохранены их пропорции. Первый лист цветоноса *A. cerefolium* практически не отличается от последних листьев прикорневой розетки [3]. Он четырехдытройчатосложный (рис. 1), состоит из 99 яйцевидных зубчатых тройчаторасчлененных листочков. Черешок этого листа длинный, желобчатый, на нем, а также на черешочках и центральных жилках встречаются редкие белесые простые трихомы. Наиболее развита нижняя пара боковых в свою очередь сложных листочков, располагающихся на желобчатых черешочках третьего порядка.

Второй лист цветоносного побега по степени сложности практически не отличается от первого, но в его составе уже 83 листочка. Он несколько меньше по линейным размерам, происходит также укорочение черешка почти в 2,5 раза (рис. 2).

В листьях, расположенных выше, происходят более заметные структурные изменения – из пазухи этих листьев развиваются боковые цветоносные побеги. Листья влагалищные,

* В качестве обсуждения!

черешок отсутствует, сокращается количество структурных элементов. Так, изображенный на рис. 3, лист состоит из 55 листочков и его следует отнести к трижды непарноперистосложным листьям. Следующий лист (рис. 4) уже образован 25 листочками, а выше расположенные листья, несомненно, дважды непарноперистосложные, образованные 13 и 11 листочками (рис. 5, 6). Последний лист, располагающийся у основания верхушечного соцветия, обладает наименьшими размерами и является тройчатосложным.

В течение морфогенеза листьев цветоносного побега *A. cerefolium* происходит и изменение формы листовой пластинки листочков. От листа к листу они постепенно вытягиваются в длину, уменьшается количество зубцов по краям листовой пластинки и у последних листочков их форма становится ланцетовидной.

Морфогенез листьев цветоносного побега *A. cerefolium* можно представить в виде схемы (рис. 8), из которой видно, что с течением времени происходит постепенное уменьшение фотосинтезирующей поверхности листьев и упрощение их строения – от четырехждытройчатосложных к дваждынепарноперистосложным и в конечном итоге – к тройчатосложным листьям. Все листья цветоносного побега купыря кервеля сложные.



Рис. 1. Первый лист цветоносного побега *A. cerefolium*

Рис. 2. Второй лист цветоносного побега

Рис. 3, 4. Триждынепарноперистосложные листья

Рис. 5, 6. Дваждынепарноперистосложные листья

Рис. 7. Последний тройчатосложный лист

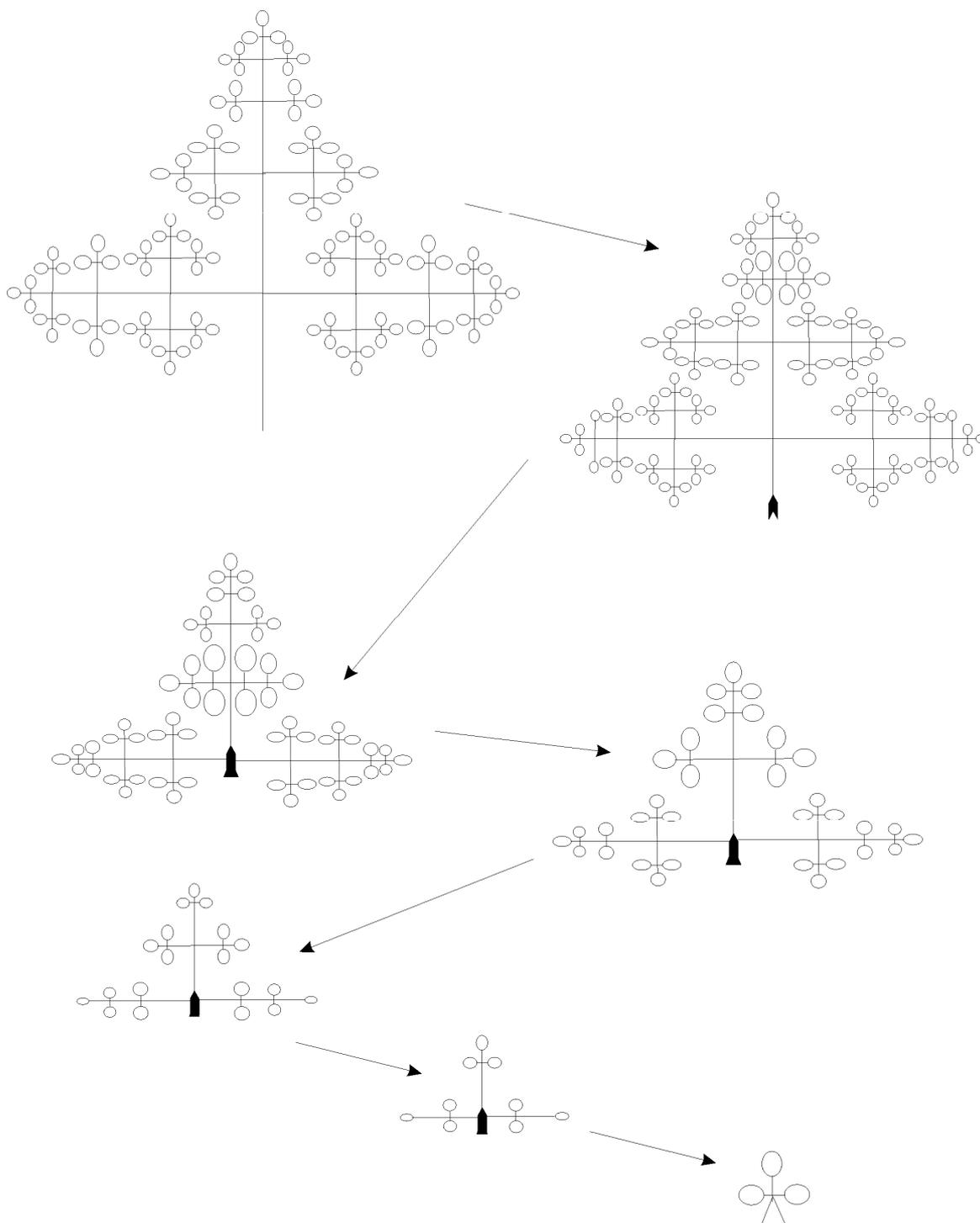


Рис. 8. Формообразование листьев цветоносного побега *A. cerefolium*

Список литературы

1. Вульф Е.В., Манеева О.Ф. Мировые ресурсы полезных растений (Пищевые, кормовые, технические, лекарственные и др.). – Л.: Наука, 1969. – 566 с.
2. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник. – К.: Наук. думка, 1989. – 304 с.
3. Наумов С.Ю. Формирование листьев прикорневой розетки *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. Сер. Біологічні науки. – Луганськ: Елтон-2, 2004. – № 43 (55). – С. 13-19.
4. Наумов С.Ю., Соколов И.Д., Миняева И.В. Применение компьютерной техники в биологии / Вісник ЛДПУ ім. Т. Шевченка. – 2001. – № 6 (38). – С. 102-105.
5. *Определитель* высших растений Украины / Сост. Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
6. *Флора СССР* / Под ред. Б.К. Шишкина. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. XVI. – 648 с.
7. *Флора УРСР* / За ред. М.В. Клокова, О.Д. Вісюліна. – К.: Вид-во АН УРСР, 1955. – Т. VII. – С. 461-618.

Наумов С.Ю. Формоутворення листків квітконосного пагона *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. – Унаслідок проведених досліджень з'ясовано, що листки квітконосного пагона *A. cerefolium* протягом онтогенезу проходять стадії від чотиритрійчастоскладних листків до двічінепарноперистих і в кінцевому результаті до трійчастоскладних листків. Усі листки квітконосного пагона *A. cerefolium* складні.

Ключові слова: селерові, листки прості, складні, квітконосний пагін.

Naumov S.Yu. The Stack Leaves Formation of *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. – Studies have shown that leaves of floriferous caulis of *Anthriscus cerefolium* pass stage from four-ternate to ternate. All floriferous caulis leaves of chervil are compound.

Key words: apiaceae, simple and compound leaves, floriferous caulis.

В.М. Остапко, Н.Ю. Гнатюк
СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФЛОРЫ РЕГИОНАЛЬНОГО
ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА "ДОНЕЦКИЙ КРЯЖ"

*Донецкий ботанический сад Национальной академии наук Украины;
83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: herb@herb.dn.ua*

Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Систематическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж". – Установлено, что флора регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж" включает 447 видов, 265 родов, 69 семейств сосудистых растений, что составляет 23% флоры юго-востока Украины. Анализ систематической структуры флоры, в сравнении с флорами-изолятами восьми территорий природно-заповедного фонда региона, показал сходство структуры с региональной флорой и особенности локальных флор.

Ключевые слова: флора, систематическая структура, Донецкий кряж, региональный ландшафтный парк.

Введение

Региональный ландшафтный парк (РЛП) "Донецкий кряж" организован в 2000 г., на сегодняшний день его площадь составляет 3952,2 га. Территория парка расположена на южном макросклоне Донецкого кряжа, на юге и юго-западе его границы проходят вблизи долины р. Крынки.

Современный рельеф парка формировался на протяжении длительного геологического времени под действием эндогенных и экзогенных сил и обусловлен неравномерным залеганием кристаллического фундамента, горообразовательными процессами, новейшими тектоническими движениями, а также влиянием хозяйственной деятельности человека. Одной из важнейших общих черт рельефа РЛП является сочетание обширных равнинных междуречных пространств с относительно глубокими, крутосклонными долинами, имеющими нередко горный облик [3].

Для долин изучаемой территории отмечается коленчатое начертание в плане. С севера на юг парк пересекают две небольших речки с системами балок. На территории РЛП имеется 4 небольших пруда. Поймы развиты довольно отчетливо.

В отношении климатического районирования исследуемая территория принадлежит к континентальной степной области умеренных широт. Климат континентальный с выраженными оттепелями, гололедом и засухо-суховейными явлениями.

Почвенный покров РЛП разнообразный. В его сложении принимают участие известняки, карбоновые песчаники, сланцы, обнажающиеся на больших площадях.

Согласно флористическому районированию территория РЛП относится к Торецко-Луганскому, Миусско-Каменскому, Кринкскому подрайонам Донецкого района Восточнопричерноморской подпровинции Причерноморско-Донской провинции Паннонско-Причерноморско-Прикаспийской области Голарктического царства [1]. Для этих подрайонов характерна степная флора с большим участием лесных и петрофильных видов, комплекс эндемичных и реликтовых, часто стенотопных видов.

Интерес к растительному миру Донецкого кряжа ботаники проявляют уже более ста лет, о чём свидетельствуют многочисленные научные публикации. Первые сведения о флоре Донецкой Лесостепи приведены в работах Гюльденштедта [18]. О флоре территории центральной и южной частей Донецкого кряжа, где расположен РЛП находим сведения в работах И.Ф. Шмальгаузена [25], В.И.Талиева [19, 20], М.В. Клокова, М.И. Котова и Е.Н. Лавренко [9], Е.Н. Лавренко [12, 13], Ю.Д. Клеопова [7], М.И. Котова [10, 11], О.Н. Дубовик [4, 5], Р.И.Бурды [1], В.М.Остапко [15] и др. При исследовании флоры Донецкой Лесостепи авторы уделяли больше внимания вопросам изучения лесных растений и растений каменистых склонов и обнажений, которые определяют специфичность этой флоры. Е.Н. Лавренко, М.И. Котов и Ю.Д. Клеопов в своих работах провели экологический и географический анализ реликтовых лесных и степных растений, преобладающее число которых имеет разорванный ареал. В.И. Талиев и Н.И. Котов отмечали насыщенность флоры региона эндемичными и дизъюнктивными видами. О.Н. Дубовик проводила анализ флоры

Донецкой Лесостепи. Р.И. Бурда изучала флору в плане антропогенной трансформации и её особенностей в разных флористических районах и подрайонах. С территории Донецкой Лесостепи описан ряд новых эндемичных видов [5, 6, 8, 10, 12, 15]. Но, несмотря на это, изучение систематической структуры парка еще не завершено. Кроме того, обобщающей сводки о фиторазнообразии всей территории РЛП "Донецкий кряж" нет. Специальных геоботанических и флористических работ до последнего времени на территории РЛП не проводилось, имелись лишь отрывочные сведения о произрастании отдельных видов растений на Саур-Могиле, а также в её окрестностях без точных указаний мест произрастания. Вместе с тем о высокой фитосозологической ценности парка свидетельствует тот факт, что во флоре РЛП выявлено 35 видов, которые подлежат охране на разных уровнях [16]. Так, в Красный список Международного союза охраны природы и природных ресурсов занесены 3 вида: *Dianthus elongatus* С.А.Мей., *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv. и *Hyacinthella pallasiana* (Steven) Losinsk. В Европейский красный список животных и растений, которые находятся под угрозой исчезновения в мировом масштабе, – 6 видов – *Dianthus elongatus* С.А.Мей., *Otites graniticolus* Klokov, *Crambe aspera* М.Бieb., *Calophaca wolgarica* (L. f.) DC., *Caragana scythica* (Kom.) Pojark., *Scrophularia donetzica* Kotov. В Красную книгу Украины занесены 15 видов, среди которых *Tulipa ophiophylla* Klokov et Zoz, *T. schrenkii* Regel, *Pulsatilla nigricans* Störck, *Crocus reticulatus* Steven ex Adams, *Allium lineare* L., *Onosma tanaitica* Klokov, *Stipa capillata* L., *S. ucrainica* P. Smirn. Охране на региональном уровне подлежат 17 видов растений, среди них такие виды, как *Ephedra distachya* L., *Atraphaxis frutescens* (L.) K.Koch, *Adonis wolgensis* Steven, *Amygdalus nana* L., *Campanula macrostachya* Waldst. et Kit. ex Willd. Поэтому целью нашей работы стало доскональное изучение флоры парка, анализ её систематической структуры в сопоставлении с другими соизмеримыми по площади заповедными территориями Восточно-Причерноморской подпровинции.

Материал и методы исследований

Материалом для анализа систематической структуры флоры послужили флористические списки, составленные на основе собственных полевых обследований, критически обработанных материалов гербарных коллекций Донецкого ботанического сада НАН Украины и опубликованных данных. Полевые обследования проводились общепринятыми методами (маршрутным и стационарным). Для сравнения использованы данные по составу флор-изолятов некоторых территорий природно-заповедного фонда [1].

Степень сходства флор рассчитана на основе коэффициента ранговой корреляции Кендэла, методом максимального корреляционного пути [26].

Результаты и обсуждение

Важнейшим количественным показателем каждой флоры считается флористическое богатство, уровень которого определяется числом видов, родов и семейств [22–24, 26].

Установлено, что флора РЛП "Донецкий кряж" включает 447 видов сосудистых растений, которые принадлежат к 265 родам, 69 семействам и 2 отделам, что свидетельствует о её высоком таксономическом разнообразии (табл. 1). Флора парка составляет 23% флоры юго-востока Украины [17].

Флористические пропорции, которые являются показателями видового и родового разнообразия, не одинаковы в разных отделах и классах, но это является не только показателем угасания видообразования в таких таксонах, как *Pinopsida* и *Gnetopsida*, а и незначительной представленностью их в данной флоре.

Преобладающее большинство видов в исследуемой флоре РЛП составляют *Magnoliophyta* (99,5%), а *Pinophyta* играют незначительную роль (0,4%), что характерно для Земного шара в целом. Соотношение между однодольными и двудольными растениями составляет 6,0% (85,4 и 14,0% соответственно), что существенно больше, чем в региональной флоре.

Систематическая структура – важнейший показатель флоры, под которым понимается свойственное ей распределение видов между систематическими категориями более высоких рангов. Распределение семейств, родов и видов по более крупным таксонам во флоре парка и других заповедных объектов в абсолютном и процентном отношении приведено в табл. 2.

Таблица 2

**Флористическое богатство РЛП "Донецкий кряж"
в сравнении с некоторыми заповедными территориями юго-востока Украины**

№ п/п	Территория природно-заповедного фонда	Площадь, га	Количество			Пропорция (семейств: родов: видов)
			семейств	родов	видов	
Региональные ландшафтные парки						
1	Донецкий кряж	3952,2	69	265	447	1:3,8:6,5
2	Скелевой (проектируемый)	1500	76	316	574	1:4,1:7,5
3	Меотида	5078,2	69	289	640	1:4,2:9,3
Отделения Украинского степного природного заповедника [21]						
4	Каменные Могилы	389,2	58	251	468	1:4,3:8,1
5	Хомутовская степь	1030,4	75	295	604	1:3,9:8,1
6	Меловая флора	1134	96	411	1064	1:4,3:11,1
Отделения Луганского природного заповедника [14]						
7	Станично-Луганское отделение	498	81	322	631	1:3,9:7,6
8	Провальская степь	587,5	81	341	729	1:4,2:9,0
9	Стрельцовская степь	522,07	59	273	556	1:4,6:9,4

Из табл. 2 видно, что флора РЛП "Донецкий кряж" менее богата по числу видов, но более разнообразна по количеству родов, чем заповедник "Каменные Могилы". По количеству семейств, флоры "Донецкого кряжа" и "Меотиды" равны и превосходят заповедники "Каменные Могилы" и "Стрельцовскую степь".

Различия во флористическом богатстве заповедников определяется историей формирования их флор, фитоценотической структурой растительности территорий. Размеры территории в данном случае не имеют существенного значения. На юго-востоке Украины пробами флористической ситуации служат флоры участков площадью около 500 га, поскольку увеличение указанной площади в два раза при целостности территории практически не изменяет флористического богатства [2].

При сравнении систематической структуры локальных флор нами использована методика В.М.Шмидта [26], учитывающая численный состав и порядок расположения семейств по количеству присущих им в данной флоре видов растений. Сравним данные о флоре РЛП "Донецкий кряж" с данными по некоторым флорам-изолятам юго-востока Украины (табл. 3).

Десять наибольших по количеству видов семейств флоры РЛП "Донецкий кряж" (287 видов, 64,2%) размещены в таком порядке: *Asteraceae* – 75 видов (16,7%), *Fabaceae* – 38 видов (8,5%), *Poaceae* – 36 видов (8,0%), *Rosaceae* – 33 вида (7,3%), *Lamiaceae* – 28 видов (6,2%), *Scrophulariaceae* – 19 видов (4,2%), *Caryophyllaceae* – 18 видов (4,0%), *Apiaceae* – 17 видов (3,8%), *Brassicaceae* – 14 видов (3,1%), *Boraginaceae* – 9 видов (2,0%) (табл. 3). Почти во всех флорах Голарктики, как и в изучаемой флоре, доминирующее положение занимают *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*. Исключением оказались Станично-Луганское отделение и "Провальская степь" (*Fabaceae* на 4-м месте), РЛП "Скелевой" (*Fabaceae* на 6-м месте), РЛП "Меотида" (*Fabaceae* на 5-м месте), во флоре "Хомутовской степи" семейство бобовые по числу видов менее разнообразно и занимает 7-е место. Число видов *Fabaceae* во многих изолированных флорах высокое за счет гипертрофированного развития рода *Astragalus*.

Таблица 1

Количественное распределение таксономических единиц и основные пропорции флоры РЛП "Донецкий кряж"

Отделы и классы	Число семейств		Процент от общего числа семейств		Число родов		Процент от общего числа родов		Число видов		Процент от общего числа видов		Пропорция (семейств: родов: видов)	
	ДК*	ЮВУ**	ДК	ЮВУ	ДК	ЮВУ	ДК	ЮВУ	ДК	ЮВУ	ДК	ЮВУ	ДК	ЮВУ
<i>Pinophyta</i>	2	2	2,8	0,7	2	2	0,7	0,2	2	2	0,4	0,1	1:1:1	1:1:1
<i>Pinopsida</i>	1	1	1,4	0,7	1	1	0,3	0,2	1	1	0,2	0,1	1:1:1	1:1:1
<i>Gnetopsida</i>	1	1	1,4	0,7	1	1	0,3	0,1	1	1	0,22	0,1	1:1:1	1:1:1
<i>Magnoliophyta</i>	67	117	97,1	90,2	263	580	99,2	97,3	445	1811	99,5	98,4	1:3,9:6,6	1:4,9:15,4
<i>Magnoliopsida</i>	55	91	79,7	73,7	226	461	85,2	77,3	382	1148	85,4	78,8	1:4,1:6,9	1:5,1:12,6
<i>Liliopsida</i>	12	26	17,3	16,5	37	119	13,9	20,0	63	363	14,0	19,6	1:3,1:5,2	1:4,6:14,0
ВСЕГО	69	128	100	100	265	596	100	100	447	1839	100	100	1:3,8:6,5	1:4,6:14,4

Примечание. * – РЛП "Донецкий кряж", ** – юго-восток Украины [1]

**Места ведущих семейств во флорах РЛП "Донецкий кряж"
и других заповедных территорий юго-востока Украины**

Семейство	Флоры-изоляты								
	Донецкий кряж	Скелевой	Меотида	Каменные Могилы	Хомутовская степь	Меловая флора	Станично-Луганское отделение	Провальская степь	Стрельцовская степь
<i>Asteraceae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fabaceae</i>	2	6	5	3	7	3	4	4	3
<i>Poaceae</i>	3	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Rosaceae</i>	4	5	11	5	3	6	6	3	6
<i>Lamiaceae</i>	5	3	7	4	5	4	5	6	5
<i>Scrophulariaceae</i>	6	8	9	7	8	8	9	7	8
<i>Caryophyllaceae</i>	7	7	4	8	6	7	10	8	7
<i>Apiaceae</i>	8	10	10	10	9	10	7	9	9
<i>Brassicaceae</i>	9	4	3	6	4	5	3	5	4
<i>Ranunculaceae</i>	10	9	13	9	10	9	8	11	10
<i>Boraginaceae</i>	11	11	8	11	11	11	11	10	8
<i>Polygonaceae</i>	12	12	12	13	14	14	12	13	11
<i>Rubiaceae</i>	13	13	14	12	13	12	13	12	14
<i>Chenopodiaceae</i>	14	14	6	14	12	13	14	14	13
В трех ведущих семействах, %	33,3	27,3	31,9	31,4	32,6	33,7	29,7	30,7	34,5
В десяти ведущих семействах, %	64,2	65,0	65,3	64,6	66,7	69,0	57,1	63,4	68,9
Коэффициент Кендэла (τ)	–	0,75	0,40	0,83	0,71	0,78	0,73	0,82	0,78

Положение семейства *Rosaceae* во флоре РЛП "Донецкий кряж" обусловлено полиморфизмом крупнейших родов этих семейств – *Rosa* и *Potentilla*, а также лесными видами, среди которых многие – это деревья и кустарники. Это является показателем умеренногларктического характера изучаемой флоры. Наиболее репрезентативным по отношению к региональной флоре является семейство *Lamiaceae* (28 видов, 6,2%). Велика роль в сложении флоры парка и таких характерных крупных семейств, как *Scrophulariaceae*, *Caryophyllaceae*, *Apiaceae*. Семейства *Brassicaceae* и *Ranunculaceae* занимают 9–10-е места во флоре РЛП "Донецкий кряж".

Представление о соотношении семейственных составов 9 флор-изолятов, в целом, получено с использованием коэффициента Кендэла. Этот коэффициент варьирует в границах от +1 до –1. При $\tau = +1$ имеет место полное сходство флор, а при $\tau = -1$ – полное различие двух рядов рангов. Сравнение спектра семейств каждой флоры с флорой РЛП "Донецкий кряж" показывает наибольшее сходство "Донецкого кряжа" с "Каменными Могилами" и "Провальской степью", а наименьшее – с "Меотидой" (рис. 1).

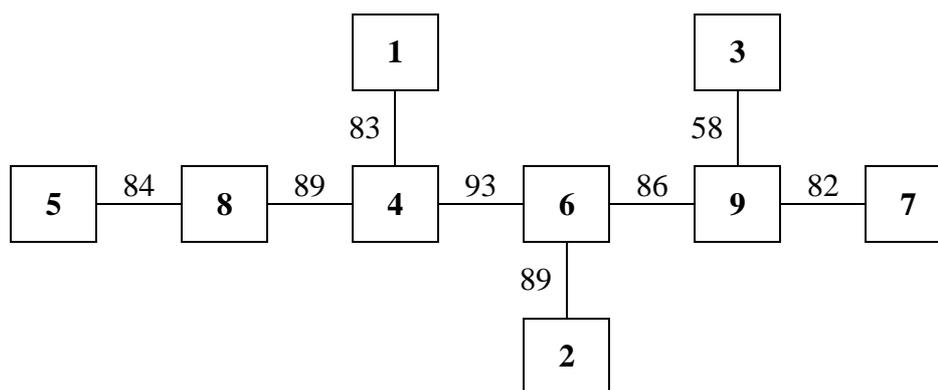


Рис. 1. Дендрит "максимального корреляционного пути", связывающий наиболее сходные по систематической структуре флоры РЛП "Донецкий кряж" и некоторых заповедных территорий юго-востока Украины.

Нумерация флор дана в соответствии с табл. 2; цифры у линий – значения коэффициентов ранговой корреляции Кендэла (ноль целых везде отброшен).

Из рис. 1 видно, что на уровне минимальной в дендрите связи (58) все 9 флор обнаруживают определенное сходство систематической структуры, что объясняется их принадлежностью к Восточно-Причерноморской флористической подпровинции. Наиболее высокий уровень сходства наблюдается между "Меловой флорой" и "Каменными Могилами" (93).

Более полно внутреннюю структуру и специфические особенности флоры-изолята отражает родовой флористический спектр. В отличие от спектра семейств в нем нет ярко выраженного преобладания нескольких родов, насчитывающих большое число видов (табл. 4).

Таблица 4

Спектр ведущих родов во флоре РЛП "Донецкий кряж" и некоторых заповедных территорий юго-востока Украины

Род	Флоры-изоляты								
	Донецкий кряж	Скелевой	Меотида	Каменные Могилы	Хомутовская степь	Меловая флора	Станично-Луганское отделение	Провальская степь	Стрельцовская степь
<i>Rosa</i>	1	2	–	8–10	2–3	6–10	–	1	4–5
<i>Scorzonera</i>	2	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Galium</i>	3–5	4–6	–	8–10	–	–	1	2	2–3
<i>Campanula</i>	3–5	–	–	–	–	6–10	–	–	–
<i>Artemisia</i>	3–5	–	1–2	–	–	6–10	6–8	–	4–5
<i>Astragalus</i>	6–7	–	8–10	7	6–7	4–5	–	–	6–8
<i>Stipa</i>	6–7	8–10	–	1–2	1	–	–	7	2–3
<i>Viola</i>	8–10	4–6	–	–	–	2–3	3	8–10	–
<i>Potentilla</i>	8–10	3	–	4	5	1	9–10	5–6	–
<i>Veronica</i>	8–10	1	–	3	2–3	6–10	4–5	4	1
В десяти ведущих родах, %	15,9	14,1	9,7	17,5	15,9	6,5	14,6	19,4	17,4

Анализ видового богатства родов показал, что род *Rosa* наиболее репрезентативен во флоре РЛП "Донецкий кряж" и "Провальской степи", где занимает 1-е место по количеству видов, чем в других заповедных объектах: РЛП "Скелевой" (2-е место), Хомутовская степь (2–3-е места), Стрельцовская степь (4–5-е). В "Меловой флоре" и во флоре "Каменных могил" род *Rosa* менее разнообразен и занимает 6–10-е места.

Следует отметить наблюдающуюся концентрацию видов рода *Scorzonera* во флоре РЛП "Донецкий кряж", где этот род занимает 2-е место.

Разнообразие рода *Galium* варьирует в широких пределах во всех флорах-изолятах, начиная с 1-го места в Станично-Луганском отделении и заканчивая 10-м местом во флоре "Каменных Могил".

Значительное число видов в родах *Campanula*, *Viola* и *Potentilla* отражает разнообразие условий обитания в РЛП "Донецкий кряж".

Разнообразными по видовому составу являются роды *Artemisia*, *Astragalus*, *Stipa*, их места в спектре в разных флорах-изолятах различны (1–10-е).

Высокое место занимает во всех флорах род *Veronica*, что является показателем смешанного характера флор (1–10-е).

Выводы

Результаты инвентаризации флоры недавно организованного РЛП "Донецкий кряж" свидетельствуют о высокой флористической репрезентативности изучаемой локальной флоры по отношению к Восточно-Причерноморской подпровинции. Анализ систематической структуры флоры РЛП "Донецкий кряж" показал ее сходство с флорой юго-востока Украины, но вместе с тем и подчеркнул ее особенности, связанные с расположением, геологическим строением, а также с особенностями исторического развития.

Список литературы

1. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Бурда Р.И. Флоры особо охраняемых территорий на юго-востоке УССР // Тез. докл. Всесоюз. совещ. "Проблемы охраны генофонда и управления экосистемами в заповедниках степной и пустынной зон" (Аскания-Нова, 21–25 мая 1984 г.). – М.: Наука, 1984. – С.14-18.
3. География растительного покрова Украины / Ю.Р. Шеляг-Сосонко, В.В. Осычнюк, Т.Л. Андриенко. – К.: Наук. думка, 1980. – 288 с.
4. Дубовік О.М. Нарис флори Донецького Лісостепу. I. Загальна характеристика флори і диз'юнкції ареалів рослин // Укр. бот. журн. – 1963. – Т. 20, № 6. – С. 63-72.
5. Дубовік О.М. Нові види рослин з Донецького Лісостепу // Укр. бот. журн. – 1964. – Т. 21, № 2. – С. 83-94.
6. Зоз І.Г., Клоков М.В. Нотатки про українську *Tulipa biebersteiniana* s. amr. Попереднє повідомлення // Харківський державний університет. Тр. наук.-досл. інституту ботаніки. – 1935. – Т. 1. – С. 61-74.
7. Клеопов Ю.Д. Рослинне вкриття південно-західної частини Донецького кряжа // Вісн. Київ. ботан. саду. – 1933. – Вип. 15. – С. 9-162.
8. Клоков М.В., Котов М.І., Лавренко Є.М. Опис деяких нових видів з України // Укр. ботан. журн. – 1926. – № 3. – С. 15-21.
9. Клоков М.В., Котов М.І., Лавренко Є.М. Рослинність Донбаса // Червоний шлях. – 1924. – № 8/9. – С. 210-211.
10. Котов М.І. Нові та цікаві рослини для Донецького та Макіївського районів Донбаса // Вісн. Київськ. бот. саду. – 1934. – Вип. 17. – С. 53-69.
11. Котов М.І. Рослинність крутих відслонень кам'янистих порід Донецького кряжу та освоєння їх сільським і лісним господарством // Журн. Ін-ту бот. АН УРСР. – 1940. – № 23 (31). – С. 76-89.

12. *Лавренко Е.М.* Лесные реликтовые (третичные) центры между Карпатами и Алтаем // Журн. Русск. ботан. о-ва. – 1930. – 15, № 4. – С. 351-363.
13. *Лавренко Е.М.* Почвы и леса Донецкого края // Почвоведение. – 1926. – № 3/4. – С. 119-122.
14. *Луганский* государственный заповедник. Растительный мир // Е.Н. Кондратюк, В.М. Остапко, Т.Т. Чуприна, М.Т. Хомяков / Отв. ред. В.П. Тарабрин; АН УССР. Донецкий ботанический сад. – К.: Наук. думка, 1988. – 188 с.
15. *Остапко В.М.* Эйдологические, популяционные и ценотические основы фитосоциологии на юго-востоке Украины. – Донецк: ООО "Лебедь", 2005. – 408 с.
16. *Остапко В.М., Назаренко Г.С., Гнатюк Н.Ю., Муленкова О.Г., Мовчан Т.Ю. та ін.* Рідкісні та зникаючі види флори регіонального ландшафтного парку "Донецький край" // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 233-237.
17. *Остапко В.М., Тохтарь В.К., Бойко Г.В., Хархота Г.І., Купенко Н.П. та ін.* Нові доповнення до складу флори південного сходу України // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 45-51.
18. *Путешествие* академика Гюльденштедта // Харьк. сб. – 1891. – Вып. 5. – С. 71–158.
19. *Талиев В.И.* Материалы для ботанико-географического описания Донецкой возвышенности, I. Бассейн р. Миуса // Тр. о-ва испыт. природы Харьк. ун-та. – 1899. – Т. 33. – С. 167-277.
20. *Талиев В.И.* Растительность крайнего юго-восточного пункта Екатеринославской губернии (с. Ольховатка Славяносербского уезда) // Тр. о-ва испыт. природы Харьк. ун-та. – 1896. – 30. – С.145-205.
21. *Ткаченко В.С., Дідух Я.П., Генов А.П. та ін.* Український природний степовий заповідник. Рослинний світ. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 280 с.
22. *Толмачев А.И.* Введение в географию растений. – Л.: Изд-во ЛГУ им. А.А. Жданова, 1974. – 244 с.
23. *Толмачев А.И.* О количественной характеристике флор и флористических областей. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1941. – 37 с.
24. *Толмачев А.И.* О некоторых количественных соотношениях во флорах Земного шара // Вестн. ЛГУ им. А.А. Жданова. Сер. 15. – 1970. – Вып. 3. – С. 62-74.
25. *Шмальгаузен И.Ф.* Флора Средней и Южной России, Крыма и Северного Кавказа: Руководство для определения семенных и споровых растений. – К., 1897. – Т. 1-2. – 880 с.
26. *Шмидт В.М.* Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во ЛГУ им. А.А. Жданова, 1980. – 176 с.

Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Систематична структура флори регіонального ландшафтного парку "Донецький край". – Встановлено, що флора регіонального ландшафтного парку "Донецький край" включає 447 видів, 265 родів, 69 родин судинних рослин, що складає 23% флори південного сходу України. Аналіз систематичної структури флори, у порівнянні з флорами-ізолятами восьми територій природно-заповідного фонду регіону, показав подібність структури з регіональною флорою та особливості локальних флор.

Ключові слова: флора, систематична структура, Донецький край, регіональний ландшафтний парк.

Ostapko V.M., Gnatyk N.Yu. Systematic structure of flora from the regional landscape park "Donetskiy kryazh". – It has been determined that flora of the regional landscape park "Donetskiy kryazh" includes 447 species, 265 genera and 69 families of vascular plants which is 23% of the flora of the south-east of Ukraine. Analysis of systematic structure of the flora, compared to floras-isolates from 8 territories of the natural reservation fund of the region, revealed similarity between the structure and the regional flora and indicated the peculiarities of local floras.

Key words: flora, systematic structure, Donetskiy kryazh, regional landscape park.

С.А. Прилуцкая
БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛЬШОГО И МАЛОГО
ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ *ZEPHYRANTHES VERECUNDA* HERB.
(СЕМЕЙСТВО AMARYLLIDACEAE JAUME ST.-NIL.)
В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В ЗАЩИЩЕННЫЙ ГРУНТ
ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН УКРАИНЫ

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, просп. Ильича, 110
e-mail: herb@herb. dn. ua; Priluk@mail. ru

Прилуцкая С.А. Биоморфологические особенности большого и малого жизненных циклов *Zephyranthes verecunda* Herb. (семейство Amaryllidaceae Jaume St.-Nil.) в условиях интродукции в защищенный грунт Донецкого ботанического сада НАН Украины. – Проведен сравнительный анализ особенностей морфогенеза побегов ветвления и побегов возобновления луковиц *Zephyranthes verecunda* Herb. (семейство Amaryllidaceae Jaume St.-Nil.) в условиях защищенного грунта Донецкого ботанического сада НАН Украины. Приведена продольная схема морфогенеза многолетнего монокарпического побега, объясняющая боковое положение цветоносов при симподиальном нарастании луковицы. Дана характеристика возрастных состояний в онтогенезе.

Ключевые слова: интродукция, онтогенез, морфогенез многолетнего монокарпического побега, *Zephyranthes verecunda* Herb. (семейство Amaryllidaceae Jaume St.-Nil.).

В ботанической литературе советского периода дан обзор важнейших работ зарубежных авторов и накоплен значительный оригинальный материал по морфологии вегетативной сферы луковичных растений [1, 4–6]. Для многих видов семейства Amaryllidaceae Jaume St.-Nil. (амариллисовых) исследованы содержание листовых серий, особенности перехода в репродуктивную фазу развития, построены поперечные диаграммы и осевые схемы строения луковиц [8, 9–15]. Менее освещенными остаются вопросы онтогенетического развития амариллисовых в условиях различных интродукционных пунктов [1, 2, 3, 19, 24]. На сегодняшний день недостаточно изучены большие и малые жизненные циклы вечнозеленых луковичных растений защищенного грунта вообще и видов рода *Zephyranthes* Herb., в частности. Сведения о семенном и вегетативном размножении вида поверхностны, не описаны возрастные состояния, не определены границы жизненных циклов, нет четкого определения и смыслового разграничения элементарного и годичного прироста, недостаточно четко сформирован терминологический аппарат.

Изучение морфогенеза многолетнего монокарпического побега, являющегося элементарной единицей побеговой системы [20, 26], а также закономерностей индивидуального развития и возрастных состояний имеет важное теоретическое и практическое значение с точки зрения описания морфологических закономерностей в процессе формирования клона и вегетативного размножения, и прогнозирования успешности вегетативного и генеративного развития в условиях культуры. Цель настоящей работы – исследование особенностей морфогенеза побегов ветвления и побегов возобновления в онтогенезе *Zephyranthes verecunda* Herb., в условиях защищенного грунта Донбасса.

В состав рода *Zephyranthes* Herb. входит около 40 видов, произрастающих по берегам и в поймах рек Центральной и Южной Америки, Западной Индии [31–33], в коллекции фондовых оранжерей содержится 9 видов рода. Вид *Z. verecunda* содержится в грунтовой и горшечной культуре фондовых оранжерей Донецкого ботанического сада НАН Украины с 1996 г. [22, 24]. Объектом данной работы послужили сеянцы 1999–2003 гг. из семян собственной репродукции.

При дифференциации возрастных состояний нами использовался термин "большой жизненный цикл" в понимании Т.А. Работнова [25]. На протяжении большого жизненного цикла растения проходят следующие возрастные состояния: sin—>p—*j—>im—»v—>g—>s. Согласно системы Т.А. Работнова, дополненной А.А. Урановым [29, 30], их можно разделить на четыре периода: I – латентный, к которому относятся семена в стадии покоя; II – прегенеративный – проростки, ювенильные, имматурные и виргинильные растения; III –

генеративный – цветущие растения; IV– постгенеративный – сенильные растения. На фоне фенологических наблюдений за растениями [21] описание морфогенеза монокарпического побега выполнено методом морфологического анализа [23, 27] в соответствии с рекомендациями Е.А. Седовой [26], И.П. Игнатъевой [20].

В настоящей работе изучены биоморфологические особенности семян собственной репродукции, а также представлена характеристика возрастных состояний вида *Z. verecunda* от проростков до наступления фазы молодого генеративного растения.

Семена в стадии покоя (Sm) прямые, плоские, конусовидные среднего размера (толщина 1–1,1 мм, диаметр 4–5 мм), семенная кожура кожистая, блестяще черная, поверхность голая, гладкая, без придатков. Эндосперм мясистый, выполняет в семени основную запасающую функцию, зародыш маленький, прямой, расположение базальное.

Проростки (P). При посеве свежих семян *Z. verecunda*, сразу после созревания в июне, появление главного корня отмечено на 9-12 день. Всхожесть составляет 72–79%. Тип прорастания – подземный, семядоля не выносится на поверхность, а остается в семени. Влагалище семядоли, дугообразно изгибаясь, растет вниз и углубляет в почву почечку и зародышевый корень, имеет место положительный геотропический рост. Замкнутое влагалище семядоли защищает скрытую в нем почечку с зачатками листьев. На поверхность выносятся первый лист, который выходит из трубчатого влагалища семядольного листа. Основание семядольного и первого листьев преобразуются в запасающие чешуи. Остатки семени опадают (рис. 1) на стадии второго и третьего листа. Верхушка зародышевого корня отмирает на стадии образования третьего листа, возникают придаточные корни, некоторые из которых – втягивающие. По мере формирования чешуи на донце увеличивается число придаточных корней. Сроки появления и размеры листьев, динамика образования луковицы в соответствии с другими признаками, определяющими возрастные состояния, отражены в табл. 1 и 2. Далее, в процессе онтогенеза увеличение диаметра луковицы происходит за счет оснований ассимилирующих листьев. Образование низовых листьев, лишенных листовых пластинок, не происходит.

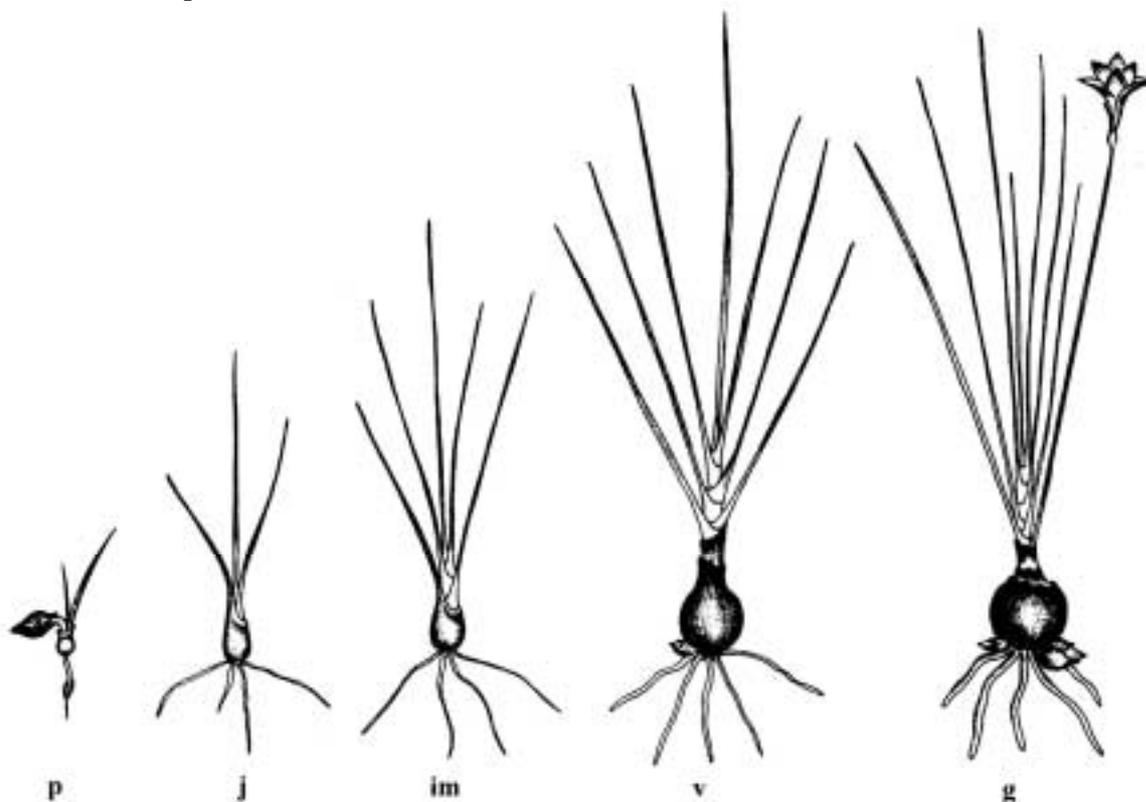


Рис. 1. Пояснения в тексте

Таблица 1

Посевные качества семян *Zephyranthes verecunda* Herb., собственной репродукции

Срок хранения семян	Всхожесть, %			Срок появления, день		
	Посевные ящики, землесмесь	Чашки Петри, фильтровальная бумага	Чашки Петри, землесмесь	Главного корня	Первого листа	Второго листа
Свежие	89,33±5,05	72,53±7,35	92,56±6,39	20-23	39-45	56-67
2 месяца	83,69±3,65	75,28±5,69	85,97±7,58	20-23	39-45	56-69
3 года	79,44±5,26	67,25±3,58	79,21±5,66	20-27	41-49	59-75

Таблица 2

Морфологические характеристики возрастных состояний *Zephyranthes verecunda* Herb.

Возрастное состояние	Ассимилирующие листья			Луковица				Количество дочерних луковичек
	Количество, шт.	Длина, см	Ширина, см	Высота, см	Диаметр, см	Форма	Количество чешуи, шт.	
P	1	5,02±0,09	0,05±0,00	0,45±0,01	0,30±0,01	Овальная	1	-
J	2,56±0,09	9,14±0,25	0,10±0,01	0,81±0,01	0,51±0,01	Овальная	3	-
Im	5,28±0,51	13,45±0,78	0,11±0,01	1,22±0,01	0,70±0,01	Овальная	7,45±0,02	-
V	8,96±0,11	17,22±0,99	0,20±0,01	1,63±0,05	1,30±0,01	Округлая	10,25±0,11	1,52±0,51
G	11,31±0,25	25,14±2,58	0,31±0,01	2,50±0,05	2,44±0,11	Округлая	19,49±3,06	3,02±0,45
S	-	-	-	-	-	-	-	-

Ювенильные растения (J). Характерной особенностью ювенильных растений является наличие 2–3 темно-зеленых узколинейных листьев с замкнутым основанием. Формируется овальная туникатная луковица, прекращается рост главного корня, развиваются 4–6 придаточных корней, в базальной части обладающих контракильными свойствами (заметна характерная морщинистость). Луковички четырехлистных сеянцев овальной формы, высотой 0,5–0,8 см и диаметром до 0,2–0,3 см, белые, без сухих защитных чешуи. Луковички заглублены в почву на 0,5–1,1 см. Растения данного возрастного состояния характеризуются автономным питанием, осуществляется усложнение строения органов, накопление пластических веществ и увеличение биомассы.

Имматурные растения (im). Характеризуются наличием 4–6 узколинейных листьев с постепенно увеличивающимися размерами листовой пластинки, 6–7 придаточных корней. Луковицы становятся округлыми, диаметром – 0,5–0,8 см. Начинается процесс активного образования новых листьев, отмирают первые две листовые пластинки, влагалища которых превращаются в сочные мясистые белые внешние луковичные чешуи.

Виргинильные растения (y). Одновременно с отмиранием первых листовых пластинок происходит образование первого предлиста – листа с нормальной листовой пластинкой и незамкнутым основанием (узкая луковичная чешуя) и заложение зачатка цветоноса, который будет реализован на будущий год при благоприятных внешних условиях. После заложения зачатка цветоноса образуется три новых листовых пластинки, и только после их полного развития происходит развитие цветка. Из трех листьев листовой серии два имеют замкнутое основание, образующее туникатную луковичную чешую, а один, предшествующий цветоносу, имеет незамкнутое основание, образующее узкую чешую. Если в связи с неблагоприятными внешними условиями не образуется цветонос, то предлист с незамкнутым основанием тоже не образуется. Таким образом, зачатки генеративных органов закладываются после каждого третьего листа, но их развитие запаздывает по сравнению с

ростом листьев. Именно поэтому при переходе в генеративную стадию развитый цветонос с бутоном оказывается сбоку от розетки листьев. Отмечается начало моноподиального ветвления основной оси с образованием дочерних боковых луковичек, под защитой внешних чешуи. К данной группе относятся растения с образовавшимися зачатками генеративных органов и вполне развитыми листовыми пластинками, заложение которых произошло уже после закладки цветоносов. Луковицы становятся больших размеров, диаметром – 1,3-1,5 и высотой 1,5-1,8 см, состоят не менее чем из 9–12 чешуи, заглублены на 0,7-0,1 см (см. табл. 2).

Генеративные растения (g). Данное состояние фиксируется началом цветения. Сеянцы *Z. verecunda* активно цветут уже на третий год. Заложение репродуктивных органов происходит в виргинильном состоянии при накоплении луковицей не менее четырех сочных чешуи, утративших листовую пластинку, и трех зеленых листьев, диаметр луковиц составляет 2,0–2,2 см, высота – 2,4–2,6 см (см. табл. 2). Характерно образование от 1 до 4 боковых дочерних луковичек и большого количества придаточных корней (без выраженных контрактивных свойств), расположенных кольцом по периферии донца. За год в луковице происходит закладка, как правило, 5 листовых серий (два листа с замкнутым основанием, один – с незамкнутым и цветонос). Из них полностью развиваются только листовые органы 4-х серий (12 листовых пластинок) и генеративные – 2-х или 3-х серий (2–3 цветка на одну луковицу). Развитие оставшихся 2-3-х цветоносов и 3-х листьев остается на будущий год. При неблагоприятных внешних условиях последовательность закладки генеративных органов может нарушаться и цветения не происходит. Таким образом, каждая зрелая генеративная луковица *Z. verecunda* способна образовывать 3 цветка за один период цветения и 12–15 листьев в год.

Сенильные растения (g). При выращивании вида в горшечной культуре оранжереи с 1996 г. признаков сенильности нами не обнаружено.

Малый жизненный цикл (морфогенез монокарпического побега) охватывает период его развития от начала инициации в виде недифференцированного участка меристемы и включает внутривершинную стадию развития побега, его вегетацию, а также отмирание всех его надземных и подземных метамеров. В конце февраля – начале марта у *Z. verecunda* происходит последовательное образование зачатков 4–5 симподиально сочлененных *побегов возобновления* повышающихся порядков. Их дальнейшее развитие происходит следующим образом: в период активного видимого роста (с марта по июль) последовательно развиваются листовые пластинки трех или четырех побегов возобновления. Цветки развиваются последовательно уже после полного развития листовых пластинок в период цветения (июнь – июль). Развитие плодов, созревание семян и отмирание цветоносов происходит также последовательно на фоне вегетации и частичного отмирания листовых пластинок. С октября по февраль происходит последовательное отмирание старых чешуй с освобождением боковых дочерних луковичек, а также отмирание листовых пластинок с образованием луковичных чешуй. Заложение зачатков *побегов возобновления* будущего года наблюдается в феврале – марте после полного завершения цветения и плодоношения системы монокарпических побегов текущего года. Так происходит симподиальное ветвление главной оси луковицы. Продолжительность жизни *побега возобновления* около 2 лет:

- внутривершинная стадия – 2-3 мес.;
- стадия вегетации листовых пластинок (включая цветение) – 7-12 мес.;
- стадия чешуи, утративших листовую пластинку – 10-12 мес. (рис. 2).

Одновременно с этим у вида *Z. verecunda* происходит образование боковых дочерних луковичек в пазухах внешних луковичных чешуи и моноподиальное ветвление главной оси. Дочерние луковички (*побеги ветвления*) постепенно увеличиваются в размерах, накапливают значительное количество листовых органов и отделяются от материнской луковицы. Сначала образуются листовые пластинки постепенно увеличивающегося размера, и только по достижении диаметра луковицы, равного $2,44 \pm 0,11$ см и при накоплении не менее 3–5 луковичных чешуй, утративших листовые пластинки, наступает первое цветение.

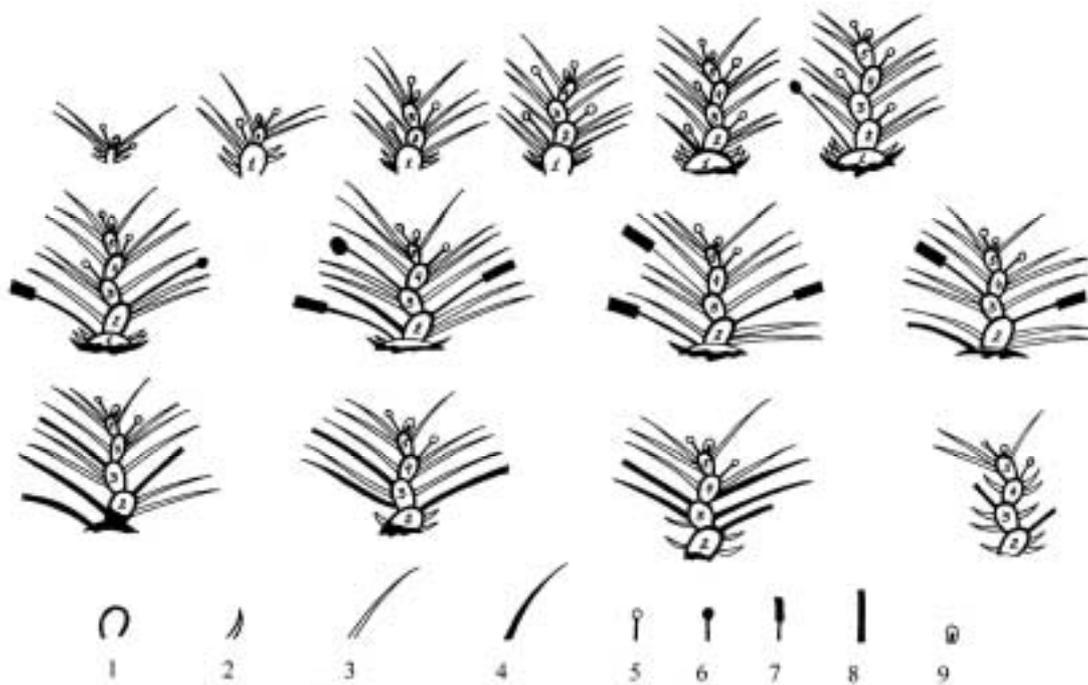


Рис. 2. Пояснения в тексте

Продолжительность жизни побега ветвления около 4 лет:

- внутривушечная стадия – 2-3 мес.;
- стадия моноподиального нарастания оси, вегетации и накопления листовых органов без образования цветков – 20-24 мес.;
- стадия вегетации, включая первое цветение – 7-12 мес.;
- стадия чешуи, утративших листовую пластинку – 10-12 мес.

В результате проведенного анализа вид *Z. verecunda* можно отнести к растениям с продолжительным онтоморфогенезом и короткой внутривушечной стадией, согласно классификации О.В. Смирновой [28]. Особенностью строения луковицы вида *Z. verecunda* является образование за один год 4–5 симподиально сочлененных побегов возобновления, при этом последовательное развитие цветков происходит уже после развития и частичного отмирания листовых пластинок побегов 1–3-го порядков. Этим объясняется боковое положение цветков при симподиальном сочленении. Ветвление является одновременно и естественным способом вегетативного размножения, единичные луковицы представляют собой вегетативный клон второго типа [20]. Побеги ветвления (дочерние луковички) образуют клон первого типа и претерпевают различную степень омоложения [20, 26], что выражается в образовании последовательно увеличивающегося количества листовых пластинок, форма и размеры которых отличаются от таковых у зрелых генеративных луковиц. Побеги ветвления достигают генеративной зрелости по достижении определенного диаметра луковицы, или "критической массы" [5, 19] и накоплении определенного количества чешуи. С наступлением периода генеративной зрелости возобновление дочерних луковичек становится симподиальным с помощью следующих друг за другом побегов возобновления.

Список литературы

1. Аксенова Л.М, Седова Е.О. Будова цибулин і морфогенез деяких представників родини Amaryllidaceae // Укр. ботан. журн. – 1981. – Т. 38, № 4. – С. 41-45.
2. Андреева И.И. К биологии *Haemanthus katarinae* Bak. (Amaryllidaceae) // Ботан. журн. – 1979. – Т. 35, № 10. – С. 1452-1462.
3. Андреева И.И. Особенности морфогенеза вегетативных органов гемантуса катарины в первый год // Бюл. Гл. Ботан. Сада. – 1971. – Вып. 80. – С. 52-55.

4. *Артюшенко З.Т.* Амариллисовые СССР. Морфология, систематика и использование. – Л.: Наука, 1970. – 180 с.
5. *Артюшенко З.Т.* Морфолого-анатомические признаки в роде *Crinum* (Amaryllidaceae) и их таксономическое значение // Ботан. журн. – 1992. – Т. 77, № 10. – С. 31-38.
6. *Артюшенко З.Т.* Морфолого-анатомическое исследование представителей рода *Hymenocallis* (Amaryllidaceae) // Ботан. журн. – 1996. – Т. 81, № 4. – С. 78-86.
7. *Артюшенко З.Т., Дзидзигури Л.К.* Значение анатомического строения вегетативных органов у рода *Zephyranthes* Herb. (Amaryllidaceae) для систематики // Ботан. журн. – 1979. – Т. 64, № 3. – С. 405-409.
8. *Артюшенко З.Т., Щепак А.В.* Ветвление побега у представителей семейства Amaryllidaceae // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67, № 8. – С. 1074-1062.
9. *Асатрян М.Я.* К биологии некоторых представителей родов *Cyrtanthus* Ait. и *Nerine* Herb. // Биол. журн. Армении. – 1985. – Т. 38, № 5. – С. 432-439.
10. *Асатрян М.Я.* Морфолого-анатомические особенности рода *Valotta* Herb. // Биол. журн. Армении. – 1989. – Т. 42, № 3. – С. 218-224.
11. *Асатрян М.Я.* Низовые чешуи в луковицах некоторых представителей семейства Amaryllidaceae // Ботан. журн. – 1993. – Т. 78, № 8. – С. 52-57.
12. *Асатрян М.Я.* Определительная таблица для некоторых представителей амариллисовых // Биол. журн. Армении. – 1988. – Т. 41, № 10. – С. 867-870.
13. *Асатрян М.Я.* Приемы выращивания *Valotta purpurea* Herb. // Биол. журн. Армении. – 1989. – Т. 42, № 3. – С. 225-228.
14. *Асатрян М.Я.* Тип ветвления луковиц у некоторых амариллисовых // Биол. журн. Армении. – 1985. – Т. 38, № 10. – С. 908-909.
15. *Асатрян М.Я.* Эколого-географическая характеристика южноафриканских родов *Cyrtanthus* Ait. и *Nerine* Herb. (Amaryllidaceae) // Бюл. Ботан. сада АН Армянской ССР. – 1988. – № 29. – С. 81-91.
16. *Берко Й.М.* До питання вивчення і періодизацій великого життєвого циклу вегетативно рухливих рослин // Укр. ботан. журн. – 1976. – Т. 33, № 6. – С. 604-607.
17. *Дзидзигури Л.К.* Ветвление побега *Zephyranthes* Herb. (Amaryllidaceae) // Ботан. журн. – 1979. – Т. 64, № 1. – С. 64-68.
18. *Дзидзигури Л.К.* Строение и развитие луковицы *Zephyranthes candida* Herb. (Amaryllidaceae) // Ботан. журн. – 1978. – Т. 63, № 12. – С. 575-579.
19. *Жила А.І.* Деякі особливості цвітіння та плодоношення *Crinum firmifolium* Baker var. *hydrophilum* H. Perrier. // Мат. Міжнар. конференції "Онтогенез рослин в природному та трансформованному середовищі" (м. Львів, 1-4 липня 1998 р.). – Львів: Сполом, 1998. – С. 143.
20. *Игнатьева И.П.* Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений: Методические рекомендации. – М.: Изд-во ТСХА, 1983. – 48 с.
21. *Каприсонова Р.А.* Методика фенологических наблюдений за травянистыми многолетниками в отделении флоры ГБС АН СССР. – М.: ГБС, Деп. ВИНТИ, 1972. – 21 с.
22. *Каталог растений Донецкого ботанического сада: Справочное пособие / Под ред. Е.Н. Кондратюка.* – К.: Наук. думка, 1988. – 528 с.
23. *Куперман Ф.М.* Морфофизиология растений. – М.: Высш. шк., 1968. – 223 с.
24. *Прилуцкая С.А.* Биоморфологические особенности *Zephyranthes verecunda* Herb. при интродукции в Донецкий ботанический сад // Бюл. Никит. ботан. сада. – Ялта, 2001. – Вып. 82. – С. 81-83.
25. *Работнов Т.А.* Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. Бот. ин-та им. В.Л. Комарова АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – 1950. – Вып. 6. – С. 7-205.

26. Седова Е.А. Закономерности органогенеза луковичных и клубнелуковичных геофитов. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1976. – 30 с.
27. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Наука, 1952. – 391 с.
28. Смирнова О.В. Структура травянистого покрова широколиственных лесов. – М.: Наука, 1987. – 205 с.
29. Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюлл. Моск. о-ва исп. природы, отд. Биол. – 1960. – Т. 65, № 3. – С. 77-91.
30. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Научн. докл. высш. школы. Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7-31.
31. Baker J.G. Handbook of the Amaryllidaceae. – London, 1888. – 216 p.
32. Bailey L.H. The standard cyclopedia of horticulture. – New York, 1928.
33. Thiselton-Dyer T. Flora Capensis. – London, 1900. – 240 p.

Прилуцька С.О. Морфогенез багаторічного монокарпічного пагону *Zephyranthes verecunda* Herb. (родина Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.) в умовах інтродукції в захищений ґрунт Донецького ботанічного саду НАН України. – Проведено порівняльний аналіз особливостей морфогенезу пагонів галуження та пагонів поновлення цибулин *Zephyranthes verecunda* Herb. (родина Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.) в умовах захищеного ґрунту Донецького ботанічного саду НАН України. Подано повздовжню схему морфогенезу багаторічного монокарпічного пагону, що з'ясує візуально бічне положення квітконосів при симподіальному зчленуванні пагонів цибулини. Подано характеристику вікових станів в онтогенезі.

Ключові слова: інтродукція, онтогенез, морфогенез багаторічного монокарпічного пагону *Zephyranthes verecunda* Herb. (родина Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.).

Prilutskaya S.A. Biomorphological peculiarities of the big and small life cycles of *Zephyranthes verecunda* Herb. (family Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.) under the conditions of introduction into Donetsk Botanical Gardens Nat. Acad. Sci. of Ukraine conservatories. – A comparative analyze of property of the morphogenesis of branching and renewal shoot of bulb under the conditions of introduction into Donetsk Botanical Gardens Nat. Acad. Sci. of Ukraine conservatories has been performed. The longitudinal scheme of perennial monocarpic shoot, explaining visual lateral position of flower-bearing under the sympodial growth of the bulb, and the age stations characteristic have been presented.

Key words: introduction, onthogenesis, morphogenesis of perennial monocarpic shoot, *Zephyranthes verecunda* Herb. (family Amaryllidaceae Jaume St.-Hil.).

А.І. Сафонов
ФІТОГЕОХІМІЯ МІДІ У АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНОМУ
СЕРЕДОВИЩІ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
safonov@dongu.donetsk.ua; andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А.І. Фітогеохімія міді у антропогенно трансформованому середовищі. – Визначено специфіку локалізації міді у коренезаселеному шарі ґрунтів та рослинах на території Артемівського та Костянтинівського районів Донецької області. Встановлено динаміку зсунення геохімічних провінцій забруднення та особливостей міграції міді у деяких рослинах.

Ключові слова: геохімічні провінції забруднення, міграція міді в рослинах.

Вступ (теоретичне обґрунтування питання)

Важкі метали відіграють особливу роль у біосфері. Характерною рисою їх розповсюдження в природних середовищах є досить значні коливання концентрацій. Знаходячись здебільшого у розсіяному стані, метали можуть утворювати локальні акумуляції, де їх концентрація у багато сотень разів перебільшує середньопланетарні рівні [1-5]. Разом із тим забруднення важкими металами є характерною рисою сучасної промисловості. Їх видобування із земних надр та використання в індустріальних цілях, сільському господарстві зростають, що супроводжується їх штучним розсіюванням у оточуючому середовищі [1, 4, 6]. Одним із основних інгредієнтів промислових викидів є мідь [7]. Регіональне забруднення ґрунтів міддю, як зазначено у більшості публікацій [1-3, 5, 7, 8], відбувається, головним чином, у промислових районах та центрах населених пунктів. Важливим джерелом забруднення середовища є підприємства, транспорт та комунальні стічні води [1, 7]. Осередком забруднення ґрунтів у деяких промислових регіонах можуть бути відвали металургійних заводів та рудників за рахунок мобілізації та переносу важких металів ґрунтовою водою або розповсюдження вітром [1, 5, 9, 10].

Мета даної роботи – встановлення специфіки забруднення ґрунтів міддю, а також проведення констатуючого аналізу міграційних процесів токсичного елемента в рослинах для визначення ступеня інформативності цих показників у індикаційних заходах.

Матеріали та методи

Модельною зоною для проведення дослідження обрали територію Артемівського та Костянтинівського районів Донецької області, де нами було закладено 302-компонентну моніторингову сітку, методику створення якої було зазначено у попередніх публікаціях [11, 12]. Механізм відбору проб рослинного матеріалу та в ризосфері описаний нами раніше [11-17] та відповідає вимогам при проведенні моніторингових досліджень [6, 18-20]. За допомогою методів атомно-абсорбційного аналізу та рентгенофлуоресценції [20-22] встановили рівень забруднення ґрунтів міддю на території дослідного району.

Для представлення матеріалів та зведення даних у таблиці обрано 13 репрезентативних пробних площ: СЕРЕБ – сільський населений пункт Серебрянка, долина р. Сіверський Донець (контроль); ЛУГ – населений пункт міського типу Луганське, ділянка степового типу рослинності (контроль); НОВ – сільський населений пункт Новогригорівка, ділянка степового типу рослинності (контроль); ЧАС – Часовоярський вогнетривкий комбінат; ПТ – Артемівський машинобудівний завод "Победа труда"; РК – рудеральний комплекс Артемівського центрального звалища сміття; ОКМ – Артемівський завод з обробки кольорових металів; АВТ – автовокзал м. Артемівська; АСЗ – Артемівський скляний завод; ПІД – рудник виробничого об'єднання "Південний"; КСЗ – Костянтинівський механізований скляний завод; УКЦ – Костянтинівський завод "Укрцинк"; КАВТ – автовокзал м. Костянтинівки.

Міграційні особливості міді вивчали для наступних видів рослин: *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Plantago major* L., *Tanacetum vulgare* L., *Reseda*

lutea L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Tragopogon major* Jacq. та *Daucus carota* L.

Результати та їх обговорення

За шкалою накопичення міді у ґрунтах нами було побудовано відповідну шкалу для валових форм цього елемента у середовищі живлення рослин: 1 – < 50 мг/кг; 2 – 50-69; 3 – 70-99; 4 – 100-149; 5 – 150-199; 6 – 200-249; 7 – 250-299; 8 – 300-349; 9 – 350-399; 10 – > 400 мг/кг. Схематичне зображення специфіки локалізації міді у коренезаселеному шарі ґрунтів на території Артемівського та Костянтинівського районів у 1999 р. представлено на рис. 1, а у 2003 р. – на рис. 2.

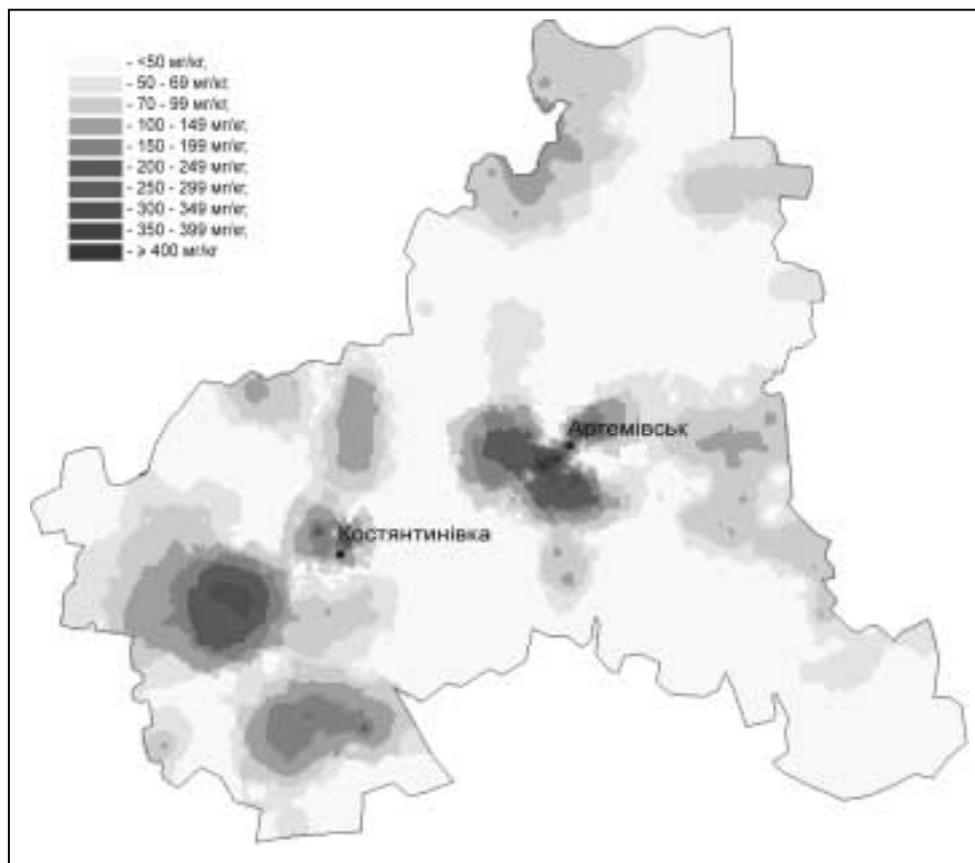


Рис. 1. Специфіка локалізації міді у коренезаселеному шарі ґрунтів на території Артемівського та Костянтинівського районів (1999 р.)

Слід зазначити, що загальний характер забруднення за токсичними концентраціями елемента протягом чотирьох років зберігається, але можна констатувати факт суттєвого збільшення металу з 1999 по 2003 рр. не стільки у зонах безпосередньої промислової діяльності, скільки у місцях, значно віддалених від встановлених осередків металогенії: 1) у північній частині Артемівського району відбувається процес зміни концентрацій, що відповідають індексам 2, 3 та 4, наприклад, для пробних площ № 27, 28 та 32 відзначені локальні осередки забруднення з рівнем Cu 130-140 мг/кг; 2) зазначені також центри металопресингу у зоні 11 км навколо с. Васюківка (до 93 мг/кг) та системи селищ Миронівське-Луганське-Світлодарське (до 160 мг/кг); 3) з 1999 по 2003 рр. більше ніж на 17% території зони з індексом забруднення 1 характеризуються індексом 2, понад 4% території – з індексу 2 перейшли на третій рівень забруднення.

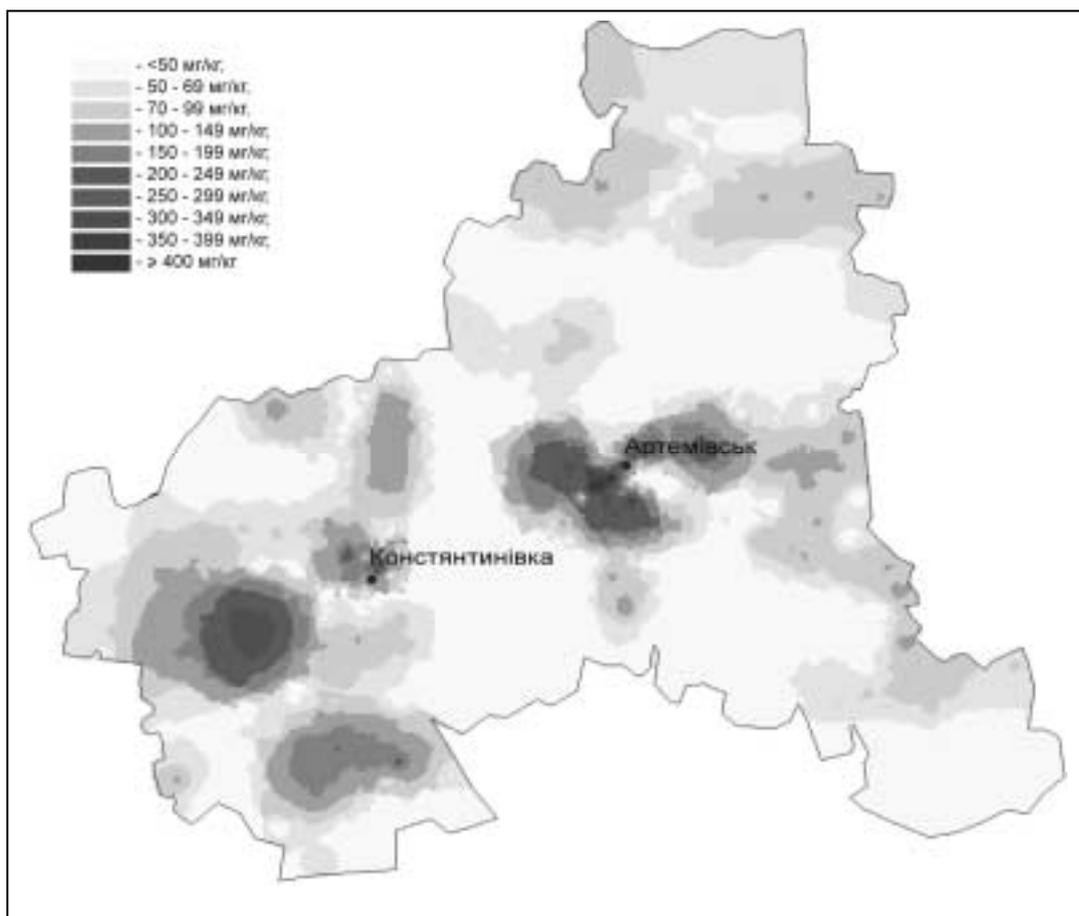


Рис. 2. Специфіка локалізації міді у коренезаселеному шарі ґрунтів на території Артемівського та Костянтинівського районів (2003 р.)

Деякі локальні аномалії токсиканта можуть виникати в результаті корозії конструкційних матеріалів, до складу яких входять сплави міді (електричні проводи, труби). Таким чином, відбувається процес фонового збільшення вмісту міді у коренезаселеному шарі ґрунтів, скоріше за все внаслідок міграції та дифузії активного агента (металу) із зон більшої концентрації у зони меншого вмісту на фоні несуттєво зростаючого забруднення від промислової діяльності. Найбільші концентрації міді визначені на наступних пробних площах: ОКМ (531 у 1999 р. та 562 мг/кг у 2003 р.), ПТ (497 та 499), УКЦ (401 та 409), РК (371 та 390), № 250 (310 та 312), № 105 (351 та 350) та № 119 (361 та 363 мг/кг). З великими джерелами забруднення (головним чином підприємства кольорової металургії) пов'язані аномалії, що особливо чітко можна простежити при територіальному порівнянні, коли концентрація міді у поверхневому шарі ґрунтів зменшується з відстанню від джерела металопресингу. Мікролокальні джерела індустріального забруднення роблять певний внесок у глобальне забруднення атмосфери. Повітряне перенесення токсичної міді суттєво змінюється в залежності від регіональних умов. За даними багатьох авторів [1, 2, 3, 5, 7, 10] мідь є відносно малорухомим елементом у ґрунтах, її сумарний вміст дуже слабо варіює у ґрунтових профілях. Закономірне у широкому масштабі розподілення Cu свідчить, що його початковим становищем у едафічному горизонті керують два головних фактори: материнська порода та ґрунтоутворні процеси. Акумуляція у верхніх горизонтах – головна риса розподілення міді у ґрунтовому профілі. Це явище – результат дії різноманітних факторів, але насамперед концентрація Cu у поверхневому шарі ґрунтів відображує її біоаккумуляцію, а також сучасний антропогенний вплив.

На сучасному етапі забруднення поверхневого шару ґрунтів міддю може призвести до надлишкового накопичення цього елемента внаслідок використання Cu-вмісних речовин:

добрив, розчинів для сільськогосподарських справ, комунальних відходів, а також надходження з індустріальних джерел.

За нашими результатами, площа, на якій рівень забруднення менше гранично допустимого, дорівнює 64%, а територія з максимальними концентраціями (Sp) – 0,20% (1999 р.) для ґрунтів (табл. 1); у 2003 р. ці показники змінилися на 1-2%. Гранично допустиму концентрацію (ГДК) Cu встановлено за літературними джерелами [1, 2, 9, 23]. У табл. 1 зафіксовано зростання показника F (умовно фонового рівня забруднення) для фракції листових пластинок у порівнянні з фракцією стебла, що, швидше за все, обумовлено фоліарним надходженням токсиканту. Визначений також звужений діапазон варіацій концентрацій для генеративної частини, що вказує на високу спорідненість рослини з цим металом та стабілізацію акумуляції з можливим консервативним вмістом; цей факт зумовлений фізіолого-біохімічними особливостями. Асиметричне розподілення металу (див. табл. 1) також ускладнене наявністю неоднорідних компонентів вибірки, яка характеризується блоковою багатоступінчастістю. В табл. 1 наведено дані щодо вмісту Cu у ґрунтах та розподілення цього елемента у *Cichorium intybus* для деяких модульних пробних площ.

Особливості надходження та динаміки розподілення міді у рослинах зручніше з'ясовувати за даними транслокаційних коефіцієнтів, які представлені в табл. 1 для *C. intybus* на прикладі мінімального (ЛУГ), середнього (КСЗ) та максимального (ОКМ) забруднення ґрунтів; для інших рослин за бар'єрними блоками переходу ці дані містяться в табл. 2, що дозволяє зробити деякі узагальнення:

- 1) блок "ґрунт – коренева система" відповідає бар'єрному характеру накопичення;
- 2) відзначене суттєве збільшення концентрацій Cu у листових пластинках внаслідок фоліарного його надходження;
- 3) має місце факт акумуляції у репродуктивних органах, але цей показник дуже варіює для різних рослин;
- 4) найбільшу здатність до накопичення Cu у тканинах виявляли рослини *Berteroa incana* та *Daucus carota*, найменшу – *Reseda lutea*.

Таблиця 1

Вміст та розподілення міді у коренезаселеному шарі ґрунтів та *Cichorium intybus* L. на деяких пробних площах та показники для усїєї 302-компонентної вибірки

Пробна площа	Вміст металу, мг/кг сухої маси				
	блоки переходу міді				
	ґрунт	коренева система	стебло	листки	генеративна частина
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
СЕРЕБ	24,11±0,01	20,39±0,09	20,20±0,08	18,19±0,08	35,38±0,08
ЛУГ	21,05±0,01	20,05±0,04	19,03±0,02	17,29±0,01	29,74±0,07
НОВ	42,95±0,03	32,25±0,05	24,21±0,06	25,02±0,07	32,06±1,00
ЧАС	294,23±3,94	180,13±3,09	181,30±3,72	170,12±4,70	184,36±4,72
ПТ	497,03±13,29	260,00±6,71	304,01±6,68	269,05±5,69	279,18±4,79
РК	371,29±6,62	303,26±6,97	270,27±6,96	270,11±5,97	282,35±2,95
ОКМ	531,77±3,94	370,42±4,80	324,09±6,06	302,28±6,17	333,73±7,77
АВТ	23,92±0,23	20,44±0,02	19,58±0,02	18,60±0,02	30,72±0,03
АСЗ	51,30±0,51	33,04±0,03	24,08±0,03	24,64±0,02	33,34±0,03
ПВД	38,67±0,06	20,14±0,04	21,32±0,04	19,33±0,04	34,15±1,02
КСЗ	276,19±10,15	203,31±3,90	170,57±3,92	170,65±3,93	182,17±3,94
УКЦ	401,25±4,72	350,50±6,40	290,54±6,04	270,56±5,04	260,71±5,76
КАВТ	34,72±0,54	20,51±0,04	22,52±0,04	20,70±0,01	26,16±0,01

Аналітичні дані					
ГДК, мг/кг	60-100 (125)	(3) 20-100			
Sn, %	64	54,4			
Sp, %	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16
F, мг/кг	20-50	15-26	13-34	15-37	17-36
A	0,34	0,35	0,30	0,27	0,30
Транслокаційні коефіцієнти					
К-1 (ЛУГ)		0,95	0,95	0,91	1,72
К-2 (КСЗ)		0,74	0,84	1,00	1,07
К-3 (ОКМ)		0,69	0,88	0,93	1,10

*Примітка. ГДК – сумарні концентрації у поверхньому шарі ґрунтів, які вважаються граничними у відношенні фітотоксичності та надлишкова або токсична концентрація елемента у тканинах листків за даними для багатьох видів (дуже чутливі та толерантні види не враховано); Sn – площа, на якій рівень забруднення < ГДК; Sp – площа, на якій рівень забруднення металом відповідає індексу 10; F – 10%-й мінімальний інтервал концентрацій (фон); А – асиметрія 302-компонентної вибірки; К-1, К-2, К-3 – транслокаційні коефіцієнти для мінімального, середнього та максимального значень відповідно; М – середня арифметична, m – похибка (у цій таблиці і далі).

Таблиця 2

Транслокаційні коефіцієнти міді у різних частинах рослин

Вид	Пробна площа	Бар'єрні блоки переходу			
		1	2	3	4
<i>Tripleuro-spermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	ЛУГ	0,95	0,95	0,92	1,70
	КСЗ	0,76	0,86	1,06	1,08
	ОКМ	0,67	0,86	0,95	1,12
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	ЛУГ	0,94	0,71	0,84	1,20
	КСЗ	0,71	0,72	0,95	1,04
	ОКМ	0,70	0,74	0,91	1,50
<i>Tragopogon major</i> Jacq.	ЛУГ	0,69	0,96	0,91	1,72
	КСЗ	0,86	0,96	1,09	1,02
	ОКМ	0,77	0,99	0,97	1,13
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	ЛУГ	0,90	0,90	2,12	1,30
	КСЗ	0,91	0,90	2,17	1,17
	ОКМ	0,92	0,89	2,24	1,99
<i>Echium vulgare</i> L.	ЛУГ	0,72	0,60	0,52	1,12
	КСЗ	0,70	0,62	0,54	1,44
	ОКМ	0,74	0,66	1,22	1,45
<i>Reseda lutea</i> L.	ЛУГ	0,98	0,50	0,41	2,12
	КСЗ	0,90	0,54	0,40	2,22
	ОКМ	0,90	0,70	0,50	1,12
<i>Plantago major</i> L.	ЛУГ	0,99	1,01	1,01	1,02
	КСЗ	1,00	1,01	1,07	1,04
	ОКМ	1,00	1,02	0,52	0,64
<i>Daucus carota</i> L.	ЛУГ	0,90	1,02	2,12	3,04
	КСЗ	0,70	1,07	2,16	2,15
	ОКМ	0,52	1,02	4,24	1,92

* Примітка: бар'єрні блоки переходу металу – різниця накопичення елемента в системах 1 – "ґрунт – коренева система", 2 – "коренева система – стебло (для *P. major* – квітконос)", 3 – "стебло – листки", 4 – "листки – генеративна система".

Для діагностики забруднення міддю вчені застосовували різні методи [1, 7], які базуються на появі симптомів, ґрунтові та біохімічні тести та проби. Однак коли такі способи використовуються відокремлено, результати є обмеженими, а специфіка ґрунтів, яку можна було б виявити за допомогою універсальних тестів, залишається невизначеною. Для більш точної оцінки необхідності внесення добрив було запропоновано розглядати результати тканинних тестів разом з іншою супутньою інформацією, наприклад, польовими спостереженнями, аналізом ґрунту тощо [5, 6, 19, 20]. Зауважимо, що акумуляція, навіть надвисока, не може вважатися показником металотолерантності у даному випадку, але за деякими концентраціями металу в рослинах можна встановити безпосередні ефекти забруднення ґрунту та віддалені – повітря, а також проводити моніторингові дослідження за накопиченням металу у фітосубстратах.

Висновки

Загальні характеристики фітогеохімічних показників міді на території Артемівського та Костянтинівського районів дозволяють відносити територію досліджуваного регіону до регіонів з високим рівнем індустріалізації на фоні природних геохімічних особливостей місцевості.

1. Розподіл ділянок забруднення міддю, що відображено на картосхемах, свідчить про наявність потужного металогенного фактора (що перебільшує ГДК у десятки разів), а також появу неометалогенних Cu-провінцій.

2. Для усього регіону дослідження характерним є збільшення рівня забруднення середовища міддю за чотири роки проведення моніторингових заходів.

3. Використовуючи спеціальні індекси транслокації, можна з певною вірогідністю встановлювати рівні забруднення середовища (техногенних ґрунтів – за концентрацією міді у кореневих системах та стеблах, повітря – у листових пластинках) важкими металами та проводити фітоіндикаційну оцінку забруднення довкілля міддю, а також проводити моніторинг довкілля за накопиченням токсикантів у рослинах.

Список літератури

1. *Кабата-Пендіас А., Пендіас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. *Ковалевский А.Л.* Биогеохимия растений. – Новосибирск: Наука, 1991. – 294 с.
3. *Мудрый И.В.* Тяжелые металлы в системе почва-растение-человек // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 14-17.
4. *Baker A.S.M.* Accumulation and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr. – 1981. – Vol. 3, № 4. – P. 643-654.
5. *Effect of heavy metal pollution on plants / Ed. Lepp N.W.* – I. Effect of Trace Metals on Plants Function. – London and New Jersey: Applied science publishers, 1981. – 352 p.
6. *Kubota J., Allaway W.H.* Geographic distribution of trace element problems // Micronutrients in Agriculture. – 1982. – Vol. 17, № 5. – P. 525-554.
7. *Ладонин Д.В.* Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах // Почвоведение. – 1995. – № 10. – С. 1299-1305.
8. *Косицын А.В., Алексеева-Попова Н.В.* Действия тяжёлых металлов на растения и механизмы металлоустойчивости // Растения в экстремальных условиях минерального питания. – Л.: Б. и., 1983. – С. 5-22.
9. *Дорошко Т.Ю.* Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве и её защита от загрязнения // Медицинский журнал Узбекистана. – 1991. – № 7. – С. 40-42.
10. *Ильин В.Б.* Мониторинг тяжёлых металлов применительно к крупным промышленным городам // Агрехимия. – 1997. – № 4. – С. 81-86.
11. *Глухов А.З., Сафонов А.И.* Подбор перспективных фитоиндикаторов металлопрессинга техногенно трансформированных территорий Донбасса // Збірка

- наук. праць Луганськ. нац. аграрн. ун-ту. Сер. "Біол. науки". – 2002. – № 15 (27). – С. 54-57.
12. Глухов А.З., Сафонов А.И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. – 2002. – № 2. – С. 7-14.
 13. Глухов О.З., Хиженяк Н.А., Сафонов А.И. Спосіб визначення мутагенного ефекту важких металів. Деклараційний патент № 2002053834 від 15.01.2003 // Бюл. № 1. – 2003.
 14. Сафонов А.И. Структурно-функциональная организация листа *Cichorium intybus* L. при избыточном содержании некоторых тяжелых металлов в почве // Тр. XXXIX Междунар. научн. конф. ("Студент и научно-технический прогресс", Новосибирск, 11-14 апреля 2001 г.) – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2001. – С. 15-21.
 15. Glukhov A.Z., Safonov A.I. Structural plasticity of plants under a weak metallic stress // Plants under Environmental Stress (International Symposium, Moscow, 23-28 October, 2001). – Moscow. – 2001. – P. 81-82.
 16. Glukhov A.Z., Safonov A.I. Structural organization of plants under conditions of metal pollution of Donbass // Bioindicators. – 2002. – № 1. – P. 120-138.
 17. Safonov A.I. Correlation of the structural transformation indexes in plants under metal stress conditions // Вісн. Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2002. – № 29. – С. 193-204.
 18. Degorski M. Phytoindication methods in landscape planning and management // Geographic. and Management. – 1996. – № 62. – P. 69-100.
 19. Little P., Martin M.N. Biological monitoring of heavy metal pollution // Environ. Pollut. – 1984. – № 6. – P. 1-20.
 20. Steibing L., Jager H.J. Monitoring of air pollutants by plants, methodes and problem // Junk. Publ. Naague-Boston-London. – 1982. – № 8. – P. 32.
 21. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1991. – 184 с.
 22. Bye K.P., Paus P.E., Solberg R., Tomason Y. Atomic absorption spectroscopy used as a specific gas chromatography detector // Atomic Absorption Newsletter. – 1988. – № 17. – P. 4-131.
 23. Беспямятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.

Сафонов А.И. Фитохимия меди в антропогенно трансформированной среде. – Определена специфика локализации меди в корнеобитаемом слое почвогрунтов и растениях на территории Артемовского и Константиновского районов Донецкой области. Установлены динамика смещения геохимических провинций загрязнения и особенностей миграции меди в некоторых растениях.

Ключевые слова: геохимические провинции загрязнения, миграция меди в растениях.

Safonov A.I. Phytogeochemistry of copper in anthropogenically transformed environment. – The specificity of localization of copper in rhyzoedaphosphere and in plants on the territory of Artemivsk and Kostyantynivka district of the Donetsk region has been estimated. The displacement dynamics of geochemical area of pollution and peculiarities of copper migration in some plants have been ascertained.

Key words: contaminated area, copper migration in plants.

Е.И. Сыч

СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ КАРТИРОВАННЫХ ГЕНОВ *Bp1* и *G11* НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ У *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.

Луганский национальный аграрный университет; 91008, г. Луганск, ЛНАУ

Сыч Е.И. Совместное действие картированных генов *Bp1* и *G11* на количественные признаки у *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – Аллель *bp1* является минус-аллелью по признакам "масса растений" и "число листьев на стебле". Аллель *g11* является плюс-аллелью по изучаемым признакам. При совместном действии генов *Bp1* и *G11* по признаку "число листьев на стебле" наблюдали достоверный отрицательный эпистаз, а по массе растений – аддитивное действие генов. Абсолютная оценка эпистаза $i^{ab} = -0,43 \pm 0,17$ листьев, относительная $I = -0,1797$ (-17,97%). Расщепление в F_A 2 : 1 : 1 и в F_2 10 : 3 : 3 по количественным признакам может наблюдаться как при аддитивной схеме наследования признаков, так и при взаимодействии генов.

Введение

Арабидопсис Таля (*Arabidopsis thaliana* L. Heynh.) – небольшое самоопыляющееся в лабораторных условиях растение семейства Капустные. Арабидопсис является идеальным генетическим объектом, так как наряду с коротким жизненным циклом и малым числом хромосом, обладает высокой плодовитостью и миниатюрностью, которая позволяет выращивать это растение в лабораторных условиях круглый год. *A. thaliana* стал пока единственным организмом, у которого полностью секвенирован геном. Теперь стоит задача выяснения функций всех генов данного вида (на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном и более высоких уровнях). Это новое направление исследований получило название "функциональной геномики" (functional genomics). Однако имеющихся сведений о влиянии генов на количественные признаки недостаточно для решения на арабидопсисе проблем функциональной геномики. Необходимы данные об индивидуальном и совместном влиянии всех, но, прежде всего, картированных генов на количественные хозяйственно ценные признаки, без чего трудно решать вопрос о целесообразности или нецелесообразности использования тех или иных генов арабидопсиса в практической селекции культурных растений. Настоящая статья посвящена анализу влияний мутантных аллелей *bp1* и *gl* картированных генов *Bp1* (хромосома 4 – локус 15) и *G11* (3 – 46) на признаки "масса растения" и "число листьев на стебле".

Материалы и методы исследований

Исходной линией была гомозиготная линия арабидопсиса *Landsberg erecta* (*Ler*). На ее генетической основе получены мутантные чистые линии *bp1* (генотип *bp1bp1*) и *g11* (генотип *g11g11*) [1]. В отличие от исходной линии, у которой стручки направлены косо вверх, у линии *bp1* стручки направлены вниз. У мутантной линии *g11* отсутствуют волоски на листьях и стеблях. Семена данных линий получены нами из Ноттингемского центра по сохранению генетической коллекции арабидопсиса (Nottingham Arabidopsis stock centre, NASC).

В лаборатории светокультуры Луганского национального аграрного университета путем искусственного скрещивания и последующего отбора в F_2 была получена димутантная линия *bp1,g11* (генотип *bp1bp1g11g11*). В результате, мы располагали всеми четырьмя возможными гомозиготными генотипами, образующимися при комбинации аллелей *Bp1*, *bp1*, *G11* и *g11* (линии *Ler*, *bp1*, *g11* и *bp1,g11*) (*Bp1* и *G11* – доминантные аллели, *bp1* и *g11* – рецессивные).

Растения всех четырех линий выращивали одновременно в одном ящике в почвенной культуре при полной рендомизации [2]. Растения были посажены квадратным способом на расстояниях, исключающих конкуренцию между ними. Освещение было круглосуточным. При такой организации эксперимента мы могли оценить только так называемые гомозиготно-гомозиготные взаимодействия, которые и представляют интерес в синтетической селекции самоопылителей [3]. Выращивая растения чистых линий в соотношении 1 *Bp1Bp1G11G11* (*Landsberg erecta*) : 1 *bp1bp1G11G11* (первый мутант) : 1

Vp1Vp1gllgll (второй мутант) : 1 *bp1bp1gllgll* (двойной рецессив) моделировали анализирующее скрещивание F_A . Количественные признаки оценивали в начале цветения. Объективно сравнивая эти гомозиготные линии в рамках менделевского подхода, делали заключения о количестве фенотипических классов, характере расщепления в F_A и F_2 , наличии взаимодействия генов.

При обработке результатов использовали как обычные математико-статистические методы, так и недавно предложенный метод количественной оценки эпистаза [4]. Обработку производили на персональном компьютере по программам, разработанным в Луганском национальном аграрном университете [5].

Результаты и обсуждение

Сравнивая средние значения массы растений гомозиготных линий *bp1* и *gll* с таковым линии *Ler*, принимаемой за контроль, можно оценить плеiotропный эффект генов *BP1* и *GL1* на этот количественный признак. Эффекты замены аллелей *Vp1* на *bp1* и *Gll* на *gll* представлены в табл. 1.

Аллель *bp1* достоверно уменьшает массу растений (аллель-ослабитель или минус-аллель), тогда как *gll* ее увеличивает (аллель усилитель или плюс-аллель) (табл. 1, 2). Замена аллелей *Vp1* на *bp1* уменьшает массу растений почти на 20 мг, тогда как замена *Gll* на *gll* почти на такое же количество (23 мг) увеличивает ее (см. табл. 1). На рис. 1а изображено расположение на числовой оси средних фенотипических значений всех четырех линий, а также значение, ожидаемое при простом суммировании эффектов генов, т.е. при аддитивном действии генов.

Среднее значение двойного рецессива *bp1,gll* достоверно не отличается от исходной линии *Ler* (см. табл. 2). Можно принять нулевую гипотезу и считать, что линии *Ler* (генотип *Vp1Vp1GllGll*) и *bp1,gll* (генотип *bp1bp1gllgll*) имеют одинаковое фенотипическое значение, образуют один фенотипический класс.

Растения с генотипом *bp1bp1* (линия *bp1*) отличаются от всех других генотипов и составляют второй фенотипический класс. Растения с генотипом *gllgll* (линия *gll*) также отличаются от всех других генотипов и образуют третий фенотипический класс (рис. 1а).

Ожидаемое расщепление в F_A 2 : 1 : 1, в F_2 10 : 3 : 3. Подобное соотношение наблюдается в том случае, когда гены с одинаковой силой действуют на изучаемый количественный признак, но в разных направлениях (один уменьшает, а другой – увеличивает значение признака). Однако в отличие от качественной генетики, отклонение расщепления в F_A от стандартного 1 : 1 : 1 : 1 и в F_2 от 9 : 3 : 3 : 1 еще не означает наличие взаимодействия генов.

Недавно нами был предложен новый метод оценки эпистаза, доложенный на VII съезде Украинского общества генетиков и селекционеров им. Н.И. Вавилова (Крым, 2002) и описанный в работе [5]. Он основывается на вычислении эпистатического отклонения i^{ab} и его статистической ошибки s_i^{ab} .

Эпистатическое отклонение значения признака димутантной линии от того значения, которое ожидается при аддитивном действии генов, можно определить по формуле [5]: $i^{ab} = \overline{AABB} + \overline{aabb} - \overline{aaBB} - \overline{AAbb}$. В нашем случае $i^{ab} = -1,25 \pm 4,87$ мг. Достоверность эпистаза устанавливается с использованием упрощенного t-критерия, равного частному от деления генетического параметра, взятого по модулю, на его ошибку репрезентативности [4] ($t = 1,25 / 4,87 = 0,26$). Если значение t больше или равно двум, то параметр считается значимым. В нашем случае t меньше двух, что свидетельствует об отсутствии эпистаза.

Таблица 1

Эффекты замены аллелей *Bp1* на *bp1* и *G11* на *g11*

	Генотипы		Разность, шт	Разность, %	t-критерий Стьюдента
	<i>GlGl1</i>	<i>glgl1</i>			
Масса растения					
Генотип <i>Bp1Bp1</i>	41,00±1,73	63,61±2,31	22,61±2,88	55,2	7,85***
Генотип <i>bp1bp1</i>	21,28±0,86	42,65±3,84	21,37±3,93	100,4	5,43***
Разность, шт	-19,72±1,93	-20,97±4,48			
Разность, %	-48,1	-33,0			
t-критерий Стьюдента	10,23***	4,68***			
Число листьев на стебле					
Генотип <i>Bp1Bp1</i>	2,39±0,09	3,34±0,09	0,95±0,13	39,6	7,22***
Генотип <i>bp1bp1</i>	1,92±0,04	2,44±0,11	0,52±0,11	26,9	4,56***
Разность, шт	-0,47±0,10	-0,90±0,14			
Разность, %	-19,6	-26,9			
t-критерий Стьюдента	4,54***	6,46***			

Примечание. *** – P > 0.999.

Таблица 2

Значения t-критерия Стьюдента, полученные при сравнении средних арифметических значений

	Ler	<i>bp1</i>	<i>g11</i>
<i>bp1</i>	10,23***		
<i>g11</i>	7,85***	17,20***	
<i>bp1,g11</i>	0,39	5,43***	4,68***

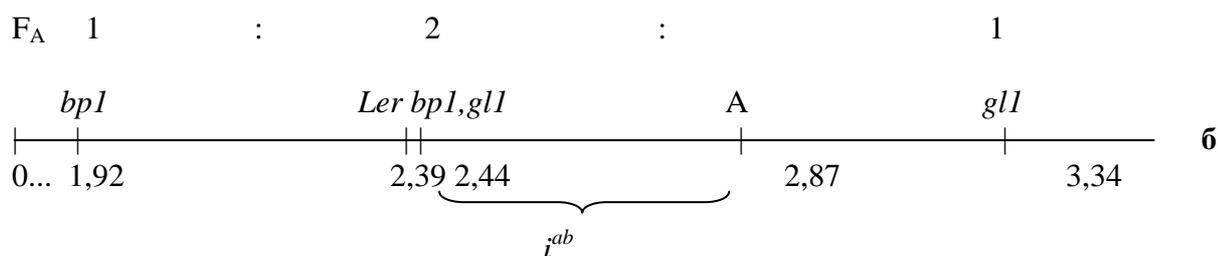
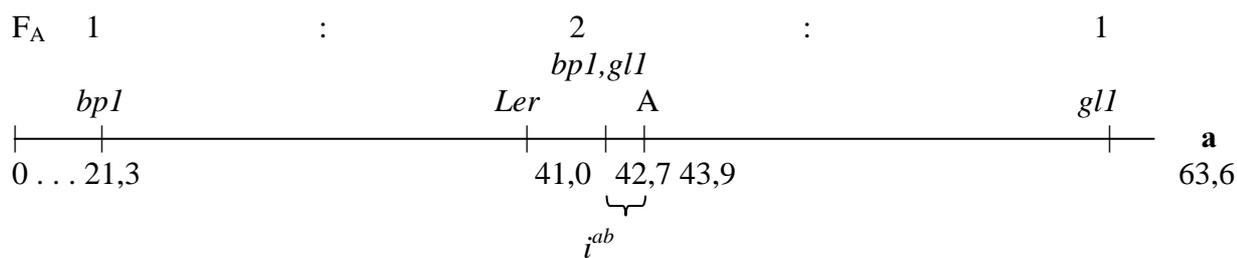


Рис. 1. Расположение на числовой оси средних фенотипических значений гомозиготных линий: а – масса растений, б – число листьев на стебле

Примечание. А – теоретическое значение у димутантной линии *bp1,g11* при аддитивном действии генов *Bp1* и *AP1*

Эффекты замены аллелей *Bp1* на *bp1* и *G11* на *g11* по признаку "число листьев на стебле" представлены в табл. 2. Оба гена действуют на изучаемый признак. Аллель *bp1* достоверно уменьшает число листьев на стебле, *g11* – увеличивает. Фенотипических классов, как и в первом случае, три (рис. 1б). Эпистатическое отклонение $i^{ab} = -0,43 \pm 0,17$ листьев, $t=2,48$. Это говорит о том, что наблюдаемое значение двойного рецессива *bp1, g11* отличается от ожидаемого при аддитивном действии генов, налицо взаимодействие генов. Параметр i^{ab} является абсолютной оценкой взаимодействия генов *BPI* и *GLI*. Знак минус указывает, что имеет место отрицательный эпистаз, то есть значение признака у димутантной линии меньше, чем было бы при аддитивной схеме наследования. Относительная оценка силы эпистаза $I = i^{ab} / \overline{AABB}$, то есть $I = -0,1797$ (-17,97%).

Очевидно, что полученные нашим методом результаты не противоречат тем, которые получены при сравнении средних фенотипических значений с помощью t-критерия Стьюдента, а дают дополнительную информацию о взаимодействии генов. Продолжение исследований в этом направлении позволит оценить степень распространенности и особенности проявления взаимодействия генов по количественным признакам.

Выводы

1. Аллель *bp1* является минус-аллелью по признакам "масса растения" и "число листьев на стебле". Аллель *g11* является плюс-аллелью по изучаемым признакам.
2. При совместном действии генов *BPI* и *GLI* на массу растения наблюдали аддитивное действие генов.
3. При совместном действии генов *BPI* и *GLI* на число листьев на стебле наблюдали достоверный отрицательный эпистаз. Абсолютная оценка эпистаза $i^{ab} = -0,43 \pm 0,17$ листьев, относительная $I = -0,1797$ (-17,97%).
4. Расщепление в F_A 2 : 1 : 1 и в F_2 10 : 3 : 3 по количественным признакам может наблюдаться как при аддитивной схеме наследования признаков, так и при эпистазе.

Список литературы

1. *Seed List*. The Nottingham Arabidopsis stock centre. – Nottingham: The Univer. of Notting., 1994. – 147 p.
2. Соколов И.Д., Шелихов П.В., Соколова Т.И., Наумов С.Ю., Сыч О.И. та ін. Генетика. Практикум: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Арістей, 2003. – 176 с.
3. Мазер К., Джинкс Д. Биометрическая генетика. – М.: Мир, 1985. – 486 с.
4. Сыч Е.И. Новый метод оценки взаимодействия генов в количественной генетике растений // Збірн. наук. праць ЛНАУ. – 2003. – № 22 (34). – С. 65-71.
5. Соколов И.Д., Шелихов П.В., Наумов С.Ю., Сыч Е.И. Компьютеризация агрономических и биологических расчетов. – Луганск: "Элтон-2", 2001. – 133 с.

Сыч О.И. Спільна дія картованих генів *BPI* і *GLI* на кількісні ознаки у *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – Алель *bp1* – мінус-алель за ознаками "маса рослин" і "число листків на стеблі". Алель *g11* – плюс-алель за вивченими ознаками. При спільному впливі генів *BPI* і *GLI* за ознакою "число листків на стеблі" спостерігали їх достовірний негативний епістаз, а за ознакою "вага рослин" – адитивну дію генів. Абсолютна оцінка епістазу $i^{ab} = -0,43 \pm 0,17$ листків, відносна $I = -0,1797$ (-17,97%). Розщеплення в F_A 2 : 1 : 1 і в F_2 10 : 3 : 3 за кількісними ознаками може спостерігатися як при адитивній схемі успадкування ознак, так і при взаємодії генів.

Sych E.I. The joint action of mapped genes *BPI* and *GLI* according to quantitative traits in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – Allele *bp1* is minus-allele according the traits "weight of plants" and "the number of leaves on the stem". Allele *g11* is plus-allele according the studying traits. At the joint action *BPI* and *GLI* genes according the trait "the number of leaves on the stem" we found the authentic negative epistas, and according the weight of the plants – additive action of genes. Absolute evaluation of epistas is $i^{ab} = -0,43 \pm 0,17$ leaves, relative evaluation is $I = -0,1797$ (-17,97%). The splitting in F_A 2 : 1 : 1 and in F_2 10 : 3 : 3 according the quantitative traits can found as additive heredity traits sketch as genes interaction.

УДК 595.794.16

А.В. Амолин

**АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ОС-СКОЛИЙ (HYMENOPTERA: SCOLIIDAE)
ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: alastor@univ.donetsk.ua*

Амолин А.В. Аннотированный список ос-сколий (Hymenoptera: Scoliidae) Донецкой области. – Приведен аннотированный список 7 видов ос-сколий Донецкой области.

Ключевые слова: осы-сколии, аннотированный список, Донецкая область.

Введение

Сколии представляют хорошо очерченную, от других сколиоидов (сапиг, тифий, немок), группу ос, личинки которых развиваются как эктопаразиты на личинках пластинчатоусых жесткокрылых. Мировая фауна сколий насчитывает около 420 видов, из которых 60% видов приходится на Индомалайскую и восточную часть Австралийской областей [1]. Фауна сколий Палеарктики насчитывает, по данным Д.М. Штейнберга [1], 62 вида из 3 родов. В Украине, обобщая данные того же автора, отмечено 11 видов из 2 родов.

В данной работе нами предпринята попытка, обобщить накопленные сведения по фауне сколий Донецкой области, экологии и биологии отдельных видов и уточнить опубликованные ранее [2, 3] данные.

Материал и методы исследований

Основой для составления данного списка послужили личные сборы автора и наблюдения, проведенные в период с 1995 по 2005 гг. Материал собирали методом индивидуального лова энтомологическим сачком на цветущих растениях и возле мест выплода ос. Хорошо идентифицируемый вид – *Scolia maculata* (Drury, 1773) – нами не отлавливался. Кроме того, нами был изучен коллекционный материал кафедры зоологии Донецкого национального университета (ДонНУ). Всего было исследовано 127 экземпляров ос данного семейства.

Кормовые растения сколий определяли по "Определителю высших растений Украины" [4]. Часть видов была определена докт. биол. наук В.М. Остапко.

Аннотация для каждого вида в списке включает: название вида, литературные данные о находках вида на данной территории, ареал вида, оригинальные данные и литературные сведения по экологии и биологии (распространение и частота встречаемости на исследуемой территории, характеристика биотопов и стадий, фенология, трофические связи имаго и личинок), собранный материал. Полные этикеточные данные приводятся только для редких видов. Классификация ос-сколий дается в соответствии с работой Д.М. Штейнберга [1].

Результаты и обсуждение

Ниже приводим аннотированный список ос-сколий Донецкой области.

Семейство **Scoliidae**

Подсемейство **Scoliinae**

Род *Campsoscolia* Betrem, 1933

***Campsoscolia* (s. str.) *interrupta* (Fabricius, 1781)**

Литературные данные. Амолин, 1998: 6: окр. с. Самсоново, Новоазовский р-н, Донецкой обл. (как *C. sexmaculata* F.).

Ареал. Южная и Юго-Восточная Европа, Северный Кавказ, Закавказье [1].

Экология и биология. На изучаемой территории до сих пор известна только одна небольшая популяция, обитающая на участке приморской псаммофитной степи, между г. Новоазовском и с. Самсоново, на юге Донецкой области. Лет длится с третьей декады июля (23.07) до начала сентября. Максимальный лет отмечен в первой половине августа. Предпочитает песчаные станции. Хозяином личинок являются различные виды рода *Anoxia* [1]. Учитывая распространение, на изучаемой территории, одного из вероятных хозяев данного вида *Anoxia pilosa* (F.) [5], можно ожидать находки этой сколии в северных районах области (Славяногорск, Красный Лиман). В эксперименте удается заражение личинок *Melolontha hippocastani* F., *M. melolontha* L., *Polyphyllo fullo* (L.) (Мач, 1940 цит. по: [1]). Имаго отмечали при питании на цветках *Melilotus* sp. (1♀) и *Limonium meyeri* (5♀, 4♂). Экология и биология этого редкого вида требует дальнейшего углубленного изучения.

Материал. ♀; Донецкая обл., Новоазовский р-н, окр. с. Самсоново, VIII. 1996 (Амолин А.В.); ♀; там же, 23.07.1997 (Амолин А.В.); ♀, 2♂; там же, 8.08.2005 (Амолин А.В.).

***Campsoscolia* (s. str.) *quinquecincta* (Fabricius, 1793) var. *abdominalis* Spin.**

Ареал. Средиземноморско-среднеазиатский вид, распространенный в Южной и Юго-Восточной Европе, Северной Африке, Малой Азии, на Кавказе, Закавказье, Иране, Туркмении, Узбекистане, Таджикистане [1].

Экология и биология. Редкий вид, отмеченный нами в степных биотопах. Для изучаемой территории приводится впервые.

Материал. ♀; Донецкая обл., Волновахский р-н, окр. с. Анадоль, 30.08.2003 (Амолин А.В.); 2♂; Донецкая обл., Ясиноватский р-н, окр. с. Васильевка, 8.08.2004 (Амолин А.В.).

Род *Scolia* Fabricius, 1775

***Scolia* (*Triscolia*) *maculata* (Drury, 1773)**

Литературные данные. Амолин, 1998: 8: окр. г. Донецка.

Ареал. Южная и Юго-Восточная Европа, Северная Африка, Кавказ, южная часть Средней Азии [1].

Экология и биология. Широко распространенный по всей изучаемой территории вид. Обитает в различных станциях преимущественно вблизи сел, поселков, городов. В окр. г. Донецка гнездовыми станциями этого вида являются скопления древесных опилок (компостные кучи), встречающиеся на различных свалках бытового и строительного мусора, где создаются благоприятные условия для развития личинок хозяина – жука-носорога (*Oryctes nasicornis* (L.)) [2, 3]. Лет отмечен с начала июня до начала августа. Кроме того, гнездовая станция данного вида найдена нами на опушке соснового бора в окр. с. Яцковка, в куче старых сосновых пней и стволов деревьев. Питание имаго мы отмечали на цветках следующих видов растений: *Veronica* sp. (1♀), *Carduus* sp. (3♀; 1♂), *Onopordum acanthium* (1♀), *Helianthus annuus* (1♀), *Salvia tesquicola* (2♀), *Phlomis tuberosa* (1♀), *Sambucus ebulus* (11♀; 4♂), *Elaeagnus argentea* (1♂), *Scabiosa ochroleuca* (5♀), *Echium vulgare* (2♀; 5♂), *Allium waldsteinii* (10♀; 2♂), *Exochorda alberti* (17♀; 6♂), *Teucrium polium* (1♀). Самцы данного вида образуют ночевочные скопления на листьях деревьев [3].

Материал. г. Донецк (2♀, 2♂), Славянский р-н, Богородичное (1♀, 1♂), Новоазовский р-н, запов. "Хомутовская степь" (1♂), Володарский р-н., запов. "Каменные могилы" (1♂), Велико-Новоселковский р-н, Времевка (1♀), Артемовский р-н, Дроновка (1♀).

***Scolia* (s. str.) *hirta* Schrank, 1781**

Литературные данные. Амолин, 1998: 7: окр. г. Донецка.

Ареал. Южная и Юго-Восточная Европа, Северный Кавказ, Закавказье, Иран, Средняя Азия (Ташкент), Казахстан на восток до Забайкалья [1].

Экология и биология. Широко распространенный по всей исследуемой территории вид. Отмечен как в природных (целинные степные участки), так и в антропогенных (приусадебные участки, лесопарки, промышленные пустыри) ландшафтах. Лет наблюдали с конца июня до конца сентября. Личинки *Scolia hirta* развиваются на личинках бронзовок таких родов как: *Potosia*, *Cetonia*, *Liocola*, *Epicometis* [1]. В г. Донецке и его окрестностях, развитие личинок этого вида наблюдали на личинках *Cetonia aurata* (L.) в скоплениях древесных отходов [3]. Имаго ос отмечали при питании нектаром на цветках *Galatella dracunculoides* (10♀; 1♂), *Sambucus ebulus* (1♀), *Eryngium campestre* (5♀; 1♂), *Centaurea jacea* (1♀), *Limonium sp.* (15♀), *Teucrium polium* (1♀; 1♂), *Carduus sp.* (1♂).

Материал. г. Донецк (8♀; 5♂); окр. г. Макеевки, с. Грузско-Ломовка (5♀; 2♂); Ю-В. окр. г. Донецка (ш. Восточная) (2♀; 1♂); Краснолиманский р-н, окр. Славяногорска (1♂); Новоазовский р-н, запов. "Хомутовская степь" (1♀), Самсоново (1♂); Волновахский р-н, Волноваха (1♀); Краснолиманский р-н (1♀); Артемовский р-н, Артемовск (1♀), Северск (1♀); Шахтерский р-н, Шахтерск (1♀); Амвросиевский р-н, окр. Амвросиевки (1♀); Славянский р-н, Богородичное (1♀); Марьинский р-н, Курахово (1♂).

Scolia (s. str.) quadripunctata Fabricius, 1775

Литературные данные. Амолин, 1998: 10: окр. с. Самсоново, Новоазовский р-н, Донецкой обл.

Ареал. Номинативный подвид, отмеченный на изучаемой территории, распространен в Южной и Юго-Восточной Европе (на север доходит до Центральной Польши), Северной Африке, Северном Кавказе, Закавказье, Казахстане, на восток до Иркутска [1].

Экология и биология. На изучаемой территории встречали преимущественно в степных биотопах с песчаными и супесчаными почвами. В местах выплода наблюдали повышенную концентрацию самцов (летают над местом выплода низко над землей). Гнездовые станции представляют собой степные участки на склонах балок, заброшенные песчаные карьеры, приморские песчаные степи. А.А. Бируля [6] отмечал данный вид, в окр. г. Радомышль, на краю поля, засеянного рожью. Лет отмечен с середины июня (16.06) до конца сентября (29.09). Развитие личинок может происходить на личинках *Epicometis hirta* (Poda), *Oxythyrea stictica* L., *Anisoplia austriaca* (Herbst), *Anomala dubia* (Scop.), *Cetonia aurata* (L.), *Liocola lugubris* Hrbst., *Anoxia pilosa* (F.) (Порчинский, 1897; Тарнани, 1900; Васильев, 1914; Schumacher, 1918; Fahringer, Friese, 1921; Мач, 1940; Атанасов, 1951; Штейнберг, 1954 цит. по: [1]). По данным Д.М. Штейнберга [1], в степной зоне основным хозяином этого вида, по-видимому, является оленка мохнатая – *Epicometis hirta* Poda. Имаго отмечали на цветках *Eryngium campestre* (1♂), *Teucrium polium* (1♀; 1♂).

Материал. ♀; Новоазовский р-н, окр. с. Самсоново, 07.1995 (Амолин А.В.); ♂; Константиновский р-н, Клебан-Бык, 12.07.1999 (Амолин А.В.); ♂; Ю-В. окр. г. Донецка (ш. Восточная), 29.07.2000 (Амолин А.В.); 3♂; Артемовский р-н, Дроновка, 16–20.06.2003 (Амолин А.В.); ♀; Ясиноватский р-н, окр. г. Ясиноватая, 19.07.2005 (Бахарева Л.В.). Кроме этого, в коллекционном фонде кафедры зоологии ДонНУ имеется материал (без указания времени сбора и фамилии сборщика) из Краснолиманского р-на, Яцкое (1♀; 1♂), Славянского р-на, Богородичное (1♀), Тельмановского р-на, Самсоново (1♂), Артемовского р-на, Дроновка (1♂).

Scolia (s. str.) insubrica Scopoli, 1786

Литературные данные. Амолин, 1998: 8: окр. с. Мелекино, Першотравневый р-н, Донецкой обл.

Ареал. Южная и Юго-Восточная Европа, Малая Азия, Закавказье на востоке доходит до Иркутска [1].

Экология и биония. На изучаемой территории редкий, встречающийся в степных биотопах вид. Экология и биония практически не изучены. Имаго отмечали исключительно в степных стациях (участки разнотравно-типчаково-ковыльных и приморских псаммофитных степей) на цветках *Teucrium polium* (2♀), *Melilotus officinalis* (1♀).

Материал. ♀; Новоазовский р-н, запов. "Хомутовская степь", 29.06.1989; ♀; Первомайский р-н, окр. с. Мелекино, 27.06.1997 (Амолин А.В.); ♀; Ю-В. окр. г. Донецка (ш. Восточная), 12.07.2002 (Амолин А.В.); 2♀; Первомайский р-н, Белосарайская коса, 25.06.2002 (Трихлеб Т.А.); ♀; Старобешевский р-н, окр. п. Стыла, 17.08.2004 (Амолин А.В.).

Scolia (s. str.) *dejeani* v. d. Linden, 1829

Литературные данные. Амолин, 1998: 7: окр. с. Самсоново, Новоазовский р-н, Донецкой обл.

Ареал. Евроазиатский степной вид, распространенный от Балканского п-ова до Алтая [1].

Экология и биония. Отмечен на надпойменной песчаной террасе левого берега Северского Донца, а также на участках приморских псаммофитных степей на юге области. Лет длится 2,5 месяца; с середины июня до конца августа [1]. Максимальный лет наблюдали в июле. В пойме Северского Донца данный вид по численности доминирует среди остальных видов сколий. Нами отмечен на псаммофитных участках степей вдоль проселочных дорог, на опушках сосновых боров, возле населенных пунктов. По устному сообщению В.В. Мартынова в июле 1996 г. в окр. г. Новоазовска (в основании Кривой косы) наблюдалось ночевочное скопление самцов данного вида. Самцы на момент наблюдения (вечернее время) находились в компактных группах на травянистой растительности. На одном растении *Echium vulgare* насчитывалось около 45 экз. В природных условиях личинки развиваются на личинках *Melolontha hippocastani* F., *M. melolontha* L. и *Polyphylla fullo* (L.) (Старк, 1940; Мач, 1940 цит. по: [1]). На исследуемой территории развитие личинок этого вида происходит, по-видимому, на личинках мраморного хруща (*Polyphylla fullo*). На юге области данный вид отмечен в качестве естественного врага *Polyphylla alba* (Pallas) [5]. Имаго ос отмечали при питании нектаром на цветках *Centaurea* sp. (1♂), *Cynanchum acutum* (1♂), *Thymus pallasianus* (1♀).

Материал. Новоазовский р-н, окр. с. Самсоново (1♀; 2♂); Краснолиманский р-н, Рубцы (2♀; 1♂), Яцкое (3♂), Яровая (1♀); Артемовский р-н, Дроновка (2♀; 1♂); Славянский р-н, Богородичное (1♀; 2♂).

Таким образом, на территории Донецкой области нами отмечено 7 видов из 2 родов осколий. Не исключено, нахождение на юге области *Campsoscolia klugi* (v.d. Linden, 1829) вида очень похожего на *C. interrupta* и распространенного в пределах Украины в Херсонской области (пески Алешки).

Экология и биония большинства выявленных видов остается слабо изученной, в частности, необходимо проведение дальнейших исследований по изучению видовой принадлежности основных хозяев личинок сколий, экологических условий развития преимагинальных фаз, сезонной и суточной динамики численности видов, трофических связей имаго сколий, биотопического распределения. Знание этих и других вопросов экологии и бионии, позволит выработать реальные способы сохранения редких видов сколий. Некоторые виды сколий (*Campsoscolia interrupta*, *C. quinquecincta*, *Scolia insubrica*), могут служить хорошими индикаторами сохранности целинных степных биоценозов и соответственно использоваться в качестве индикаторов биоразнообразия при проведении различного рода экологических и природоохранных работ. Эти виды сколий нуждаются в охране. А именно, в охране их гнездовых и кормовых стадий, в которых они развиваются и

живут. В этой связи, обнадеживающим фактом является создание на юге Донецкой области Регионального ландшафтного парка "Меотида", в территорию которого входит и участок приморских псаммофитных степей и галофитных лугов между с. Самсоново и г. Новоазовском. На этом участке, как уже было сказано выше, обнаружена единственная, на сегодняшний день, в Донецкой области популяция редкого вида сколий – *Campsoscolia interrupta*.

Выводы

1. В настоящее время на территории Донецкой области выявлено 7 видов из 2 родов ос-сколий.

2. К числу наиболее обычных и самых распространенных видов относятся: *Scolia maculata* и *S. hirta*. Эти виды встречаются как в естественных, так и в антропогенных биотопах.

3. К числу редких степных видов можно отнести: *Campsoscolia quinquecincta*, *C. interrupta* и *Scolia insubrica*. Эти виды могут служить индикаторами сохранности целинных степных биоценозов.

4. У двух видов (*Scolia maculata* и *S. dejeani*) отмечены ночевочные скопления самцов на древесной и травянистой растительности.

5. Спектр кормовых растений имаго ос-сколий включает около 20 видов из 18 родов и 11 семейств цветковых растений.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность специалистам Донецкого ботанического сада НАН Украины: зав. отделом флоры докт. биол. наук В.М. Остапко за оказанную помощь при определении кормовых растений ос-сколий, а также зав. отделом дендрологии докт. биол. наук А.К. Полякову за подтверждение правильности определения вида *Exochorda alberti*.

Список литературы

1. Штейнберг Д.М. Фауна СССР. Т. 13: Сем. Сколии (Scoliidae). – М.-Л.: АН СССР, 1962. – 186 с.
2. Усова З.В., Амолин А.В. К изучению сколиевых ос в окрестностях г. Донецка // Вопросы экологии и фауны Донбасса. – Донецк, 1997. – Вып. 2. – С. 100-106. – Деп. в УкрИНТЭИ 8.12.1997, № 612-Ук97.
3. Амолин А.В. Фауна и особенности биологии сколиевых ос Донецкой области // Аспекты изучения биоразнообразия Донбасса: Итоги науч.-исслед. работы студентов, аспирантов и преподавателей за 1997 год. – Донецк: ДонГУ, 1998. – Вып. 1. – С. 6-12.
4. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
5. Мартынов В.В. Эколого-фаунистический обзор пластинчатоусых жуков (Coleoptera, Scarabaeoidea) Юго-Восточной Украины // Изв. Харьков. энтомол. о-ва. – 1997. – Т. V, вып. 1. – С. 22-73.
6. Бируля А.А. Материалы по фауне Hymenoptera Европейской России. I. Sphecidae, Pompilidae, Vespidae, Scoliidae и Mutillidae, собранные автором в Радомысльском уезде Киевской губернии // Русск. Энтомол. обозр. – 1912. – Т. 12, № 3. – С. 531-561.

Амолин О.В. Анотований список ос-сколій (Hymenoptera: Scoliidae) Донецької області. – Наведено анотований список 7 видів ос-сколій Донецької області.

Ключові слова: ос-сколії, анотований список, Донецька область.

Amolin O.V. An annotated list of the scoliid wasps (Hymenoptera: Scoliidae) of the Donetsk region. – An annotated list of 7 species of the scoliid wasps from the Donetsk region has been given.

Key words: scoliid wasps, annotated list, Donetsk region.

А.Н. Мисюра, А.А. Марченковская
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗЕМНОВОДНЫХ
В ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИДНЕПРОВСКОГО РЕГИОНА

НИИ биологии Днепропетровского национального университета;
49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13, корп. 17; e-mail: murchik1966@mail.ru

Мисюра А.Н., Марченковская А.А. Влияние различного типа промышленного загрязнения на видовое разнообразие земноводных в техногенных экосистемах Приднепровского региона. – Исследования влияния различного вида промышленных предприятий на земноводных показали снижение видового разнообразия этой группы животных, которое зависит от типа и уровня влияния токсичных ингредиентов промышленных отходов. Данные исследований позволили установить виды земноводных, обладающие наибольшей резистентностью к токсикантам, а также способные в определенной степени приспособиться к их влиянию.

Ключевые слова: биоразнообразие, земноводные, влияние промышленного загрязнения.

Введение

Понятие "биологическое разнообразие" впервые применил Г. Бейтс [2]. Современные представления о проблеме биологического разнообразия базируются на исследованиях популяционных генетиков 1908–1953 гг., показавших как создается генетическое разнообразие организмов в однородной популяции и, как указывает Н.В. Лебедева и др. [7], разработавших математический аппарат для его описания.

В то же время понятие "биоразнообразие" вошло в широкий научный обиход только в 1972 г. на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде, на которой экологи сумели доказать, что охрана живой природы и ее биоразнообразия являются приоритетными для любой деятельности человека на планете Земля.

Впервые научную разработку программы "Биологическое разнообразие" осуществлял Международный союз биологических наук, создавший для этого в 1982 г. специальную рабочую группу [20]. Союз вел работу в два трехлетних этапа с 1991 по 1997 гг. В 1994 г. в Париже были подведены предварительные итоги первого этапа исследований.

Начиная с 1985 года, проблема биологического разнообразия выходит по своему значению на первый план среди биологических дисциплин. Этой проблеме посвящены многочисленные статьи в различных периодических изданиях, издаются бюллетени и монографии, в том числе и в Украине и странах СНГ.

Одновременно разработаны общемировые и континентальные стратегии, программы и планы сохранения и использования биоразнообразия, среди которых следует отметить "Global Biodiversity Strategy" [14], "The Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy" [19], а также национальные программы – более чем в 30 странах мира.

Как указывают в своих работах И.Г. Емельянов [6], Н.В. Лебедева и др. [7] по темпам роста исследований биоразнообразия остается одним из трех главных приоритетов исследований как в биологии, наряду с биотехнологией и устойчивой агрокультурой.

В условиях нарастающего антропо-техногенного влияния на биосферу стало особенно очевидным, что сохранение разнообразия живых организмов и их генофонда, является необходимым условием существования биосферы, и от успешного решения этого вопроса, в конечном счете, зависит устойчивое развитие всей цивилизации и будущее Земли.

К настоящему времени "Конвенцию о биологическом разнообразии" подписали представители 180 стран. Эта программа исследований биоразнообразия включает три основных уровня: генетический, таксономический и экологический (исследования сообществ и экосистем).

При этом следует отметить, что, как указывает Э. Лежачус [8], хотя экологи и проявляют большое внимание к исследованию биоразнообразия, но, к сожалению, мнение относительно роли многообразия видов в поддержании устойчивости биоценозов на фоне

изменчивой, особенно под влиянием техногенных факторов, окружающей среды, очень расходятся и как говорит автор "нет даже и намека на быстрое решение этого вопроса".

Приднепровский регион, и особенно Днепропетровская область вместе с Донецкой, по данным Национального института стратегических исследований, стоят на втором месте по уровню экологической опасности в Украине после Чернобыльской зоны [1]. Ежегодно в природную среду области поступает 79917,74 тонн химически опасных веществ.

В области развиты практически все виды промышленного производства: металлургическая, химическая, металлообрабатывающая, машиностроительная, составной частью которой в течение длительного времени являлась ракетно-космическая отрасль, а также горнодобывающая. В состав последней в области входят угледобывающая, марганецдобывающая, уранодобывающая и добыча и обогащение редкоземельных элементов. Значительное влияние на состояние зооценоза и его отдельных представителей также оказывает урбанизация и рекреация, развитые в той или иной степени в экосистемах области.

В то же время в области практически не сохранились естественные природные экосистемы, с биоразнообразием зооценоза которых можно было бы провести сравнительный анализ.

Общая площадь 114 заповедных объектов различного уровня составляет 25965 га, что примерно составляет 0,8% от общей площади области [13].

Площадь одного единственного в области Днепроовско-Орельского природного заповедника, территорию которого можно было отнести к "условно чистой" зоне, составляет 3766 га. К такой же "условно чистой" зоне можно отнести биотопы в районе Присамарского биосферного стационара.

В связи со всем указанным выше целью данных исследований было определение влияния отходов различного вида промышленного производства на видовое разнообразие ценных в биогеоценозическом отношении представителей зооценоза – земноводных, а также определение наиболее резистентного к факторам загрязнения вида земноводных, в какой-то степени адаптирующегося к влиянию токсичных ингредиентов отходов предприятий различных видов промышленности.

Как указывают в своих работах В.Л. Булахов и др. [3] эта группа животных, с одной стороны, претерпела значительные изменения (потери в видовом составе составили в области 22,2%), и, с другой, отдельные виды оказались наиболее приспособленными к изменению среды обитания [9–11], что и требует более пристального внимания именно к этой группе представителей зооценоза, ведущей как водный, так и наземный образ жизни.

Материал и методика исследований

Исследования видового разнообразия земноводных проводились в различных по степени влияния антропо-техногенных факторов биогеоценозах Центрального степного Приднепровья в период с 1979 по 2005 гг.

Для анализа проводился отбор особей земноводных всех видов в водных и наземных экосистемах, две из которых были отнесены к "условно чистым" зонам – Днепроовско-Орельский природный заповедник и биотопы в районе Присамарского биосферного стационара. Остальные экосистемы были подвержены влиянию сточных вод различных видов промышленности: 1) горнодобывающая – марганецдобывающая, железодобывающая, уранодобывающая, угледобывающая, добыча редкоземельных элементов; 2) химическая и металлургическая промышленности; 3) машиностроительная промышленность (производство ракетно-космической техники и ее утилизация); 4) влияние урбанизации и рекреации в различной степени; 5) влияние гидротехнических сооружений.

Животные учитывались и отлавливались для анализа по стандартным методикам [4, 5].

У животных проводился общебиологический анализ.

Определение видового разнообразия земноводных в биотопах с различной степенью антропо-техногенного влияния определялся по методам С.Е. Shannon, W. Weaver [18], R. Margalef [16], Е.С. Pielou [17] по следующим формулам:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i,$$

где p_i – доля особей i -того вида (при этом в выборке истинное значение p_i неизвестно, но оценивается как n_i / N).

Индекс видового разнообразия Маргалефа:

$$D = S - 1 / \ln N,$$

где S – число выявленных видов; N – общее число особей всех S видов.

Индекс видового разнообразия по Пиелу [17] определялся следующим образом:

$$E = H' / \ln S,$$

где E принадлежит $[0; 1]$ при равном обилии всех видов

Математическая обработка собранного материала проводилась на ПК Celeron 430.

Результаты и обсуждение

Исследование земноводных Приднепровского региона позволили установить, что всего в биогеоценозах обитает 10 видов земноводных, из которых 9 являются бесхвостыми амфибиями и один вид хвостатых земноводных (*Triturus vulgaris* L., 1758).

Из обитающих в регионе видов земноводных три вида ведут полностью водный образ жизни (*Rana ridibunda* Pall., 1771; *Rana esculenta* L., 1758; *Bombina bombina* L., 1761), один вид ведет наземный роющий образ жизни (*Pelobates fuscus* Laur., 1768), один вид ведет наземный лазающий образ жизни (*Hyla arborea* L., 1758), а четыре вида ведут наземный образ жизни и связаны с водной средой только в период размножения (*Rana arvalis* Nilsson, 1842; *Rana temporaria* L., 1758; *Bufo viridis* Laur., 1768; *Bufo bufo* L., 1758) и один вид хвостатых земноводных ведет полностью водный образ жизни (*Triturus vulgaris* L., 1758).

Из всех вышеуказанных видов земноводных три относятся к редким видам региона (*Bufo bufo*, *Rana temporaria*, *Hyla arborea*), а в отдельных биогеоценозах полностью отсутствуют либо относятся к исчезающим.

Анализ фауны земноводных Приднепровского региона показал, что наибольшим количеством видов и в большинстве случаев численностью животных характеризуются биотопы Днепровско-Орельского природного заповедника, Присамарья и поймы р. Орель.

Оценка относительной численности земноводных по региону показала, что на первом месте стоит фоновый вид амфибий озерная лягушка, за которой в порядке снижения численности следуют обыкновенная чесночница, обыкновенная квакша, зеленая жаба, краснобрюхая жерлянка, прудовая лягушка, остромордая лягушка, обыкновенный тритон и серая жаба.

При этом в среднем по Днепропетровской области преобладают среди водных видов озерная лягушка, а среди наземных – обыкновенная чесночница.

Высокой численностью особей озерной лягушки характеризуются биотопы Днепровско-Орельского природного заповедника, Присамарья, р. Орель, территорий, прилегающих к каналу "Днепр – Донбасс".

Вид встречается также практически на всех реках региона, а также в рыбопродуктивных прудах и озерах.

Во многих случаях, как это будет указано дальше, данный вид амфибий является единственным, обитающим в зоне поступления сточных вод предприятий различных видов промышленности.

Особь обыкновенной чесночницы встречается не только в естественных биогеоценозах, которые в малой степени подвержены антропо-техногенному влиянию, но и в агроценозах, а также на огородах приусадебных участков и дачных участках. Хотя численность этого вида бесхвостых амфибий в этих биотопах весьма незначительна, однако весной в период размножения они создают вблизи водоемов полноценные популяции, особи

которых различных возрастных групп в меньшей численности, но сохраняются и в период массового выхода сеголеток, а также нагула – перед зимовкой.

Высокая численность обыкновенной квакши, вида, который еще совсем недавно относился к редким и исчезающим в Приднепровье, определяется очень высоким количеством его особей, особенно в последнее время (1991–2005) в биотопах на территории Днепровско-Орельского природного заповедника, а также прилегающих биотопах поймы р. Орель и урбанизированных территорий вблизи городов Днепропетровск и Днепродзержинск.

Численность остальных видов земноводных Приднепровского региона в различные годы варьирует как в среднем по региону, так и в отдельных экосистемах, что, очевидно, связано с влиянием биотических, абиотических факторов и уровня загрязнения биогеоценозов в отдельные временные периоды.

Следует также отметить, что такие виды амфибий как краснобрюхая жерлянка и остромордая лягушка, в основном, преобладают в биотопах Днепровско-Орельского природного заповедника, Присамарья, а также поймы р. Орель.

В значительной степени оценить состояние видового разнообразия земноводных в различных по степени трансформации и уровню загрязнения биогеоценозов приднепровского региона позволяют индексы видового разнообразия, разработанные различными исследователями [16–18].

Как указывает в своей работе Н.В. Лебедева и др. [7], И.Г. Емельянов [6] индекс видового разнообразия Шеннона, выведенный им еще в 1947 году, отражает видовую устойчивость и разнообразие сообщества, а также позволяет определить равновероятность регистрации разных видов в исследуемом сообществе по наличию или отсутствию вида в матрице видовых списков, а также учитывает вероятность встречи того или иного вида по обилию.

Использование индекса биоразнообразия Шеннона для оценки видового разнообразия земноводных Приднепровского региона (рис. 1) позволяет оценить состояние этой группы зооценоза.

В первую очередь следует отметить, что поскольку по данным различных авторов, индекс Шеннона должен обычно варьировать в пределах от 1,5 до 3,5 и очень редко превышает 4,5 [6, 7], видовое разнообразие земноводных Приднепровского региона как в целом, так и в отдельных биогеоценозах, находится на низком уровне и изменяется в пределах от 0,1 до 1,53 (биотопы в районе по изготовлению и утилизации ракетно-космической техники – биотопы Днепровско-Орельского природного заповедника). Следует предположить, что такие показатели видового разнообразия земноводных связаны с высоким уровнем промышленного развития Приднепровского региона, и, следовательно, высокой степенью загрязнения природных территорий и уровнем экологической опасности как для всей природной среды в целом, так и для зооценоза и отдельных его представителей.

В целом, полученные данные показывают, что все исследуемые биотопы по степени снижения в них видового разнообразия земноводных в Приднепровском регионе можно расположить в следующем порядке: биотопы Днепровско-Орельского природного заповедника, Присамарского биосферного стационара, поймы р. Орель, территория, прилегающая к каналу "Днепр – Донбасс", территория г. Днепропетровска (с прилегающей зоной поселков и дачных участков), биотопы Западного Донбасса (в районе поступления сточных вод предприятий угледобывающей промышленности), пойма р. Мокрая Сура, г. Кривой Рог (зона поступления отходов железорудной промышленности), г. Желтые Воды (зона поступления отходов предприятий по добыче и обогащению урановой руды), зона поступления сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности г. Днепродзержинска. Видовое разнообразие земноводных сводится к одному виду – озерная лягушка – зона поступления отходов предприятий по добыче и обогащению марганцевой руды, зона добычи и обогащения руд редкоземельных элементов (г. Вольногорск) и в зоне поступления сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности.

В то же время следует отметить, что наибольший вред состоянию популяций земноводных наносят отходы предприятий марганцеворудной промышленности предприятий по добыче редкоземельных металлов.

В целом, следует отметить, что влияние отходов предприятий химической, металлургической и горнодобывающей промышленности крайне негативно сказывается на видовом разнообразии земноводных, что связано как с интенсивным загрязнением среды обитания животных, так и с изменением ландшафта (мест размножения, нагула и зимовки животных).

Хорошим показателем для оценки видового разнообразия земноводных в условиях Приднепровского региона является индекс видового разнообразия Маргалефа [16]. При этом оценка состояния видового разнообразия земноводных по этому показателю показывает примерно ту же картину, что и при оценке по индексу Шеннона. Однако в этом случае наблюдаются некоторые расхождения, которые показывают, что на первое место по уровню видового разнообразия земноводных выходят биотопы поймы р. Орель, за которыми следуют биотопы Днепроовско-Орельского природного заповедника, а также, как это ни странно, биотопы городских районов и прилегающих территорий.

Одновременно с этим следует отметить, что видовое разнообразие земноводных в загрязняемых отходами различных видов промышленности находится примерно на одном уровне.

Степень влияния на видовое разнообразие земноводных антропо-техногенных факторов по этому показателю даже легче оценить, что в определенной степени связано, с одной стороны, с разнообразием ландшафтных экосистем, большим количеством водоемов и, очевидно, меньшей токсичностью сточных вод, поступающих от предприятий угледобывающей промышленности по сравнению с отходами, поступающими в природную среду от предприятий химической, металлургической, различных видов горнодобывающей промышленности, а также предприятий ракетно-космического комплекса.

Хотя, как указывает И.Г. Емельянов [6], индекс Шеннона и дает возможность учитывать вероятность встречи того или иного вида по обилию, для животных из зоны интенсивного промышленного загрязнения это не всегда возможно и неадекватно отражает состояние земноводных в тех или иных биогеоценозах.

Так, значительное увеличение численности такого вида амфибий как обыкновенная квакша в биотопах Днепроовско-Орельского заповедника или отсутствие особей этого вида в биотопах Присамарья не увеличивает или не уменьшает значительно индекс Шеннона (см. рис. 1).

В то же время незначительное количество видов в биотопах р. Мокрая Сура, зоны загрязнения г. Кривой Рог, зоны добычи урановой руды при преобладании во всех биотопах такого вида амфибий как озерная лягушка, позволяет оставаться показателю индексу видового разнообразия этой группы животных на близком уровне.

При этом следует отметить, что расчет данного показателя все же позволяет говорить о том, что видовое разнообразие земноводных находится на наиболее низком уровне в биотопах, подверженных влиянию отходов предприятий ракетно-космической техники и химических и металлургических предприятий.

Оценивая состояние видового разнообразия земноводных Приднепровского региона следует отметить, что создание Днепроовско-Орельского природного заповедника привело за 10 лет, хотя и не к очень значительному увеличению видового разнообразия этой группы животных (см. рис. 1), что, однако, сопровождалось значительным увеличением численности отдельных видов земноводных, таких как обыкновенная квакша, озерная лягушка, серая жаба, обыкновенный тритон.

В то же время индексы показателей видового разнообразия земноводных в биотопах Днепроовско-Орельского природного заповедника, Присамарского биосферного стационара, р. Орель и поймы канала "Днепр – Донбасс" позволяют оценивать их как эталонные для Приднепровского региона (см. рис. 1).

Показатели индекса видового разнообразия земноводных из мест обитания, подверженных влиянию отходов различных видов промышленности, таких как зона поступления сточных вод угледобывающей промышленности – Западного Донбасса, поймы р. М. Сура, предприятий в зоне поступления отходов уранодобывающей промышленности находятся на близком уровне, что должно свидетельствовать о сходном влиянии этих видов промышленности на видовое разнообразие и численность земноводных Приднепровского региона. Значительно более низкими показателями индекса видового разнообразия земноводных характеризуются биотопы в зоне поступления сточных вод химических и металлургических предприятий и ракетно-космического комплекса, которые в значительной степени относятся к типу предприятий химической и машиностроительной промышленности.

Примерно такую же картину показывают и индексы видового разнообразия, рассчитанные по формуле Маргалефа [16].

Как видно из этих данных, показатели видового разнообразия земноводных снижаются для исследуемых биотопов в следующем порядке: Днепровско-Орельский природный заповедник, биотопы поймы р. Орель, прилегающие к заповеднику, биотопы в районе Присамарского биосферного стационара, биотопы в районе г. Днепропетровска и прилегающих территорий различной степени урбанизации. Остальные биотопы, подверженные в той или иной степени влиянию различного вида и уровня загрязнения, располагаются следующим образом: биотопы в районе канала "Днепр – Донбасс", Диевские плавни, биотопы в районе поступления сточных вод угледобывающей промышленности (Западный Донбасс), биотопы в зоне поступления отходов предприятий уранодобывающей промышленности (г. Желтые Воды). При этом отмечается резкое снижение показателей видового разнообразия земноводных (по индексу Маргалефа) в следующих биотопах: пойма р. Коноплянка (зона поступления сточных вод химических и металлургических предприятий г. Днепропетровска), р. Мокрая Сура, зона поступления отходов предприятий ракетно-космической техники и зона поступления отходов предприятий железорудной промышленности (г. Кривой Рог).

В среднем, для Днепропетровской области индекс видового разнообразия земноводных (по Маргалефу) составляет 0,95, что является довольно низким показателем, учитывая, что в отдельных биогеоценозах области, а именно в биотопах Днепровско-Орельского природного заповедника, поймы р. Орель и Присамарского биосферного стационара этот показатель несколько выше, что должно также свидетельствовать о высокой техногенной нагрузке на эту группу животных в Приднепровском регионе.

Еще одним показателем, который может дать возможность оценить состояние сообществ земноводных, является индекс Е. Пиелу [17].

Как указывает Ю.А. Песенко [12], данный показатель свидетельствует о том, что разнообразие сообщества тем выше, чем больше в нем количество видов; и соответственно чем более выравнены по обилию составляющие его виды.

Оценивая состояние видового разнообразия сообществ земноводных из различных биогеоценозов Днепропетровской области следует сказать, что отдельные из них характеризуются доминированием одного вида (*Rana ridibunda*). Сюда, очевидно, следует отнести сообщества земноводных из биотопов р. Мокрая Сура, г. Днепропетровска и прилегающих урбанизированных территорий, зоны поступления сточных вод предприятий железорудной промышленности (г. Кривой Рог), а также поймы р. Орель. Следующей группой биотопов, где отмечается снижение уровня доминирования одного вида, являются биотопы Западного Донбасса, Днепровско-Орельского природного заповедника, биотопов в районе Присамарского биосферного стационара. В отдельную группу биотопов, где практически нет доминантного вида, а существует значительная степень выравненности видового разнообразия, можно отнести биотопы в районе поступления отходов предприятий уранодобывающей промышленности, Диевских плавней и зоны поступления сточных вод химических и металлургических предприятий г. Днепропетровска.

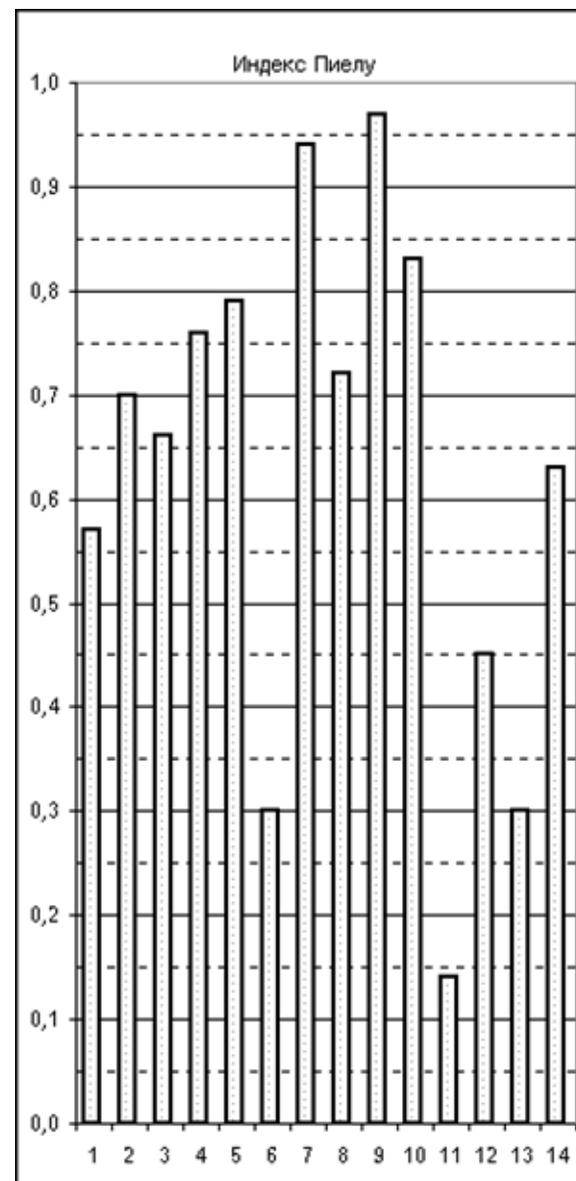
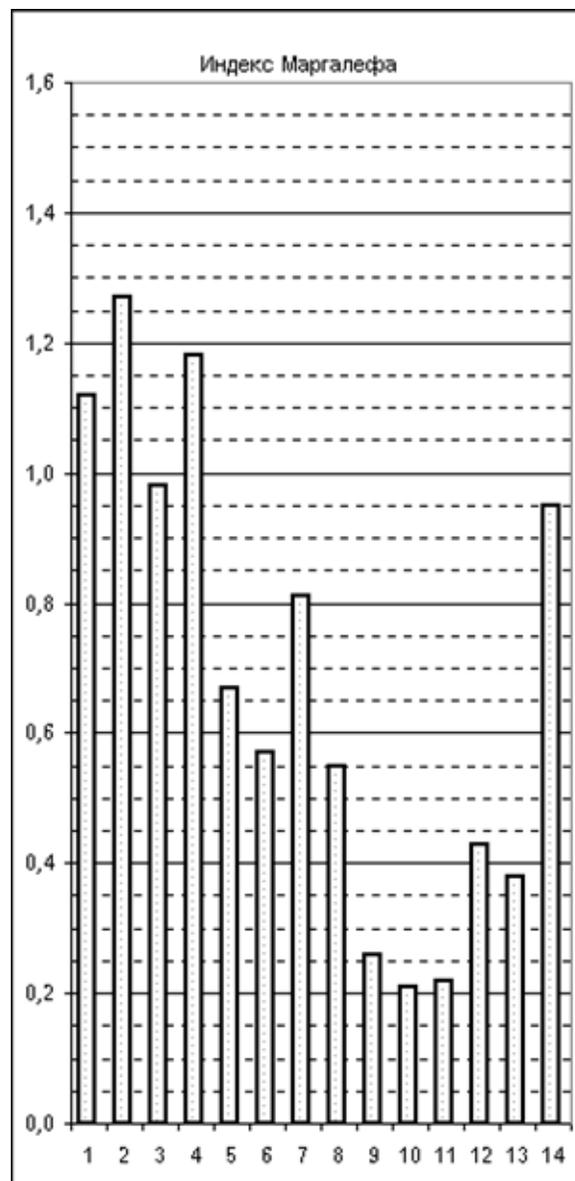
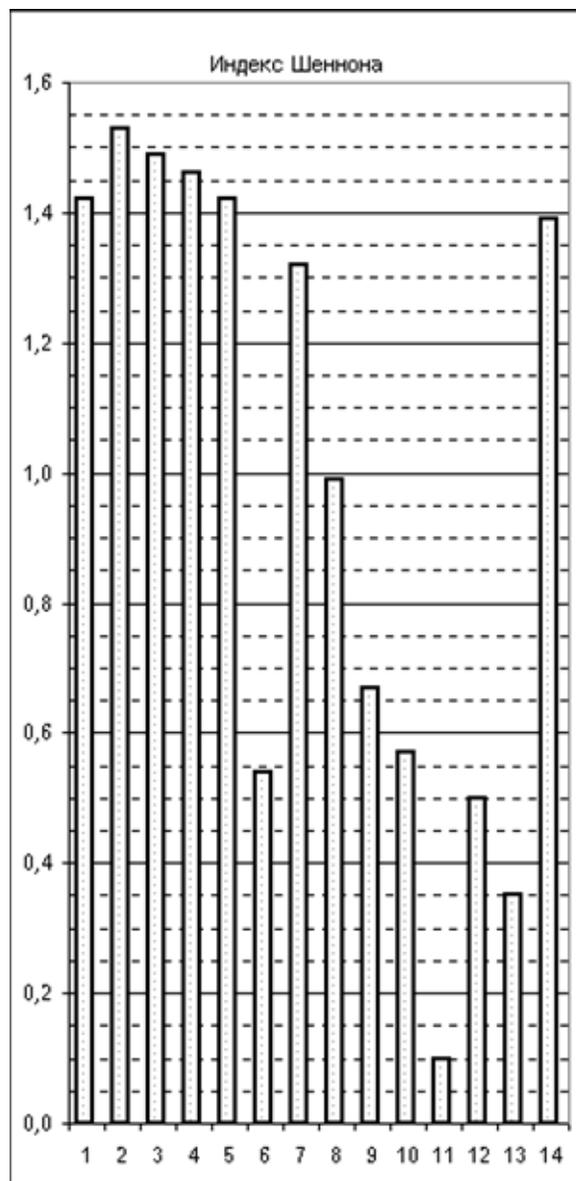


Рис. 1. Характеристика индексов видового разнообразия земноводных.

На рисунке 1 цифрами обозначены следующие зоны:

1. зона заказника (до создания Днепроовско-Орельского природного заповедника);
2. Днепроовско-Орельский природный заповедник;
3. биотопы Присамарского биосферного стационара;
4. биотопы поймы реки Орель;
5. пойма канала "Днепр – Донбасс";
6. Диевские плавни;
7. биотопы города Днепропетровск;
8. Западный Донбасс;
9. пойма реки Мокрая Сура;
10. биотопы города Кривой Рог;
11. Павлоградское ракетно-космическое предприятие;
12. предприятия уранодобывающей промышленности;
13. предприятия химической и металлургической промышленности;
14. Днепропетровская область в целом.

Резкое снижение этого показателя отмечается для сообщества земноводных из биотопов зоны поступления отходов предприятий ракетно-космического комплекса, где обитает в небольших по численности количествах всего два вида – озерная лягушка и обыкновенная чесночница.

Резкое снижение видового разнообразия отмечается также в биотопах зоны поступления отходов марганцеворудной промышленности и добычи и переработки редкоземельных элементов. В этих биогеоценозах на сегодняшний день (после 3–5-летних исследований установлено обитание только одного вида земноводных – озерной лягушки).

Таким образом, используя предложенные различными авторами показатели для оценки видового разнообразия сообществ животных можно дать более полноценную оценку видового разнообразия земноводных в различных по степени и уровню загрязнения биогеоценозах, что позволяет сделать следующие выводы.

Выводы

1. Влияние различных по степени токсичности отходов различных видов промышленности приводит к резкому снижению видового разнообразия земноводных Приднепровского региона.

2. Наиболее высокими показателями видового разнообразия, согласно индексам, рассчитанным по Шеннону и Маргалёфу, характеризуются биотопы Днепроовско-Орельского природного заповедника, поймы р. Орель и биотопы в районе Присамарского биосферного стационара.

3. Создание канала "Днепр – Донбасс" не привело к снижению в его биотопах, а также на прилегающей территории видового разнообразия земноводных, что возможно также связано с наличием на территории между каналом и поймой р. Орель малых водоемов, а также сельхозугодий, где идет размножение животных, развитие их личинок, нагул молоди, а также зимовка молоди и взрослых особей.

4. Оценка состояния сообществ земноводных с помощью индекса Пиелу дала возможность определить степень доминантности одного вида в различных по уровню и степени загрязнения биотопах и дать сравнительную оценку выравненности различных видов земноводных в сообществах из различных по степени антропо-техногенной нагрузки мест обитания.

Проведенные 25-летние исследования показали состояние видового разнообразия сообществ земноводных в Приднепровском регионе, который является одним из наиболее неблагоприятных в экологическом отношении регионов Украины, находящимся, как и Донецкая область, под постоянным техногенным прессом.

Список литературы

1. *Агаркова Н.В., Качинский А.Б., Степаненко А.С.* Регіональний вимір екологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф // Екологічна безпека. – 1996. – Вип. 2. – 74 с.
2. *Бейтс Г.* Натуралист на реке Амазонке. – М.: Географическая литература, 1958. – 432 с.
3. *Булахов В.Л., Губкин А.А., Мясоедова О.М., Тарасенко С.Н.* Современное состояние фауны позвоночных животных Днепропетровщины и необходимые меры по их охране // Исчезающие и редкие растения, животные и ландшафты Днепропетровщины. – Днепропетровск, 1983. – С. 87-97.
4. *Гаранин В.И., Панченко А.Н.* Методы изучения амфибий в заповедниках // Амфибии и рептилии заповедных территорий. – М., 1987. – С. 8-24.
5. *Динесман Л.Г., Калецкая М.Л.* Методы количественного учета амфибий и рептилий // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 329-341.
6. *Емельянов И.Г.* Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. – К., 1999. – 168 с.
7. *Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривошук Д.А.* Биоразнообразие и методы его оценки: Уч. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 95 с.
8. *Лежачев Э.* Элементы общей теории адаптации. – Вильнюс: Мокслас, 1986. – 273 с.
9. *Мисюра А.Н.* Экология фонового вида амфибий (*Rana ridibunda* Pall., 1771) центрального и степного Приднепровья в условиях промышленного загрязнения водоемов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1989. – 16 с.
10. *Мисюра А.М.* Земноводні Придніпров'я в умовах техногенного впливу (1984–1999 рр.) // Вісник Дніпропетровського університету. Сер. Біологія. Екологія. – 2000. – Вип. 7. – С. 117-122.
11. *Мисюра А.Н., Марченковская А.А.* Эколого-биохимическая характеристика озерной лягушки в условиях урбанизации // Вісник Дніпропетровського університету. Сер. Біологія. Екологія. – 2001. – Вип. 9, т. 2. – С. 137-142.
12. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
13. *Шпак М.В., Манюк В.В.* Заповідна природа Дніпропетровщини. – Дніпропетровськ, 2000. – 62 с.
14. *Global Biodiversity Strategy.* – Washington, DS: UNEP, 1992. – 244 p.
15. *Global Biodiversity Assessment.* – Cambridge: Cambridge Univ. press., 1995. – 1140 p.
16. *Margalef R.* Perspectives in ecological theory. – Chicago: Univ. Chicago press, 1969. – 111 p.
17. *Pielou E.C.* Ecological diversity. – New York: Wiley, 1975. – 166 p.
18. *Shannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of communication. – Urbana: Univ. Illinois press, 1949. – 117 p.
19. *The Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy.* – Amsterdam: UNEP, 1996. – 50 p.
20. *Wittaker R.H.* Evolution and measurement of species diversity // Taxon. – 1972. – V. 21. – P. 213-251.

Місюра А.Н., Марченковська А.А. Вплив різного типу промислового забруднення на видову різноманітність земноводних в техногенних екосистемах Придніпровського регіону. – Дослідження впливу різного виду промислових підприємств на земноводних показали зниження видової різноманітності цієї групи тварин, яке залежить від типу і рівня впливу токсичних інгредієнтів промислових відходів. Дані досліджень дозволили встановити види земноводних, володіючи найбільшою резистентністю до токсикантів, а також здатні певною мірою пристосуватися до їх впливу.

Ключові слова: біорізноманітність, земноводні, вплив промислового забруднення.

Misyura A.N., Marchenkovskaya A.A. Influencing of a different type of industrial contamination to the specific variety of amphibious in technogenic ecosystem of Pridneprovsk region. – The researches of influencing of a different type of industrial enterprises to amphibious showed the decline of specific variety of this group of animals, which relies on type and level of influencing of toxic ingredients of industrial wastes. Data of researches allowed to set the types of amphibious, possessing most rezistent to toxicate, and also able up to a point to adjust to their influencing.

Key words: biovariety, amphibious, influencing of industrial contamination.

Е.В. Прокопенко, Н.Н. Ярошенко, Ю.А. Галкин
НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ФАУНЫ ПАУКОВ РЕГИОНАЛЬНОГО
ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА "КЛЕБАН-БЫК"

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: procop@dongu.donetsk.ua

Прокопенко Е.В., Ярошенко Н.Н., Галкин Ю.А. Начальный этап инвентаризации фауны пауков регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык". – На территории регионального ландшафтного парка «Клебан-Бык» (Константиновский район Донецкой области) зарегистрировано 38 видов пауков из 29 родов и 11 семейств. Наибольшим числом видов характеризуются семейства Araneidae (9 видов), Salticidae (7 видов), Thomisidae (6 видов). Основу аранеофауны составляют политопные (38,5% видов), мезофильные (28,2) и ксеро-мезофильные (23,0%) виды. Можно ожидать, что последующие исследования позволят увеличить видовой список пауков парка, по меньшей мере, втрое.

Ключевые слова: пауки, "Клебан-Бык", фауна.

Введение

Растительность регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" (Константиновский район Донецкой области), созданного только в 2000 г., в настоящее время находится на этапе восстановления [1]. Разнообразии растительных группировок парка – сухих и очень сухих дубрав, участков типчаково-ковыльных и петрофитных степей, водно-болотных угодий – позволяет предположить, что в результате охранных мероприятий после снижения имевшей место ранее интенсивной пастбищной нагрузки будет возобновлен богатый и разнообразный зооценоз.

Материал и методы исследований

В рамках инвентаризации фауны паукообразных регионального ландшафтного парка были проведены экспедиционные выезды с мая по октябрь 2005 г. Основными методами коллектирования материала были кошение сачком и ручной сбор, что обусловило слабую обследованность герпетобия.

Результаты и обсуждение

Зарегистрировано 38 видов пауков из 29 родов и 11 семейств (табл. 1, рис. 1). Отметим, что 22 рода (75,8%) в аранеофауне РЛП представлены единственным видом, что служит косвенным показателем ее недостаточной изученности. Можно ожидать, что последующие исследования позволят увеличить видовой список пауков парка, по меньшей мере, втрое.

Наибольшим числом видов характеризуются семейства Araneidae (9 видов), Salticidae (7 видов), Thomisidae (6 видов). Обстоятельное изучение населения пауков наземного яруса приведет к увеличению видового списка за счет семейств Lycosidae, Linyphiidae, Gnaphosidae.

Основу аранеофауны составляют политопные (38,5% видов), мезофильные (28,2) и ксеро-мезофильные (23,0%) виды (первая часть экологической характеристики вида отражает предпочитаемый ярус биотопа, вторая – гигропреферендум (см. табл. 1, рис. 2)).

Типичные степные виды не отмечены, что может отражать состояние ценозов, в прошлом подвергавшихся мощному пастбищному прессу. Однако кругопряды *Agalenatea redii*, *Argiope bruennichi*, *Gibbaranea bituberculata*, *Mangora acalypha*, *Neoscona adianta*, тенетники *Enoplognatha ovata*, *Theridion impressum*, засадник *Thomisus onustus* и охотники *Evarcha falcata*, *Heliophanus cupreus* и *Heliophanus flavipes* отмечались в различных вариантах разнотравно-типчаково-ковыльных степей региона, либо даже выступали в ранге доминантов [2-4].

**Видовой состав, систематическое положение и экологические преферендумы пауков
РЛП "Клебан-Бык"**

Вид	Семейство	Экологическая группа
1. <i>Achaearanea tepidariorum</i> (C. L. Koch, 1841)	I. Theridiidae	Дендробионт, мезофил
2. <i>Enoplognatha ovata</i> (Clerck, 1757)	--/	Хортобионт, мезофил
3. <i>Theridion impressum</i> L. Koch, 1881	--/	Хортобионт, ксеро-мезофил
4. <i>Microlinyphia pusilla</i> (Sundevall, 1830)	II. Linyphiidae	Хорто-, герпетобионт, мезофил
5. <i>Nerienne montana</i> (Clerk, 1757)	--/	Хорто-, герпетобионт, мезофил
6. <i>Pelecopsis parallela</i> (Wider, 1834)	--/	Герпетобионт, ксеро-мезофил
7. <i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus, 1758)	III. Tetragnathidae	Хортобионт, гигрофил
8. <i>Agalenatea redii</i> (Scopoli, 1763)	IV. Araneidae	Хортобионт, ксеро-мезофил
9. <i>Araneus diadematus</i> Clerck, 1757	--/	Дендро, хортобионт, мезофил
10. <i>Araneus quadratus</i> Clerck, 1757	--/	Хортобионт, мезофил
11. <i>Argiope bruennichi</i> (Scopoli, 1772)	--/	Хортобионт, политоп
12. <i>Gibbaranea bituberculata</i> (Walckenaer, 1802)	--/	Хортобионт, политоп
13. <i>Larinioides ixobolus</i> (Thorell, 1873)	--/	Дендробионт, политоп
14. <i>Larinioides suspicax</i> (O.P.-Cambrige, 1876)	--/	Хортобионт, политоп
15. <i>Mangora acalypha</i> (Walckenaer, 1802)	--/	Хортобионт, политоп
16. <i>Neoscona adianta</i> (Walckenaer, 1802)	--/	Хортобионт, ксеро-мезофил
17. <i>Singa nitidula</i> C. L. Koch, 1844	--/	Хортобионт, политоп
18. <i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	V. Pisauridae	Хортобионт, мезофил
19. <i>Clubiona neglecta</i> O. P.-Cambridge, 1862	VI. Clubionidae	Хортобионт, политоп
20. <i>Cheiracanthium erraticum</i> (Walckenaer, 1802)	VII. Miturgidae	Хортобионт, политоп
21. <i>Cheiracanthium punctorium</i> (Villers, 1789)	--/	Хортобионт, мезофил
22. <i>Micrommata virescens</i> (Clerck, 1757)	VIII. Sparassidae	Хортобионт, мезофил
23. <i>Philodromus cespitum</i> (Walckenaer, 1802)	IX. Philodromidae	Хортобионт, политоп
24. <i>Philodromus histrio</i> (Latreille, 1819)	--/	Хортобионт, политоп
25. <i>Tibellus oblongus</i> (Walckenaer, 1802)	--/	Хортобионт, эвритоп
26. <i>Misumena vatia</i> (Clerck, 1757)	X. Thomisidae	Хортобионт, политоп
27. <i>Misumenops tricuspidatus</i> (Fabricius, 1775)	--/	Хортобионт, политоп
28. <i>Thomisus onustus</i> Walckenaer, 1805	--/	Хортобионт, ксеро-мезофил
29. <i>Xysticus lanio</i> C. L. Koch, 1835	--/	Хортобионт, ксеро-мезофил
30. <i>Xysticus kochi</i> Thorell, 1872	--/	Герпето, хортобионт, эвритоп
31. <i>Xysticus striatipes</i> L. Koch, 1870	--/	Хортобионт, ксеро-мезофил
32. <i>Carrhotus xanthogramma</i> (Latreille, 1819)	XI. Salticidae	Хортобионт, ксеро-мезофил

Вид	Семейство	Экологическая группа
33. <i>Evarcha falcata</i> (Clerck, 1757)	-//-	Хортобионт, политоп
34. <i>Heliophanus auratus</i> C. L. Koch, 1835	-//-	Хортобионт, эвритоп
35. <i>Heliophanus cupreus</i> (Walckenaer, 1802)	-//-	Хортобионт, политоп
36. <i>Heliophanus flavipes</i> (Hahn, 1832)	-//-	Хортобионт, политоп
37. <i>Heliophanus lineiventris</i> Simon, 1868	-//-	Хортобионт, мезофил
38. <i>Philaeus chrysops</i> (Poda, 1761)	-//-	Хортобионт, ксеро-мезофил

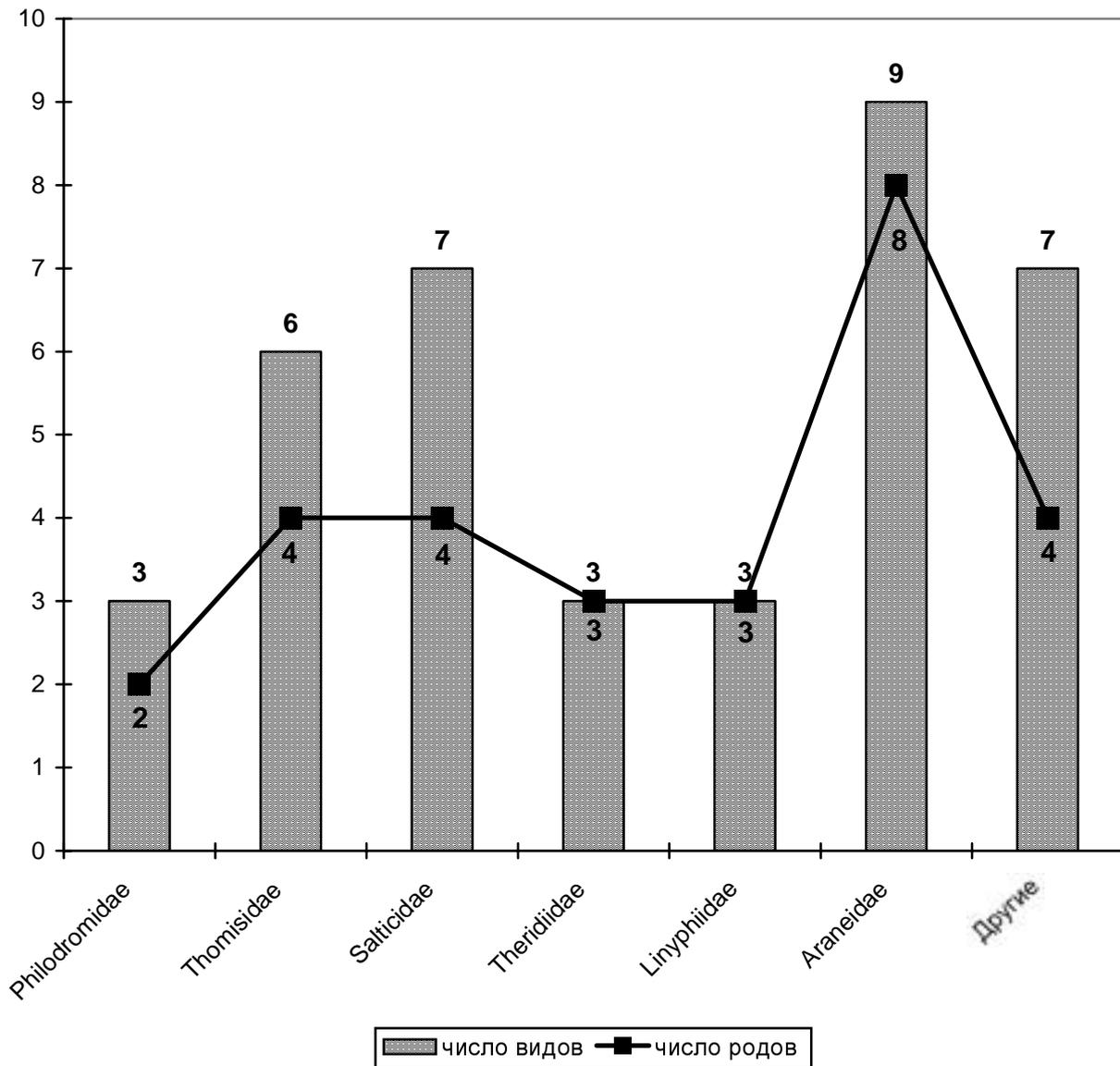


Рис. 1. Таксономическое богатство основных семейств пауков РЛП "Клебан-Бык" на начальном этапе инвентаризации аранеофауны

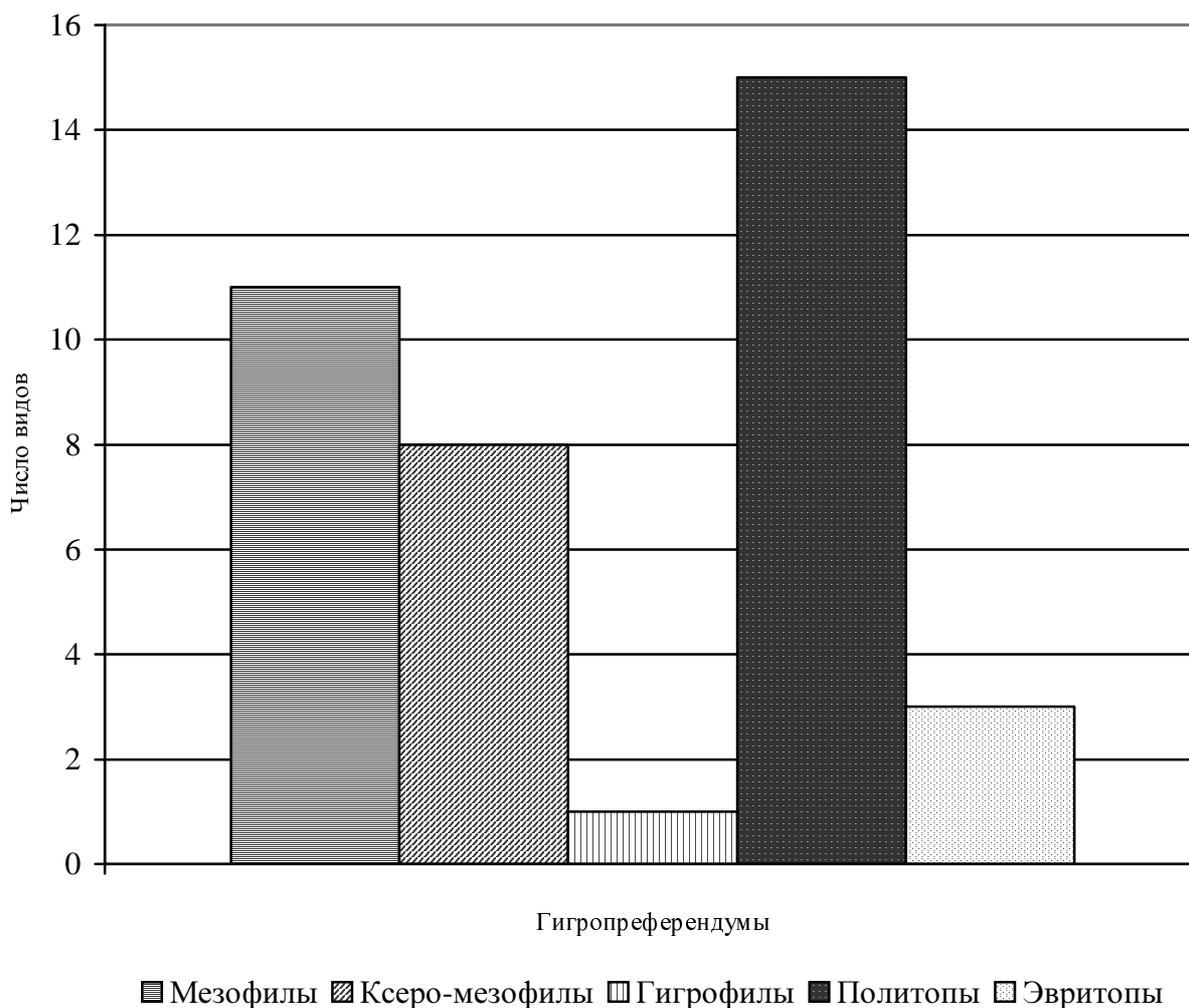


Рис. 2. Структура аранеофауны РЛП "Клебан-Бук" в отношении гигропреферендум

Выводы

1. На территории регионального ландшафтного парка "Клебан-Бук" (Константиновский район Донецкой области) зарегистрировано 38 видов пауков из 29 родов и 11 семейств.
2. Наибольшим числом видов характеризуются семейства Aganeidae (9 видов), Salticidae (7 видов), Thomisidae (6 видов).
3. Основу аранеофауны составляют политопные (38,5% видов), мезофильные (28,2) и ксеро-мезофильные (23,0%) виды.
4. Типичные степные виды не отмечены, что может отражать состояние ценозов, в прошлом подвергавшихся мощному пастбищному прессу.
5. Можно ожидать, что последующие исследования позволят увеличить видовой список пауков парка, по меньшей мере, втрое.

Список литературы

1. Донбас заповідний. Науково-інформаційний довідник-атлас / Під ред. С.С. Куруленка, С.В. Третьякова. – Донецьк: Донецька філія Державного інституту підвищення кваліфікації та переподготовки кадрів Мінекоресурсів України, 2003. – С. 111.
2. Полчанинова Н.Ю. Сравнительная характеристика фауны пауков степей Левобережной Украины // Новости фаунистики и систематики – К.: Ин-т зоол. АН УССР, 1990. – С. 163-167.

3. *Полчанинова Н.Ю.* Аранеофауна "Стрельцовской степи" (Луганская область) и ее место в фауне заповедных территорий // Мат. Российско-Украинской науч. конф., посв. 60-летию Центрально-Черноземного запов. "Проблемы сохранения разнообразия природы степных и лесостепных регионов". – М.: КМК Sci Press Ltd., 1995. – С. 185-186.
4. *Полчанинова Н.Ю.* К изучению фауны пауков (Aranei) заповедника "Каменные Могилы" // Тр. филиала Украинского степного природного заповедника "Каменные Могилы" (Юбилейный сборник). – К.: Фитосоцицентр. – 1998 (1997). – Вып. 1. – С. 114-118.

Прокопенко О.В., Ярошенко М.М., Галкин Ю.О. Початковий етап інвентаризації фауни павуків регіонального ландшафтного парку "Клебан-Бик". – На території регіонального ландшафтного парку "Клебан-Бик" (Константинівський район Донецької області) зареєстровано 38 видів павуків з 29 родів та 11 родин. Найбільшою кількістю видів характеризуються родини Araneidae (9 видів), Salticidae (7 видів), Thomisidae (6 видів). Основу аранеофауни становлять політопні (38,5% видів), мезофільні (28,2) і ксеро-мезофільні (23,0%) види. Треба очікувати, що наступні дослідження дозволять поповнити видовий список павуків парку, принаймі, втричі.

Ключові слова: павуки, "Клебан-Бик", фауна.

Procopenko H.V., Yaroshenko N.N., Galkin Yu.A. Pioneering stage of inventory of the spiders fauna of a regional landscape park "Kleban-Byk". – In terrain of a regional landscape park "Kleban-Byk" (Konstantinovsk region of Donetsk area) is registered 38 spiders species from 29 genera and 11 families. The greatest number of species characterizes families Araneidae (9 species), Salticidae (7 species), Thomisidae (6 species). The araneofauna basis make polytopic (38,5% of species), mesophil (28,2) and ksero-mesophil (23,0%). It is possible to expect, that the subsequent researches will allow to increase a spiders specific list of a park, at least, three times.

Key words: spiders, "Kleban-Byk", fauna.

Е.Ю. Савченко

**ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЖУКОВ-ЧЕРНОТЕЛОК
(COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: katrinsavchenko@mail.ru*

Савченко Е.Ю. Эколого-фаунистический обзор жуков-чернотелок (Coleoptera: Tenebrionidae) Юго-Востока Украины. – Статья включает обзор фауны и ландшафтно-географического распределения чернотелок Юго-Восточной Украины (Донецкая и Луганская обл.). На территории исследуемого региона выявлено 35 видов, относящихся к 29 родам. Основу фауны составляют 10 массовых и 25 обычных для территории Юго-Восточной Украины видов. Указаны основные экологические особенности семейства. 11 видов тенебрионид являются вредителями сельского хозяйства. Оригинальной фауной отличаются приморские пески побережья Азовского моря и пески речных терасс.

Ключевые слова: Coleoptera, Tenebrionidae, экологические группы, Юго-Восток Украины.

Введение

Жуки-чернотелки – одна из самых многочисленных групп жесткокрылых, представленная в фауне Украины 102 видами, относящимися к 54 родам и 29 трибам [12].

Начиная с XIX века, тенебриониды являются объектом наблюдений и исследований, что связано, в основном, с их ролью в качестве вредителей сельского хозяйства. Однако массовая численность и распространенность чернотелок позволяет использовать их также в качестве биоиндикаторов состояния степных биоценозов. В частности, нами были проведены исследования по особенностям распределения герпетобионтных чернотелок на участках с различным режимом охраны [7, 8]. Опубликованные работы по чернотелкам Юго-Восточной Украины посвящены хозяйственно важным видам [5] или содержат материалы фаунистического характера [1, 2]. В них содержится незначительная информация об экологии отдельных видов. К настоящему времени единственным наиболее полным эколого-фаунистическим обзором чернотелок Юго-Восточной Украины является работа Л.С. Черней и Ю.В. Надворного [11]. Поэтому целью данной работы является попытка выявления видового состава и ландшафтно-географического распределения чернотелок в пределах Юго-Востока Украины, что включает в себя составление эколого-фаунистического списка тенебрионид района исследований, выделение основных экологических групп чернотелок Юго-Восточной Украины и выявление тенебрионид, выступающих в регионе в роли опасных вредителей сельского хозяйства. Юго-Восток Украины включает в себя границы двух административных областей – Донецкой и Луганской. Район исследования принадлежит к ландшафтной зоне степи, к подзоне разнотравно-типчаково-ковыльной степи, которая в пределах региона включает четыре участка: Восточно-Заднепровский, Донецко-Донской, Донецкий и Приазовский участки [4].

Материал и методы исследования

Основой для данной работы послужили личные сборы автора, а также материалы коллекций кафедры зоологии биологического факультета ДонНУ. Исследования проводились с 2000 по 2005 гг. в 38 пунктах Юго-Восточной Украины. Основными методами сбора материала являлись маршрутный сбор и почвенные раскопки, а также ручной сбор жуков-мицетобионтов с плодовых тел грибов. Чернотелок-ксилобионтов и мицетобионтов собирали в гниющей древесине и плодовых телах грибов-трутовиков. В пределах региона выявлен 35 видов тенебрионид, относящихся к 29 родам и 22 трибам.

Результаты и обсуждение

Ниже приводится список видов жуков-чернотелок, обнаруженных на исследуемой территории. Данные излагаются по схеме: 1) краткие сведения по экологии, трофической специализации и хозяйственной значимости вида; 2) период активности имаго в природе на территории исследуемого региона; 3) точки находок.

В списке были приняты следующие условные обозначения:

* – вредители сельского хозяйства; з-к – заповедник; окр. – округ; КМ – Донецкая область, Володарский район, с. Назаровка, з-к «Каменные могилы»; ХС – Донецкая область, Новоазовский район, с. Хомутово, з-к «Хомутовская степь»; МФ – Донецкая обл., Краснолиманский р-н, з-к Меловая флора; БК – Донецкая область, Першотравневый район, окрестности с. Белосарайка, заказник «Белосарайская коса»; Д – Донецк; ДК – Донецкая область, Шахтерский район, с. Сауровка, с. Петровское, региональный ландшафтный парк «Донецкий кряж»; ВН – Донецкая область, Великоновоселковский район, п.г.т. Великая Новоселка; ПП – Луганская область, Станично-Луганский район, с. Кондрашевка Нова, з-к «Придонцовская пойма» (до 2001 з-к Станично-Луганский); ПС – Луганская область, Свердловский р-н, з-к «Провальская степь»; СС – Луганская область, Меловской р-н, з-к «Стрельцовская степь».

****Tentyria nomas nomas* (Pallas, 1781)**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. Вредит бахчевым [6]. На исследованной территории встречается на открытых песках второй террасы р. Северский Донец, обычен на Белосарайской Косе.

Имаго активны с конца марта до первой половины сентября.

Материал. 08.07.00. Луганская обл., Серебрянское лесничество; 19.06.01. З-к ПП; 20.04.02. Донецкая обл., Константиновский р-н, п.г.т. Курдюмовка; 28.07.02. Луганская обл., Серебрянское лесничество; 12.07.03. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, Чернецкие озера; 18–19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск (Мартынов В.В.); 29.04.00, 12.05.02, 02.05.03, 12.06.03. З-к ПП; 04.05.05. З-к МФ. (Мальцева А.Г.); 10–12.05.01, 01–12.08.01, 11–15.06.02, 10–16.06.02, 03–05.05.03, 17–24.06.03, 8–15.08.03, 16–18.08.03. БК. (Прокопенко Е.В.); 23.03.02, 28.04.02. ВН. (Радько Д.Н.); 09.05.03. З-к СС. (Сергеев М.Е.). 16.09.01. З-к ПП; 11–12.05.04. З-к ХС; 18.05.04. З-к КМ; 24–27.06.04. З-к ПП. (Савченко Е.Ю.).

***Tentyria nomas taurica* Tauscher, 1812**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. Обычен на исследуемой территории.

Материал. 27.07.02. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, с. Закотное. (Сергеев М.Е.).

***Asida lutosa* Solier, 1836**

Экология. Мезофил. Фитофаг. Основные места обитания на исследуемой территории – заповедные степные территории и участки с сохранившейся природной растительностью. Обычен.

Имаго активны с первой половины марта по первую половину июля.

Материал. 16–19.07.01. З-к КМ; 16–19.07.03. ДК; 04.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 19.05.04. З-к КМ; 22–26.05.04. ДК. (Савченко Е.Ю.); 17.03.02. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 14.07.03. З-к МФ. (Мартынов В.В.); 06.07.02, 18.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка. (Сергеев М.Е.).

***Pimelia subglobosa* (Pallas, 1781)**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. На исследуемой территории обычен на заповедных и целинных степных участках.

Жуки активны со второй половины марта по первую половину сентября.

Материал. 30.05.00. З-к КМ. (Мартынов В.В.); 23.06.01. З-к ПП. (Мальцева А.Г.); 23.03.02, 28.04.02, 14.09.02, 06–09.07.03, 13–16.07.03. ВН. (Радько Д.Н.); 05.06.04., 24.05.04. ВН. (Савченко Е.Ю.); 07.05.05. Донецкая обл., Марьинский р-н, с. Максимилянковка (Сергеев М.Е.).

***Prosodes obtusa* (Fabricius, 1798)**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. Обычен на исследуемой территории.

Материал. 13.04.02. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 17.04.02. Д; 04.05.05. З-к МФ. (Мальцева А.Г.).

***Gnaptor spinimanus* (Pallas, 1781)**

Экология. Ксеромезофил. Фитофаг. На территории Юго-Востока Украины является многочисленным видом, широко распространенным во всех подзонах степной полосы. Жуки активны с первой половины апреля по начало октября.

Материал. 16.06.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык; 23.06.01. 3-к ПП; 14.08.01. Донецкая обл., Старобешевский р-н, с. Солнцево; 06.10.01, 13.04.02, 05.06.02. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 18.06.03. ПС; 04.05.05. 3-к МФ. (Мальцева А.Г.); 02.05.00, 30.04.00, 30.05.00, 16.09.01. 3-к КМ; 04.05.02. 3-к ПС; 14.04.02. Донецкая обл., Константиновский р-н, п.г.т. Курдюмовка; 07.06.03. Донецкая обл., Добропольский р-н, заказник Никаноровский лес; 14.07.03. 3-к МФ; 16.06.05. ДК; 16.07.05. Донецкая обл., Славянский р-н, с. Донское; 02.07.05. Д. (Мартынов В.В.); 04.05.02. Донецкая обл., Волновахский р-н, заказник Великоанадольский лес; 17.04.02, 22.04.05. Д; 27.06.02. Донецкая обл., г. Славянгорск; 18.07.03, 23.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 01.05.05. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 20.07.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, окр. с. Минеральное; 10.07.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Сергеев М.Е.); 16–19.07.01. 3-к КМ; 20.04.02, 04.10.02, 20.04.02, 27.04.03. ДК; 15.07.03. Донецкая обл., Шахтерский р-н, г. Снежное; 17.04.04, 25.06.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 22–26.05.04, 05.06.04. ДК; 16–20.05.04. 3-к КМ; 11.05.04, 12.06.04. 3-к ХС; 01–10.07.04. 3-к СС. (Савченко Е.Ю.); 04.05.05. Донецкая обл., Славянский р-н, национальный природный парк «Святые горы», окр. с. Глубокая Макатиха. (Мартынов А.В.).

****Blaps lethifera* Marsham, 1802**

Экология. Ксеромезофил. Фитофаг. Обычен.

Имаго активны с апреля по август.

Материал. 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 03.05.04, 24–27.05.04 ВН. (Савченко Е.Ю.); 13.08.04. 3-к ХС; 04.05.05. 3-к МФ. (Сергеев М.Е.); 16.07.05. Донецкая обл., Славянский р-н, с. Донское, с. Маяки. (Мартынов А.В.).

****Blaps mortisaga* (Linnaeus, 1758)**

Экология. Синантроп. Сапрофаг. В подвалах и хозяйственных помещениях. На территории Юго-Востока Украины является обычным, повсеместно распространенным видом.

Материал. 05.05.02, 14.04.02. ВН. (Радько Д.Н.).

***Blaps tibialis* Reiche, 1857**

Экология. Ксеромезофил. Фитофаг. На исследуемой территории является многочисленным видом.

Имаго активны с конца апреля до конца июля.

Материал. 16.06.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык. (Мальцева А.Г.); 02.05.00. 3-к КМ; 08.05.02. 3-к СС (Мартынов В.В.); 28.04.02. ВН. (Радько Д.Н.); 16–19.07.01. 3-к КМ; 26.04.03. ДК; 24.07.03. Д; 17.04.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 16–20.05.04. 3-к КМ; 24–27.05.04. ВН. (Савченко Е.Ю.); 21.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка (Сергеев М.Е.).

****Blaps halophila* Fischer-Waldheim, 1832**

Экология. Ксеромезофил. Фитофаг. Личинки повреждают высеянные семена и ростки злаков, свеклы, бахчевых культур, подсолнечника, сои, капусты [10]. Обычен для исследуемой территории.

Имаго активны с конца апреля по сентябрь.

Материал. 16.09.01. 3-к ПП; 24.04.04, 24–27.05.04. ВН; 01–10.07.04. 3-к СС. (Савченко Е.Ю.); 30.07.01. Донецкая обл., г. Волноваха. (Гнибеда Н.С.).

****Oodescelis polita* (Sturm, 1807)**

Экология. Мезофил. Фитофаг. В фазе личинки повреждает различные огородные, технические, бахчевые и полевые культуры. Является многочисленным видом на исследуемой территории.

Имаго активны с конца апреля до начала октября.

Материал. 16–19.07.01, 16–20.05.04. 3-к КМ; 22.04.02. ДК; 01–10.07.04. 3-к СС. (Савченко Е.Ю.); 18–20.06.01. 3-к ХС. (Мартынов В.В.); 06.10.01. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево. (Мальцева А.Г.); 17.04.02. Д. 04-08.07.02. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 21.09.03. Донецкая обл., Амвросиевский р-н, с. Родники. (Сергеев М.Е.); 14.05.05. 3-к ХС. (Никулина Т.В.).

****Dendarus punctatus* (Serville, 1825)**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. Отмечено повреждение личинками корней винограда. Обычен для Юго-Востока Украины.

Жуки активны с конца марта по вторую половину июня.

Материал. 03.05.00. 3-к КМ; 14.04.02. Донецкая обл., Константиновский р-н, п.г.т. Курдюмовка. (Мартынов В.В.); 17.04.02. Д, 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 18.05.04. 3-к КМ; 05.06.04. ВН. (Савченко Е.Ю.); 23.03.02, 27.03.04. ВН. (Радько Д.Н.); 18.06.03. 3-к ПС; 26.06.05. Донецкая обл., Славянский р-н, окр. с. Карповка. (Мартынов А.В.).

***Pedinus borysthenicus* Reichardt, 1938**

Экология. Псаммофил. Обычен на побережьях.

Жуки активны со второй половины марта по вторую половину октября.

Материал. 16–19.07.01, 17.05.04. 3-к КМ; 16.09.01, 25.06.04. 3-к ПП; 27.04.03. ДК; 22.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 17.04.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 01–10.07.04. 3-к СС; 16.10.04. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, п.г.т. Ямполь. (Савченко Е.Ю.); 02.05.00. Донецкая обл., Добропольский р-н, заказник «Никаноровский лес»; 20–24.07.02. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, п.г.т. Ямполь; 31.03.02, 17.03.02, 10.07.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Мартынов В.В.); 24.04.02, 22.04.05. Д; 18.06.03. 3-к ПС; 04.05.05. 3-к МФ. (Сергеев М.Е.); 03-04.05.03. 3-к ПП. (Мальцева А.Г.); 03-05.05.03. БК. (Прокопенко Е.В.); 16.07.05. Донецкая обл., Славянский р-н, Маяцкое лесничество. (Мартынов А.В.).

****Gonocephalum pygmaeum* (Steven, 1829)**

Экология. Ксерофил. Фитофаг. На исследуемой территории приурочен к пескам в долинах рек, многочисленен в полосе морского побережья.

Имаго активны с начала апреля по первую половину августа.

Материал. 27.05.00. Донецкая обл., Володарский р-н, с. Володарское; 01.04.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык. (Мальцева А.Г.); 11–26.06.01, 07–15.08.01, 10–12.08.01, 02.05.02, 04.05.02, 11–15.06.02. БК. (Прокопенко Е.В.); 16–19.07.01, 16–20.05.04, 19.06.04. 3-к КМ; 02–05.07.03. Донецкая обл., Первомайский р-н, п. Урзуф; 16–19.07.03, 22–26.05.04. ДК; 17.04.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 24.05.04, 05.06.04. ВН; 11.05.04, 12.06.04. 3-к ХС; 27.06.04. 3-к ПП; 01–10.07.04. 3-к СС. (Савченко Е.Ю.); 18.06.01, 10.05.02. 3-к ХС; 19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск; 13.06.05. Донецкая обл., Новоазовский р-н, с. Клинкино. (Мартынов В.В.); 18.08.01; 13-16.07.03. ВН. (Радько Д.Н.); 03–10.07.02, 26.07.02, 04-08.07.03. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 10.04.05, 10.07.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Сергеев М.Е.).

****Opatrum sabulosum* (Linnaeus, 1761)**

Экология. Ксерофил [3]. Фитофаг. Жуки и личинки грызут высеянное зерно, всходы злаков, сахарной свеклы, льна, подсолнечника и др. [3]. Наиболее массовый вид на территории Юго-Востока Украины. Встречается повсеместно как на естественных целинных участках, так и в агроценозах.

Имаго активны со второй половины марта по начало октября.

Материал. 29.04.00, 12.05.01. 3-к ПП; 02.05.00. Донецкая обл., Добропольский р-н, заказник Никаноровский лес; 01.04.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык; 04.05.05. 3-к МФ; 24.05.05. Донецкая обл., Славянский р-н, р.л.п.

Краматорский. (Мальцева А.Г.); 30.09.00. Донецкая обл., г. Горловка. (Писаренко Т.); 14.04.00. Д.; 16.09.01. 3-к ПП; 06.05.02. Луганская обл., г. Ровеньки; 20.04.02, 20.09.03, 22–26.05.04. ДК; 17.04.04, 10.04.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 01.05.04. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 16–20.05.04. 3-к КМ; 11.05.04. 3-к ХС; 24–27.05.04. ВН; 01–10.07.04. 3-к СС; 24.04.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Авдеевка. (Савченко Е.Ю.); 17.05.01. Донецкая обл., г. Артемовск; 04–08.07.02, 02.05.05. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 05.04.03. Д; 15.05.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Сергеев М.Е.); 07–15.08.01, 04.05.02, 08.08.03, 31.04.–05.05.03. БК. (Прокопенко Е.В.); 07.10.01. Донецкая область, Артемовский район, с. Пилипчатино. (Клименко Д.); 10.05.02. 3-к ХС; 03.05.02, 03.05.02, 04.05.02. 3-к ПС; 13.06.05. Донецкая обл., Новоазовский р-н, с. Клинкино. (Мартынов В.В.); 30.03.02. Донецкая обл., Волновахский р-н, заказник Великоанадольский лес. (Гнибеда Н.С.); 26.05.01, 23.03.02, 28.04.02, 25.05.02, 03.05.03, 13–16.07.03. ВН; 30.04.01. Великоновоселковский р-н, с. Нескучное, с. Времьевка. (Радько Д.Н.); 29.05.05. Донецкая обл., Волновахский р-н, заказник Великоанадольский лес; 29.06.05. 3-к ПП. (Никулина Т.В.); 30.04.05, 06.05.05. Донецкая обл., Славянский р-н, Маяцкое лесничество; 02.05.05. Донецкая обл., Славянский р-н, окр. с. Сидорово. (Мартынов А.В.).

***Melanimon tibialis* (Fabricius, 1781)**

Экология. Псаммофил. Фитофаг. Многочисленный вид.

Жуки активны с конца марта по первую половину сентября.

Материал. 04.07.00. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, п.г.т. Ямполь; 29.04.01. 3-к ПП. (Мальцева А.Г.); 15.09.01, 26.06.04. 3-к ПП; 17.04.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Савченко Е.Ю.); 04–08.07.02, 02–03.07.03, 02.05.05. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка; 02.05.03, 04.05.03. 3-к ПП; 04.05.05. 3-к МФ. (Сергеев М.Е.); 28.04.02, 13–16.07.03. ВН. (Радько Д.Н.); 30.03.02. Донецкая обл., Константиновский р-н, п.г.т. Курдюмовка. (Мартынов В.В.).

***Leichenum pictum* (Fabricius, 1801)**

Экология. Псаммофил. Фитофаг. Является многочисленным видом.

Материал. 24–27.06.04. 3-к ПП. (Савченко Е.Ю.).

***Phaleria pontica* Semenow, 1901**

Экология. Псаммофил. Фитофаг. Доминирует в прибрежной фауне. Развивается в морских наносах и под прибрежной растительностью. На Юго-Востоке был отмечен в морских наносах на Белосарайской косе.

Материал. 19.06.02. БК. (Прокопенко Е.В.); 04.07.03. Донецкая обл., Первомайский р-н, п. Урзуф. (Савченко Е.Ю.); 19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск. (Мартынов В.В.).

****Crypticus quisquilius* (Linnaeus, 1761)**

Экология. Ксеромезофил. Фитофаг. Личинки иногда повреждают корни различных злаков. Многочислен на исследуемой территории. Встречается в поймах рек, легких песчаных и супесчаных почвах. Обычен на побережьях.

Жуки активны с конца апреля по начало сентября.

Материал. 29.04.00, 18.06.01. 3-к ПП; 02.05.00. Добропольский р-н, заказник Никаноровский лес; 16.06.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык. (Мальцева А.Г.); 30.06.00, 09.07.02, 26.07.02. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка. (Сергеев М.Е.); 07–15.08.01, 06–12.08.01, 11–26.06.01, 17–24.06.03, 08–15.08.03, 16–18.08.03. БК. (Прокопенко Е.В.); 16–19.07.01. 3-к КМ; 02–05.07.03. Донецкая обл., Первомайский р-н, п. Урзуф; 16–19.07.03. ДК; 21.07.03, 20–23.07.03, 18.07.03, Донецкая обл., Шахтерский р-н, г. Снежное; 24–27.06.04. 3-к ПП. (Савченко Е.Ю.); 03.09.02, 13–16.07.03. ВН. (Радько Д.Н.); 20–24.07.02. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, п.г.т. Ямполь; 19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск. (Мартынов В.В.).

***Trachyscelis aphodioides* Lattreille, 1809**

Экология. Псаммофил. Фитофаг. Вид средиземноморского происхождения, населяет супралитораль Черного и Азовского морей. На исследуемой территории обычен на песках побережья Азовского моря.

Имаго активны с апреля по июнь.

Материал. 08.04.01. БК. (Мартынов В.В.); 10.06.02. БК. (Прокопенко Е.В.).

***Bolitophagus reticulatus* (Linnaeus, 1767)**

Экология. Мицетобионт. Мицетофаг. Обычен.

Материал. 19.06.04. Донецкая обл. г. Новоазовск. (Мартынов В.В.).

***Eledona agaricola* (Herbst, 1783)**

Экология. Ксиломицетобионт. Мицетофаг, сапрофаг. Заселяет поврежденную кору, верхние слои древесины и грибы-трутовики. На исследуемой территории был встречен в древесных грибах, преимущественно *Poliporus caudicinus*. Многочисленен.

Имаго активны с начала апреля по начало октября.

Материал. 16.09.01, 24.06.04, 09.10.04. 3-к ПП. (Савченко Е.Ю.); 06.04.02. 3-к ПП. (Мартынов В.В.).

***Scaphidema metallicum* (Fabricius, 1792)**

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. Под корой деревьев. На территории Юго-Восточной Украины встречается в лиственных насаждениях, приурочен к мягким лесным породам.

Материал. 30.03.02. Донецкая обл., Константиновский р-н, п.г.т. Курдюмовка. (Мартынов В.В.).

***Diaperis boleti* (Linnaeus, 1758)**

Экология. Мицетобионт, мицетофаг. На исследуемой территории встречается в трутовиках. Обычный вид.

Жуки активны с конца апреля по первую половину сентября.

Материал. 16.06.00. Донецкая область, Константиновский р-н, р.л.п. Клебан-Бык; 29.04.00, 21.08.01. 3-к ПП; 05.06.02. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево. (Мальцева А.Г.); 16.09.01, 25.06.04. 3-к ПП; 19.09.01, 29.05.04. Д; 05.06.04. ДК. (Савченко Е.Ю.); 18.06.01. 3-к ХС; 21.08.01, 02.05.03, 10.06.03, 11.06.03. 3-к ПП; 26.04.03. ДК; 15.07.03. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, с. Щурово. (Мартынов В.В.).

***Uloma culinaris* (Linnaeus, 1758)**

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. Под корой хвойных. Многочисленен на исследуемой территории.

Имаго активны с конца апреля до начала октября.

Материал. 30.04.01. Донецкая обл., Великоновоселковский р-н, с. Нескучное; 12.07.03. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, Чернецкие озера; 15.07.03. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, с. Щурово. (Мартынов В.В.); 21.08.01, 30.04.01, 05.10.02, 05-04.05.03. 3-к ПП. (Мальцева А.Г.); 10.08.02. Донецкая обл., Краснолиманский р-н, с. Богородичное. (Сергеев М.Е.); 17.04.04. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая; 16.10.04. Донецкая обл., Артемовский р-н, п.г.т. Ямполь; 24.04.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Авдеевка. (Савченко Е.Ю.).

***Corticeus bicolor* (Olivier, 1790)**

Экология. Ксилобионт. Хищник. Обычный вид на исследуемой территории. Встречается под корой хвойных и лиственных пород, в ходах короедов.

Материал. 10.06.03. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, окр. г. Авдеевка. (Никулина Т.В.).

***Corticeus longulus* (Gyllenhal, 1827)**

Экология. Ксилобионт. Хищник. На исследуемой территории является обычным видом. Встречается под корой хвойных в ходах короедов.

Материал. 02.07.05. Донецкая обл., Новоазовский р-н, окр. г. Новоазовск. (Никулина Т.В.).

***Diaclina testudinea* (Piller et Mitterpacher, 1783)**

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. Обычный вид. Встречается в ходах короедов. Приурочен к листовным насаждениям.

Материал. 10.06.03. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, окр. г. Авдеевка.

****Tenebrio obscurus Fabricius, 1792***

Экология. Синантроп-ксилобионт. Сапрофаг. В домах. Повреждает муку, зерно, мучные изделия, семена хлопчатника и огородно-бахчевых культур. Обычен на исследуемой территории.

Материал. 03.07.01. Донецкая обл., Першотравневый р-н, п. Мелекино. (Прокопенко Е.В.); 19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск. (Мартынов В.В.); 24.06.04. 3-к ПП. (Савченко Е.Ю.).

****Tenebrio molitor Linnaeus, 1758***

Экология. Синантроп-ксилобионт. Сапрофаг. В муке и зерновых продуктах. Вредитель зерна, муки и различных мучных изделий. На исследуемой территории является обычным видом.

Имаго активны с начала мая до начала июля.

Материал. 08.07.01. Донецкая обл., Володарский р-н, с. Володарское. (Сергеев М.Е.); 08.07.00. Д; 05.05.03. Донецкая обл., Шахтерский р-н, г. Снежное; 24.06.04. 3-к ПП. (Савченко Е.Ю.); 19.06.04. Донецкая обл., г. Новоазовск. (Мартынов В.В.).

Neatus picipes (Herbst, 1797)

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. В трухе под корой дуплистых дубов и сосновых насаждений. Обычен.

Материал. 05.10.02. 3-к ПП. (Мальцева А.Г.).

Menophilus cylindricus (Herbst, 1784)

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. Под корой сосен, дубов, ив. Обычен на территории Юго-восточной Украины.

Материал. 21.08.01. 3-к ПП. (Мальцева А.Г.).

Cryphaeus cornutus (Fischer-Waldheim, 1844)

Экология. Ксиломицетобионт. Мицетофаг, сапрофаг. Заселяет поврежденную кору, верхние слои древесины и грибы-трутовики. Обычен на исследуемой территории.

Материал. 13.07.02. Донецкая обл., Артемовский р-н, с. Дроновка. (Сергеев М.Е.).

Cylindronotus perplexus (Menetrius, 1848)

Экология. Ксилобионт. Сапрофаг. Обычен.

Материал. 09.07.01. 3-к КМ. (Сергеев М.Е.); 24.05.04. ВН. (Радько Д.Н.).

Cylindronotus dermestoides (Illiger, 1798)

Экология. Мезофил. Ксилобионт. Сапрофаг. На исследуемой территории обычен. Встречается в листовных насаждениях.

Жуки активны с конца марта до начала октября.

Материал. 18.04.00. Донецкая обл., Володарский р-н, с. Володарское; 18.06.01, 05.10.02, 06.04.02. 3-к ПП; 13.04.02. Донецкая обл., Старобешевский р-н, п.г.т. Старобешево; 17.05.04. 3-к КМ. (Савченко Е.Ю.); 18.06.03. 3-к ПС; 24.05.05. Донецкая обл., Славянский р-н, р.л.п. Краматорский. (Мальцева А.Г.); 27.04.00, 19.05.00, 31.03.02, 31.03.04, 12.04.04, 10.04.05. Д; 02.05.03. 3-к КМ; 26.04.03. ДК, 15.05.05. Донецкая обл., Ясиноватский р-н, г. Ясиноватая. (Сергеев М.Е.); 04.05.02, 28.04.02. ВН; 03.04.05. Донецкая обл., Великоновоселковский р-н, с. Времьевка. (Радько Д.Н.).

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность доценту кафедры зоологии, к.б.н. В.В. Мартынову (ДонНУ) за помощь в определении материала и ценные замечания.

Выводы

1. В результате исследований на территории Юго-Восточной Украины нами было выявлено 35 видов жуков-чернотелок, относящихся к 29 родам и 22 трибам. Основу фауны

исследуемой территории составляют 10 видов, являющихся массовыми: *Gnaptor spinimanus*, *Blaps tibialis*, *Oodescelis polita*, *Gonocephalum pygmaeum*, *Opatrum sabulosum*, *Melanimon tibialis*, *Leichenium pictum*, *Crypticus quisquilius*, *Eledona agaricola*, *Uloma culinaris*; 21 вид тенебрионид являются обычными для Юго-Восточной Украины.

2. В роли опасных вредителей сельского хозяйства выступают 11 видов тенебрионид: *Tentyria nomas*, *Blaps halophila*, *B. lethifera*, *B. mortisaga*, *Oodescelis polita*, *Dendarus punctatus*, *Gonocephalum pygmaeum*, *Opatrum sabulosum*, *Crypticus quisquilius*, *Tenebrio molitor*, *T. obscurus*.

3. Жуки-чернотелки – исходно лесные насекомые. В дальнейшем многие виды приспособились к экстремальным условиям открытых пространств и синантропным условиям. На этой основе чернотелки, населяющие Юго-Восточную Украину, объединены нами в 3 комплекса: лесной, синантропный, обитатели почв, которые делятся на 9 экологических групп. К ксилобионтам и ксерофилам относится по 7 видов тенебрионид. К ним относятся 6 видов. Группы ксеромезофилов и псаммофилов включают по 5 видов чернотелок. Группы мезофилов и синантропов представлены тремя видами каждая. Группу синантропов-ксилобионтов и ксиломицетобионтов составляют по два вида. К мицетобионтам относится один вид. Таким образом, наиболее многочисленным по количеству видов является комплекс чернотелок-обитателей почв, что, в целом, характерно для степной зоны [9].

4. Оригинальной фауной отличаются приморские пески побережья Азовского моря и пески речных террас. *Phaleria pontica* до настоящего времени указывался только для побережья Черного моря. Нами же он был массово отмечен для побережья Азова.

Дальнейшие исследования помогут более полно выявить видовой состав чернотелок Юго-Восточной Украины, их экологические особенности и распределение по исследуемой территории, хозяйственное значение, а также роль тенебрионид как биоиндикаторов состояния природных биоценозов.

Список литературы

1. Арнольди К.В., Арнольди Л.В. О некоторых реликтовых элементах и колеоптерофауне области Среднего течения р. Донца // Доклады АН СССР. Зоология. – 1938. – Т. 21, № 7. – С. 354–356.
2. Ильин. Б.С. Список жуков Екатеринославской губернии // Русск. Энт. Обозр. – 1925. – Т. 19. – С. 224–228.
3. Медведев С.И. Особенности распространения некоторых экологических форм насекомых в различных ландшафтно-географических зонах Украины // Зоол. журн. – 1954. – Т. 33, вып. 6. – С. 1245–1262.
4. Медведев С.И. Опыт эколого-зоогеографического районирования Украины на основе изучения энтомофауны // Тр. НИИ биологии и биол. факультета Харьковского гос. ун-та им. А.М. Горького. – 1957. – Т. 27. – С. 5–26.
5. Мищенко А.А., Бовкун С.Г. Некоторые особенности развития чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) животноводческих хозяйств Украины // Изв. Харьк. энт. общ-ва. – 1996. – Т. 4, вып. 1–2.
6. Насекомые и клещи. Вредители с/х культур. Т. II. Жесткокрылые. – Л.: Наука, 1974. – С. 123–133.
7. Савченко Е.Ю. Влияние сенокосения на герпетобионтных чернотелок (Coleoptera: Tenebrionidae) заповедника “Каменные могилы” // Зб. наук. праць “Фальцфейнівські читання” (м. Херсон, 18–20 травня 2005 р.) – Херсон: Терра, 2005. – Т. 2. – С. 113–114.
8. Савченко Е.Ю., Мартынов В.В. Особенности распределения герпетобионтных чернотелок (Coleoptera: Tenebrionidae) на участках с различным режимом охраны // Зб. доп. II Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів “Охорона навколишнього

- середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 15–17 квітня 2003 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2003. – Т. 2 – С. 47-48.
9. Савченко Е.Ю., Мартынов В.В. Экологические формы жуков-чернотелок (Coleoptera: Tenebrionidae) Юго-Востока Украины // Зб. доп. III Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 13–15 квітня 2004 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2004. – Т. 2. – С. 68-69.
 10. *Справочник* – определитель карантинных и др. опасных вредителей сырья, продуктов запаса и посевного материала. – М.: Колос, 1999.
 11. Черней Л.С., Надворный Ю.В. Экологические группы жуков-чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) степи Украины // Вестн. зоол. – 1994. – № 4–5. – С. 65–72.
 12. Черней Л.С., Прохоров А.В., Белов А.А. Особенности морфологии жуков-чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) фауны Украины // Вестн. зоол. – 2005. – Т. 39, № 3. – С. 59–71.

Савченко К.Ю. Еколого-фауністичний огляд жуків-чорнишів (Coleoptera: Tenebrionidae) Південного Сходу України. – Стаття містить огляд фауни та ландшафтно-географічного розподілу чорнишів Південного Сходу України (Донецька та Луганська області). На території регіону, що досліджується, виявлено 35 видів, що відносяться до 29 родів. Основу фауни складають 10 масових та 25 звичайних для території Південного Сходу України видів. Указані основні екологічні особливості родини. 11 видів тенебріонід є шкідниками сільського господарства. Приморські піски узбережжя Азовського моря та піски річних терас відрізняються оригінальною фауною.

Ключові слова: Coleoptera, Tenebrionidae, екологічні групи, Південний Схід України.

Savchenko K.Yu. The ecological and faunistic review of dark beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) of the Southeast of Ukraine. – The article includes review of fauna and geographical location of dark beetles of southeastern Ukraine (Donetsk and Lugansk region). In the territory of research region 35 species concerning to 29 genera of Tenebrionidae have been registered. The basis of fauna consists of 10 mass and 25 common species. Essential ecological characteristics of the family are evaluated. 11 species are dangerous agricultural wreckers. The seaside sands of Asov sea and the sands of river terraces differ by original fauna.

Key words: Coleoptera, Tenebrionidae, ecological assemblages, the South-East of Ukraine.

А.Д. Штирц, И.И. Богатиков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ ПО ПРОФИЛЮ ТЕХНОГЕННОЙ КАТЕНЫ (НА ПРИМЕРЕ ШЛАКООТВАЛА ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА)

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
e-mail: strelk@dongu.donetsk.ua

Штирц А.Д., Богатиков И.И. Распределение панцирных клещей по профилю техногенной катены (на примере шлакоотвала Донецкого металлургического завода). – Приведены сведения о распределении панцирных клещей по профилю техногенной катены, а также в прилегающих биотопах. Установлены основные экологические характеристики структуры населения орбитид на каждой позиции катены. Впервые для фауны Левобережной Украины указывается вид *Pilogalumna ornatula* Grandjean, 1956.

Ключевые слова: панцирные клещи, орбитиды, техногенные катены, структура населения.

Введение

До сих пор в литературе слабо освещён вопрос пространственного размещения и формирования группировок микроартропод при самозаращении промышленных отвалов предприятий.

Целью нашей работы являлось изучение состава и структуры населения панцирных клещей на промышленном отвале металлургического предприятия с применением катенного подхода. В задачи исследования входила оценка основных экологических характеристик сообщества панцирных клещей на разных позициях техногенной катены.

Исследования проведены на территории шлакоотвала Донецкого металлургического завода (ДМЗ), расположенного на южной окраине г. Донецка. Отвал представляет собой кольцевидную насыпь, ограничивающую водоём, заполненный водой. Высота насыпи – около 20 м. Внутренний восточный склон отвала пологий, а наружный западный – более крутой (до 45°) (рис. 1).

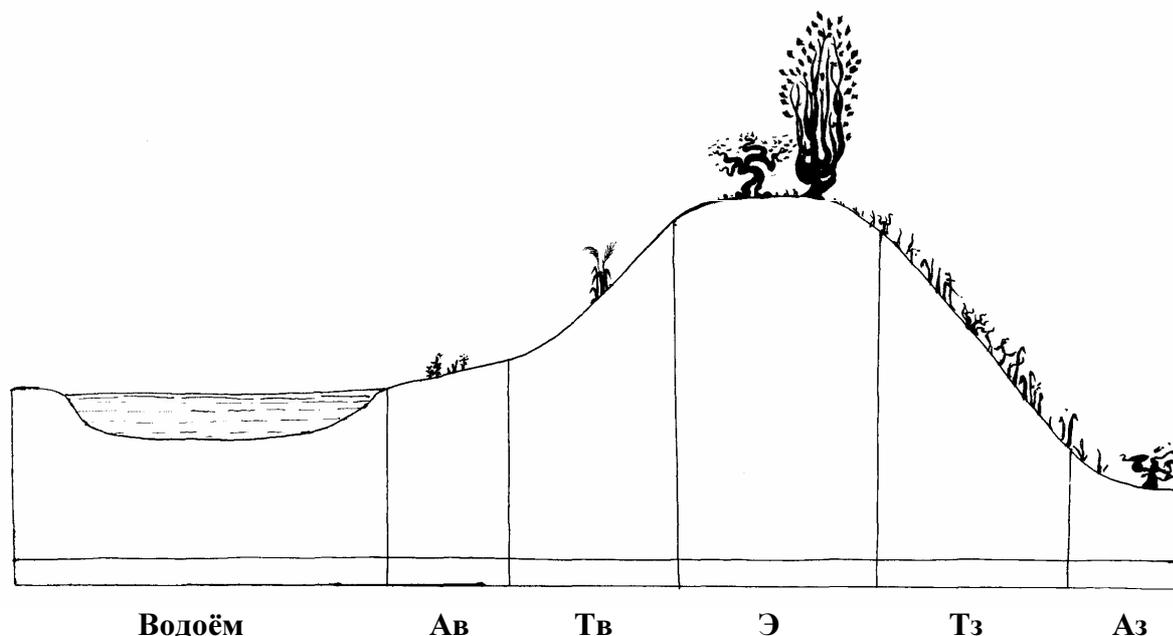


Рис. 1. Схема техногенной катены шлакоотвала Донецкого металлургического завода: Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон)

Шлакоотвал представляет собой техногенную катену, на которой были выделены следующие позиции: аккумулятивная на восточном склоне (Ав), транзитная на восточном склоне (Тв), элювиальная (Э), транзитная на западном склоне (Тз) и аккумулятивная на западном склоне (Аз).

Элювиальная позиция получает только атмосферное увлажнение, часть которого теряет со стоком. Транзитная позиция кроме атмосферного увлажнения получает приток воды с элювиальной позиции, но также и теряет её со стоком вниз. Аккумулятивная позиция, помимо общего для всех позиций атмосферного увлажнения, получает воду из всех вышележащих позиций и, кроме того, с грунтовым увлажнением [3]. Рельеф отвалов под действием ветровой, водной и других видов эрозии имеет тенденцию к сглаживанию. Частицы грунта с вершины отвала сносятся по склонам и аккумулируются у его подножия [4].

На внутреннем склоне шлакоотвала ДМЗ отмечены популяции и одиноко встречающиеся экземпляры полыни обыкновенной, пырея ползучего, тростника обыкновенного, мать-и-мачехи, горца птичьего, амброзии полынелистной, гребенщика многоветвистого и др. На вершине отвала произрастают отдельные деревья: абрикос обыкновенный, тополь черный, лох серебристый, робиния лжеакация, а из травянистой растительности – тысячелистник обыкновенный, мелколепестник канадский, цикорий обыкновенный, донник лекарственный. Проективное покрытие растительности внешнего склона значительно выше, чем внутреннего. На внешнем склоне численно преобладает пырей ползучий, а также встречался тысячелистник обыкновенный, репейничек лекарственный, морковь дикая, синяк обыкновенный, мелколепестник канадский и др. Видовая насыщенность растительных группировок всех позиций техногенной катены была различной, отличались и гидротермические условия.

Флора исследуемого пустыря представлена преимущественно сорно-рудеральными видами, среди которых зарегистрированы следующие: амброзия полынелистная, циклахена дурнишниковидная, пырей обыкновенный. Первые два из них относятся к карантинным видам, внедрение которых в естественную флору юго-востока Украины представляет собой серьёзную экологическую угрозу. Здесь также отмечены зверобой изящный, синяк обыкновенный, щирица запрокинутая, цикорий обыкновенный, донник лекарственный и др.

У основания аккумулятивной позиции, непосредственно вблизи водоёма, влажность грунта была высокой. Поверхность склона внутренней стороны отвала каменистая и сухая. Вершина отвала, представляющая собой выровненную площадку, также сухая, грунт очень плотный. Слой листового опада под одиночными деревьями незначительный. На западной стороне шлак покрыт тонким (5–10 см) слоем почвы, с более высокой влажностью, чем на внутреннем восточном склоне.

Материал и методы исследования

В середине апреля и начале сентября 2004 г. было собрано и обработано 70 проб (объём пробы – 250 см³) на пяти позициях техногенной катены. Отбор проб проводился по общепринятой методике Е.М. Булановой-Захваткиной [1]. Выгонка клещей осуществлялась с помощью модифицированных термоэлектродов Тульгрена-Берлезе в течение 7 дней. Для анализа структуры доминирования орибатид принята система Г. Энгельманна [9]. Анализ распределения жизненных форм (адаптивных типов) панцирных клещей проведен в соответствии с классификацией Д.А. Криволуцкого [2, 5].

Для сравнения основных биоценологических показателей населения орибатид почвенные пробы также брали на прилегающем к отвалу пустыре, заросшем степными и сорно-рудеральными видами, и на пашне, находящейся в 500 м от шлакоотвала. Осенью, на месте бывшей пашни, обследован участок кукурузного поля.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований отражены в таблице 1.

Таблица 1

Видовой состав, численность и индекс доминирования панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и пашне (апрель 2004 г.)

№	Вид	АВ	ТВ	Э	Тз	Аз	Всего на отвале	ПС	П
1	<i>Rhysotritia duplicata</i> (Grandjean)	–	–	–	–	1/2,13* R	1/0,53 SR	1/3,57 R	–
2	<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese)	–	–	–	–	5/10,64 SD	5/2,67 R	–	–
3	<i>Nothrus biciliatus</i> C.L. Koch	–	–	15/25,42 D	3/4,48 SD	–	18/9,63 SD	–	–
4	<i>Belba dubinini</i> Bulanova-Zachvatkina	–	–	2/3,39 R	–	–	2/1,07 SR	–	–
5	<i>Metabelba pulverulenta</i> (C.L. Koch)	–	1/8,33 SD	2/3,39 R	1/1,49 R	–	4/2,14 R	–	–
6	<i>Dorycranosus acutus</i> (Pschorn–Walcher)	–	–	–	1/1,49 R	–	1/0,59 SR	–	–
7	<i>Dorycranosus punctulatus</i> Mihelčič	–	–	–	1/1,49 R	–	1/0,59 SR	–	–
8	<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi)	–	–	–	–	1/2,13 R	1/0,53 SR	1/3,57 R	–
9	<i>Dorycranosus zachvatkini</i> (Kulijew)	–	–	2/3,39 R	–	–	2/1,07 SR	–	–
10	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael)	–	–	12/20,34 D	8/11,94 SD	7/14,89 D	27/14,44 D	–	–
11	<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	–	–	–	–	–	–	2/7,14 SD	–
12	<i>Micropia minus</i> (Paoli)	–	–	–	–	2/4,26 SD	2/1,07 SR	–	–
13	<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič)	–	3/25,00 D	–	10/14,93 D	–	13/6,95 SD	–	2/18,1 8 D
14	<i>Oppiella nova</i> (Oudemans)	1/50,00 E	–	–	1/1,49 R	1/2,13 R	3/1,60 R	1/3,57 R	–
15	<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	–	–	2/3,39 R	–	5/10,64 SD	7/3,74 R	3/10,71 SD	1/9,09 SD
16	<i>Oppia sp.</i>	–	–	–	1/1,49 R	–	1/0,53 SR	–	–
17	<i>Suctobelbella perpendiculata</i> (Forsslund)	–	–	–	1/1,49 R	–	1/0,53 SR	–	–
18	<i>Peloribates longipilosus</i> Csiszar	–	–	6/10,57 SD	–	–	6/3,21 R	–	–
19	<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese)	–	–	–	–	–	–	3/10,71 SD	–
20	<i>Protoribates elongatus</i> Mihelčič	–	–	1/1,69 R	–	–	1/0,53 SR	1/3,57 R	1/9,09 SD
21	<i>Protoribates sp.</i>	–	–	–	1/1,49 R	–	1/0,53 SR	–	–
22	<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L. Koch)	–	–	10/16,95 D	6/8,96 SD	1/2,13 R	17/9,09 SD	–	–
23	<i>Ceratozetes sp.</i>	1/50,00 E	1/8,33 SD	5/8,47 SD	4/5,97 SD	2/4,26 SD	13/6,95 SD	–	1/9,09 SD
24	<i>Punctoribates minimus</i> Shaldybina	–	–	1/1,69 R	29/43,28 E	19/40,43 E	49/26,20 D	4/14,29 D	–
25	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster)	–	6/50,00 E	1/1,69 R	–	–	7/3,74 R	12/42,86 E	6/54,55 E

№	Вид	Ав	Тв	Э	Тз	Аз	Всего на отвале	ПС	П
26	<i>Galumna sp.</i>	–	1/8,33 SD	–	–	3/6,38 SD	4/2,14 R	–	–
Количество особей (экз.)		2	12	59	67	47	187	28	11
Количество видов		2	5	12	13	11	24	9	5
Средняя плотность (экз./м ²)		110	690	3370	3830	2690	2140	1610	630

Примечания:

1. Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – пашня;
2. * – численность панцирных клещей (экз.) / индекс доминирования (%);
3. E – эудоминант (>40%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецедент (1,3–3,9%), SR – субрецедент (<1,3%) [9].

Впервые для территории Донецкой области указываются виды *Dorycranosus zachvatkini* (Kulijew, 1962) и *Peloribates longipilosus* Csiszar, 1962, обнаруженные ранее на территории заповедника "Стрельцовская степь" Луганской области [6].

Анализируя полученные данные, следует отметить, что средняя плотность населения и видовое богатство орибатид на отвале ДМЗ в среднем выше, чем на прилегающих к ним пустыре и пашне. Если охарактеризовать эти показатели по позициям катены, то максимальные значения отмечены для элювиальной и транзитной позиций западного склона (рис. 2). Несколько ниже они были на аккумулятивной позиции. Минимальные значения зарегистрированы на аккумулятивной и транзитной позициях восточного склона, где гидротермические условия для жизнедеятельности орибатид крайне неблагоприятны.

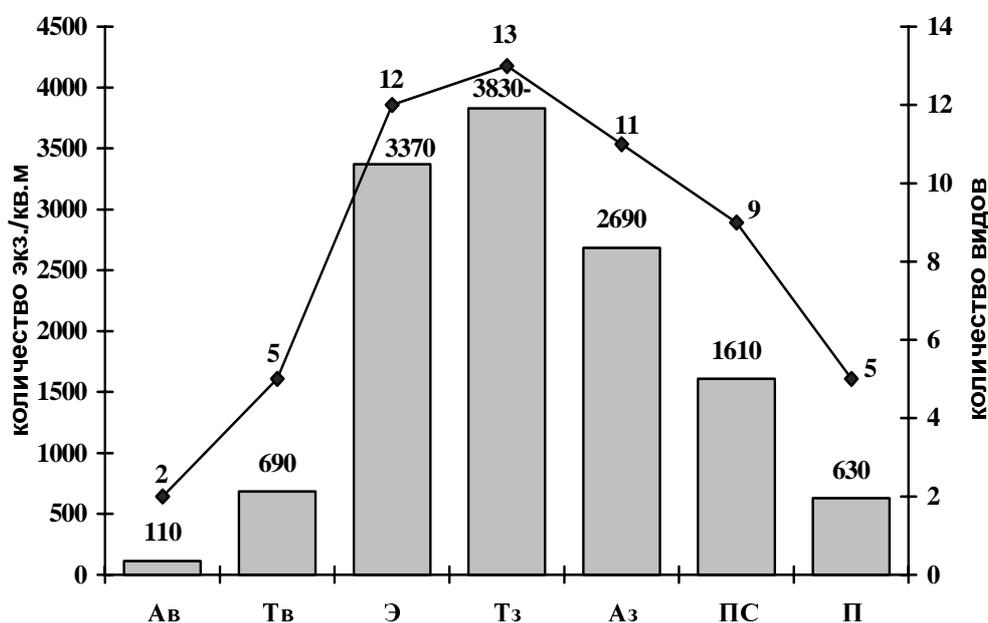


Рис. 2. Средняя плотность населения и видовое богатство панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и пашне (апрель 2004 г.): Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – пашня

К доминирующим видам Эль-позиции отнесены: *Nothrus biciliatus* (25,42%), *Tectocepheus velatus* (20,34%), *Scheloribates laevigatus* (16,95%). На Транс-позиции западного склона доминировали *Punctoribates minimus* (43,28%) и *Multioppia glabra* (14,93%), на Ак-позиции – *Punctoribates minimus* (40,43%) и *Tectocepheus velatus* (14,89%). Из-за незначительного количества оribатид, обнаруженных на внутреннем восточном склоне, структура доминирования панцирных клещей на аккумулятивной и транзитной позициях не показательна.

В целом же на шлакоотвале ДМЗ доминировали 2 вида: *Punctoribates minimus* (26,20%) и *Tectocepheus velatus* (14,44%). К субдоминантам отнесены 4 вида, к рецедентам – 7 и к субрецедентам – 11 видов оribатид (см. табл. 1).

На пустыре и пашне преобладал вид *Tectoribates ornatus*, который был также обнаружен на вершине и восточном склоне шлакоотвала. Характеризуя распределение жизненных форм оribатид на шлакоотвале (рис. 3), следует отметить преобладание двух адаптивных групп панцирных клещей – обитателей мелких почвенных скважин и неспециализированных форм, которые были зарегистрированы на всех позициях катены. Несколько меньшее процентное соотношение у обитателей поверхности почвы и толщи подстилки. Глубокопочвенные формы были обнаружены только у подножия западного склона отвала. Неспециализированные формы, более приспособленные к экстремальным гидротермическим условиям, преобладали на внутреннем восточном склоне отвала и на его вершине, где зарегистрирован максимум их численности, а обитатели мелких почвенных скважин – на внешнем западном склоне (максимум – на транзитной позиции). Наибольшая численность обитателей толщи подстилки отмечена в незначительном слое листового опада под одиночными деревьями на элювиальной позиции катены, максимум обитателей поверхности почвы – на транзитной позиции западного склона. На прилегающем к шлакоотвалу пустыре отмечены представители только трёх жизненных форм оribатид, а на пашне – только двух: обитатели мелких почвенных скважин и неспециализированные формы, причём последние доминировали по численности в этих биотопах.

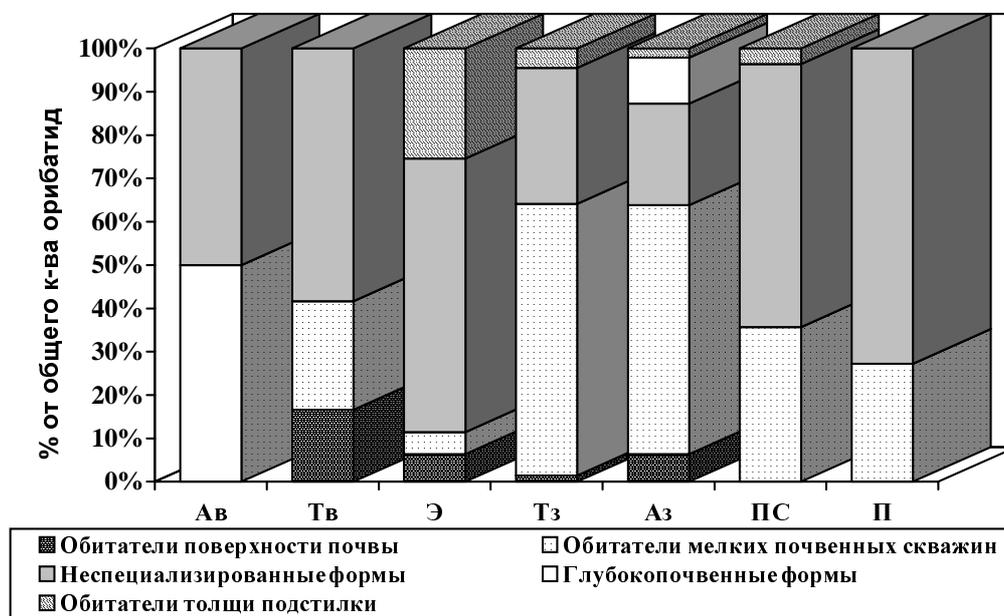


Рис. 3. Распределение жизненных форм панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и пашне (апрель 2004 г.): Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – пашня

В начале сентября 2004 г. были проведены повторные исследования на данных участках. На месте бывшей пашни обследован участок кукурузного поля. Результаты проведенных исследований отражены в табл. 2.

Таблица 2

Видовой состав, численность и индекс доминирования панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и кукурузном поле (сентябрь 2004 г.)

№	Вид	Ав	Тв	Э	Тз	Аз	Всего на отвале	ПС	П
1	<i>Rhysotritia duplicata</i> (Grandjean)	–	–	–	1/2,27* R	–	1/0,30 SR	–	–
2	<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese)	–	–	1/2,13 R	–	–	1/0,30 SR	–	–
3	<i>Nothrus biciliatus</i> C.L. Koch	–	–	1/2,13 R	1/1,14 SR	4/2,41 R	6/1,79 R	4/5,88 SD	–
4	<i>Dorycranosus acutus</i> (Pschorn–Walcher)	–	–	–	–	2/1,20 SR	2/0,60 SR	–	–
5	<i>Dorycranosus zachvatkini</i> (Kulijew)	–	–	1/2,13 R	6/6,82 SD	3/1,81 R	10/2,98 R	–	–
6	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael)	–	11/40,74 E	11/23,40 D	16/18,18 D	80/48,19 E	118/35,12 D	44/64,71 E	–
7	<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	–	1/3,70 R	–	1/1,14 SR	2/1,20 SR	4/1,19 R	–	–
8	<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič)	–	–	–	13/14,77 D	11/6,63 SD	24/7,14 SD	7/10,29 SD	–
9	<i>Oppiella nova</i> (Oudemans)	1/11,11 SD	1/3,70 R	–	–	–	2/0,60 SR	1/1,47 R	–
10	<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	4/44,44 E	7/25,93 D	8/17,02 D	7/7,95 SD	3/1,81 R	29/8,63 SD	2/2,94 R	–
11	<i>Suctobelbella perpendicularata</i> (Forsslund)	–	–	–	–	–	–	2/2,94 R	–
12	<i>Peloribates longipilosus</i> Csiszar	–	–	1/2,13 R	–	–	1/0,30 SR	–	–
13	<i>Zygoribatula exarata</i> Berlese	–	3/11,11 SD	–	–	–	3/0,89 SR	1/1,47 R	–
14	<i>Protoribates glaber</i> Mihelčič	–	–	–	–	–	–	–	54/71,05 E
15	<i>Protoribates elongatus</i> Mihelčič	2/22,22 D	1/3,70 R	–	1/1,14 R	3/1,81 R	7/2,08 R	1/1,47 R	–
16	<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L. Koch)	1/11,11 SD	–	23/48,94 E	16/18,18 D	6/3,61 R	46/13,69 D	–	–
17	<i>Ceratozetes sp.</i>	1/11,11 SD	–	–	–	8/4,82 SD	9/2,68 R	–	7/9,21 SD
18	<i>Ceratozetes laticuspidatus</i> Menke	–	1/3,70 R	–	–	–	1/0,30 SR	–	–
19	<i>Punctoribates minimus</i> Shaldybina	–	–	–	25/28,41 D	41/24,70 D	66/19,64 D	1/1,47 R	–
20	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster)	–	–	–	–	–	–	–	15/19,74 D
21	<i>Galumna dimorpha</i> Krivolutzkaja	–	–	–	–	–	–	2/2,94 R	–
22	<i>Galumna lanceata</i> Oudemans	–	1/3,70 R	–	–	–	1/0,30 SR	–	–
23	<i>Galumna sp.</i>	–	1/3,70 R	–	–	3/1,81 R	4/1,19 SR	1/1,47 R	–
24	<i>Pilogalumna ornatula</i> Grandjean	–	–	1/2,13 R	–	–	1/0,30 SR	–	–

№	Вид	Ав	Тв	Э	Тз	Аз	Всего на отвале	ПС	П
25	<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudemans)	–	–	–	–	–	–	2/2,94 R	–
Количество особей (экз.)		9	27	47	88	166	337	68	76
Количество видов		5	9	8	10	12	20	12	3
Средняя плотность (экз./м ²)		510	1540	2690	5030	9490	3850	3890	4340

Примечания:

1. Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – кукурузное поле;
2. * – численность панцирных клещей (экз.) / индекс доминирования (%);
3. E – эудоминант (>40%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецент (1,3–3,9%), SR – субрецент (<1,3%) [9].

Впервые для фауны Левобережной Украины указывается вид *Pilogalumna ornatula* Grandjean, 1956, отмеченный ранее Н.Н. Ярошенко [8] на территории Волынской области.

По сравнению с весенним периодом были зарегистрированы новые виды на шлакоотвале: *Zygoribatula exarata*, *Ceratozetes laticuspidatus*, *Galumna lanceata*, *Pilogalumna ornatula*. На пустыре были обнаружены также *Zygoribatula exarata*, *Pilogalumna allifera*, *Galumna dimorpha*, а на кукурузном поле – *Protoribates glaber*. Из зарегистрированных ранее видов, 8 не были отмечены осенью (см. табл. 1 и 2).

Сравнивая результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что несмотря на некоторое снижение общего видового богатства на отвале (с 24 до 20 видов), средняя плотность населения орибатид здесь к осени выросла почти в 2 раза и составила в среднем 3850 экз./м². Показатели численности и видового богатства последовательно увеличивались от аккумулятивной позиции восточного склона (где был отмечен минимум) до аккумулятивной позиции западного склона (максимум) (рис. 4), что четко коррелирует с увеличением проективного покрытия растительности в этом направлении.

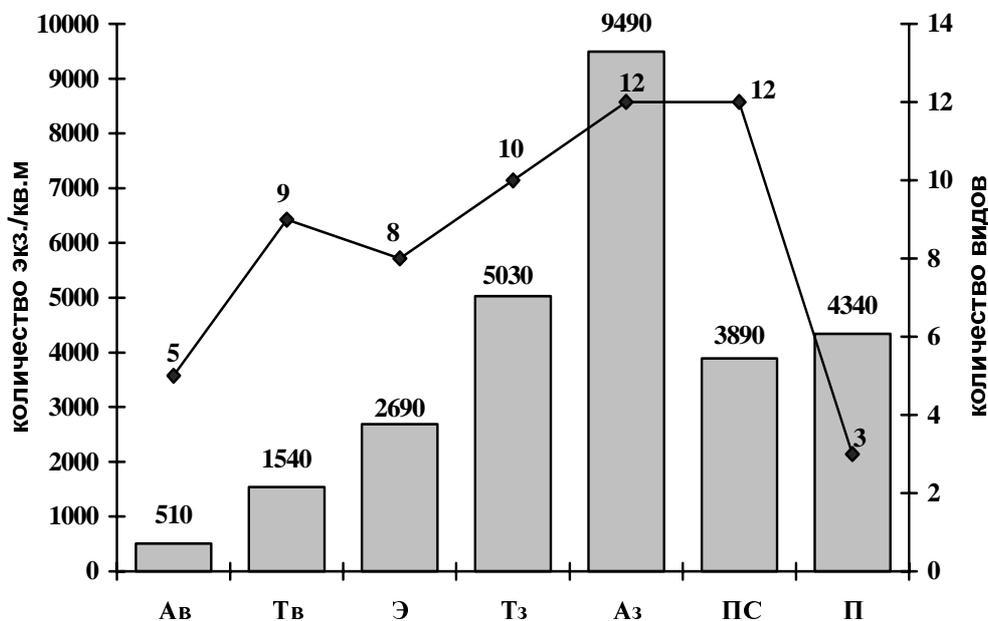


Рис. 4. Средняя плотность населения и видовое богатство панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и кукурузном поле (сентябрь 2004 г.): Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – кукурузное поле

Анализируя структуру доминирования орибатид шлакоотвала ДМЗ можно выделить 3 доминанта: *Tectocepheus velatus* (35,12%), *Punctoribates minimus* (19,64%), *Scheloribates laevigatus* (13,69%). Следует отметить, что по сравнению с весенним периодом, доля вида *Tectocepheus velatus* возросла в 2,5 раза, а вклад в общую структуру доминирования вида *Punctoribates minimus* несколько снизился. Появился и новый доминант *Scheloribates laevigatus*. К субдоминантам отнесены 2 вида, к рецедентам – 5 и к субрецедентам – 10 видов панцирных клещей (см. табл. 2).

Если рассматривать структуру доминирования по позициям катены, то к доминантам Эль-позиции следует отнести *Scheloribates laevigatus* (48,94%), доля которого к осени возросла почти в 3 раза. Доля другого доминирующего вида *Tectocepheus velatus* практически не изменилась, а вместо утратившего свои позиции вида *Nothrus biciliatus*, появился новый доминант *Ramusella mihelcici* (17,02%). На транзитной позиции западного склона почти в 2 раза, по сравнению с весенним периодом, снизилась доля *Punctoribates minimus* (28,41%), процентное соотношение другого доминанта *Multioppia glabra* не изменилось (14,77%), и доминирующие позиции заняли ещё 2 вида – *Tectocepheus velatus* и *Scheloribates laevigatus* (по 18,18% соответственно). В осенний период доминирующие виды аккумулятивной позиции поменялись местами (см. табл. 1 и 2) – *Tectocepheus velatus* (48,19%), *Punctoribates minimus* (24,70%). Также как и в апреле, небольшое число обнаруженных на восточном склоне панцирных клещей, не позволяет провести качественный анализ структуры доминирования на аккумулятивной и транзитной позициях восточного склона техногенной катены. Следует лишь отметить, что по численности здесь преобладали виды *Tectocepheus velatus* и *Ramusella mihelcici*.

На пустыре численность орибатид, по сравнению с весенним периодом, выросла почти в 2,5 раза (3890 экз./м²), несколько увеличилось и видовое богатство (до 12 видов). Доминирующий весной вид *Tectoribates ornatus* не был обнаружен, а его место занял другой эврибионтный вид *Tectocepheus velatus* (64,71%).

На кукурузном поле (на месте бывшей пашни) в сентябре средняя плотность населения орибатид возросла почти в 7 раз (4340 экз./м²), в основном, за счёт одного эудоминанта – *Protoribates glaber*, доля которого в структуре доминирования данного участка составила более 70%. В весенний период данный вид не был отмечен. Хотя численность доминирующего на пашне весной вида *Tectoribates ornatus* увеличилась в 2,5 раза, его процентное соотношение в общей структуре доминирования снизилось до 19,74%.

Распределение жизненных форм орибатид по профилю техногенной катены, характеризовалось также, как и в весенний период, доминированием обитателей мелких почвенных скважин и неспециализированных форм, причем преобладание последних было максимальным на элювиальной позиции катены (рис. 5).

В осенний период значительно увеличилась доля неспециализированных форм. Та же тенденция прослеживается и на западном склоне катены. Соответственно уменьшается доля обитателей мелких почвенных скважин, которые преобладают только на транзитной позиции западного склона. Доля обитателей поверхности почвы и толщи подстилки в общей структуре распределения жизненных форм орибатид на шлакоотвале невелика, и в целом по профилю катены варьировала незначительно. Только на элювиальной позиции зарегистрированы представители глубокопочвенных форм.

На пустыре, по сравнению с весенним периодом, отмечено появление обитателей поверхности почвы. Население панцирных клещей кукурузного поля представлено только одним адаптивным типом – неспециализированными формами, и, по сравнению с весенней пашней, было отмечено исчезновение обитателей мелких почвенных скважин в верхних горизонтах почвы. В целом же для данного биотопа характерно доминирование представителей неспециализированных форм и уменьшение общего количества жизненных форм, что подтверждается данными других исследований [6].

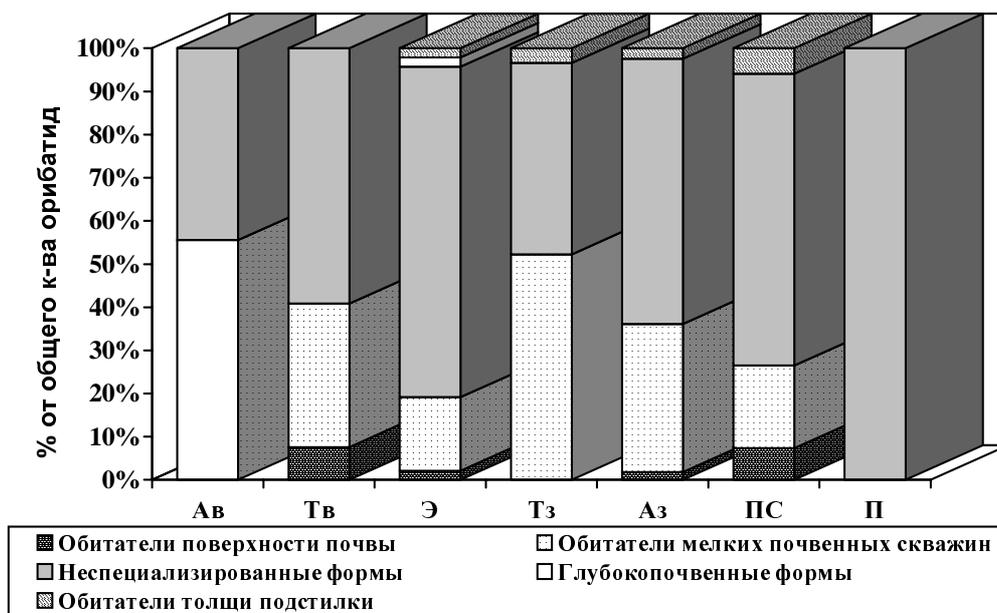


Рис. 5. Распределение жизненных форм панцирных клещей на шлакоотвале Донецкого металлургического завода и прилегающих к нему пустыре и кукурузном поле (сентябрь 2004 г.): Ав – аккумулятивная позиция (восточный склон), Тв – транзитная позиция (восточный склон), Э – элювиальная позиция, Тз – транзитная позиция (западный склон), Аз – аккумулятивная позиция (западный склон), ПС – пустырь, заросший степными и сорно-рудеральными видами, П – кукурузное поле

В литературе имеются сведения о панцирных клещах шлакоотвала Донецкого металлургического завода. Н.Н. Ярошенко [7] в 1984–1985 гг. были проведены исследования на трёх стационарных участках – на вершине шлакоотвала, у его основания и на степном участке, прилегающем к шлакоотвалу. На вершине шлакоотвала обнаружено 8 видов орибатид, из них к доминантам отнесены *Tectocepheus velatus*, *Micropoppia minus*, *Passalozetes intermedius*, *Zygoribatula terricola*. Средняя плотность населения в разные сезоны года варьировала от 40 до 800 экз./м². У основания отвала обнаружено 10 видов орибатид. К вышеперечисленным доминирующим видам здесь также отнесён *Euphthiracarus cribrarius*. Средняя плотность населения варьировала от 80 до 920 экз./м². На степном участке обнаружено 19 видов панцирных клещей. Здесь к доминирующим отнесён ещё один вид – *Pilogalumna allifera*. Средняя плотность населения орибатид варьировала от 400 до 4840 экз./м² в разные периоды года [7].

Сравнивая полученные нами данные с литературными сведениями следует отметить, что за прошедшие 20 лет в результате самозараствания шлакоотвала возросло видовое богатство (до 20-24 видов) и увеличилась средняя плотность населения орибатид (до 2140-3850 экз./м²) в разные сезоны года. Изменился и доминирующий состав панцирных клещей, появились новые виды. Таким образом, в ходе естественных сукцессионных процессов, вслед за увеличением степени проективного покрытия растительности на шлакоотвале, происходит и изменение структуры комплексов панцирных клещей.

Подводя итог, следует отметить, что экологическая структура населения панцирных клещей техногенной катены обусловлена, в первую очередь, характером растительности, толщиной подстилки, структурой субстрата и почвенного покрова на каждой позиции катены.

Выводы

1. В результате исследования видового состава панцирных клещей техногенной катены ДМЗ впервые для Левобережной Украины указывается вид *Pilogalumna ornatula* Grandjean,

1956; впервые для территории Донецкой области указываются виды *Dorycranosus zachvatkini* (Kulijew, 1962) и *Peloribates longipilosus* Csiszar, 1962.

2. В весенний период на шлакоотвале Донецкого металлургического завода обнаружено 187 экз. взрослых панцирных клещей, относящихся к 24 видам. В осенний период численность орибатид возросла почти в 2 раза (337 экз. взрослых панцирных клещей), а видовое богатство несколько снизилось (20 видов). На прилегающих к отвалу ДМЗ пустыре и пашне в весенний период было обнаружено 28 и 11 экз. взрослых панцирных клещей, относящихся к 9 и 5 видам соответственно. В осенний период эти показатели значительно выросли – в 2,5 раза на пустыре (68 экз.) и почти в 7 раз – на кукурузном поле на месте бывшей пашни (76 экз.). Видовое богатство на пустыре увеличилось до 12, а на поле сократилось до 3 видов.

3. В весенний период максимальные показатели численности и видового богатства отмечены для элювиальной и транзитной позиций западного склона шлакоотвала ДМЗ. Минимальные значения зарегистрированы на аккумулятивной и транзитной позициях восточного склона, где гидротермические условия для жизнедеятельности орибатид крайне неблагоприятны. В осенний период эти показатели последовательно увеличивались от аккумулятивной позиции восточного склона (где был отмечен минимум) до аккумулятивной позиции западного склона (максимум), что четко коррелирует с увеличением проективного покрытия растительности в этом направлении.

4. В весенний период на шлакоотвале ДМЗ доминировали 2 вида: *Punctoribates minimus* (26,20%) и *Tectocephus velatus* (14,44%). К субдоминантам отнесены 4 вида, к рецедентам – 7 и к субрецедентам – 11 видов орибатид. В осенний период доля вида *Tectocephus velatus* возросла в 2,5 раза, а вклад в общую структуру доминирования вида *Punctoribates minimus* несколько снизился. Появился и новый доминант *Schelorbates laevigatus*. К субдоминантам отнесены 2 вида, к рецедентам – 5 и к субрецедентам – 10 видов панцирных клещей

5. На пустыре в весенний период преобладал вид *Tectoribates ornatus*. В осенний период доминирующий весной вид *Tectoribates ornatus* не был обнаружен, а его место занял другой эврибионтный вид *Tectocephus velatus* (64,71%). Осенью на кукурузном поле (на месте бывшей пашни) доля эудоминанта *Protorbates glaber* в структуре доминирования данного участка составила более 70%. В весенний период данный вид не был отмечен.

6. Распределение жизненных форм орибатид по профилю техногенной катены как в весенний, так и в осенний периоды, характеризовалось доминированием обитателей мелких почвенных скважин и неспециализированных форм, причем преобладание последних было максимальным на элювиальной позиции катены. Доля обитателей поверхности почвы, толщи подстилки и глубокопочвенных форм в общей структуре распределения жизненных форм орибатид на шлакоотвале невелика, и в целом по профилю катены варьировала незначительно.

7. На прилегающем к шлакоотвалу пустыре отмечены представители только трёх жизненных форм орибатид, а на пашне – только двух: обитатели мелких почвенных скважин и неспециализированные формы, причём последние доминировали по численности в этих биотопах. Население панцирных клещей кукурузного поля представлено только неспециализированными формами, и, по сравнению с весенней пашней, было отмечено исчезновение обитателей мелких почвенных скважин в верхних горизонтах почвы. В целом же для данного биотопа характерно доминирование представителей неспециализированных форм и уменьшение общего количества жизненных форм.

8. Проведенные исследования показали, что антропогенные воздействия неблагоприятно влияют на обитающих в почве животных, при этом численность и видовое богатство орибатид таких антропогенно трансформированных экосистем остаются на очень низком уровне, а структура комплексов – несбалансированной.

9. Хотя результаты проведенных нами исследований являются "временным срезом" распределения панцирных клещей по профилю техногенной катены, можно сделать общий вывод о том, что состав и структура населения панцирных клещей техногенных катен ещё

далека от таковой в ненарушенных экосистемах, и для восстановления нормальной структуры комплекса оribатид, должно пройти ещё много времени.

Список литературы

1. Буланова-Захваткина Е.М. Панцирные клещи – оribатиды. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
2. Криволицкий Д.А. Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 8. – С. 1176-1189.
3. Мордкович В.Г., Шатохина Н.Г., Титлянова А.А. Степные катены. – Новосибирск: Наука, 1985. – 115 с.
4. Мордкович В.Г. Зоологические сукцессии на молодых техногенных катенах и принцип пространственно-временных аналогов // Изв. РАН. Сер. Биол. – 1994. – № 3. – С. 446-448.
5. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839 / Д.А. Криволицкий, Ф. Лебрэн, М. Кунст и др. / Под ред. Д.А. Криволицкого. – М.: Наука, 1995. – 224 с.
6. Штирц А.Д., Ярошенко Н.Н. Структура и динамика населения панцирных клещей заповедных степей юго-востока Украины. – Донецк: Норд, 2003. – 269 с.
7. Ярошенко Н.Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 294 с.
8. Ярошенко Н.Н. Оribатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.
9. Engelmann H.-D. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenartropoden // Pedobiologia. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378-380.

Штирц А.Д., Богатиков І.І. Розподіл панцирних кліщів за профілем техногенної катени (на прикладі шлаковідвалу Донецького металургійного заводу). – Наведено дані щодо розподілу панцирних кліщів за профілем техногенної катени, а також у прилеглих біотопах. Встановлено основні екологічні характеристики структури населення оribатид на кожній позиції катени. Вперше для фауни Лівобережної України вказується вид *Pilogalumna ornatula* Grandjean, 1956.

Ключові слова: панцирні кліщі, оribатиди, техногенні катени, структура населення.

Shtirts A.D., Bogatikov I.I. The oribatid mites distribution under the profile of the technogen catena (on an example of Donetsk metal factory waste banks). – The information on oribatid mites distribution under the profile of the technogen catena and also in neighboring biotopes are given. The main ecological characters of oribatid mites population structure on each position of the catena are performed. *Pilogalumna ornatula* Grandjean, 1956 is registered for Left Bank Ukraine fauna for the first time.

Key words: oribatid mites, technogen catena, population structure.

Ю.А. Штирц

**ЦИКЛИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ СКВЕРОВ
КРУПНОГО ИНДУСТРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА (НА ПРИМЕРЕ Г. ДОНЕЦКА)**

*Донецкий национальный технический университет; 83015, пр. Б. Хмельницкого, 106, к. 7.309
e-mail: strelk@dongu.donetsk.ua*

Штирц Ю.А. Циклическая динамика структуры орнитокомплексов скверов крупного промышленного центра (на примере г. Донецка). – В ходе исследования циклической динамики орнитокомплексов скверов зарегистрировано 45 видов птиц. На протяжении большей части годового цикла свыше половины общей численности населения птиц составляет группа синантропов. В трофической структуре орнитокомплексов скверов в течение года чередуется доминирование трёх трофических групп: эврифагов, фитофагов, фито-энтомофагов.

Ключевые слова: птицы, циклическая динамика, скверы, структура орнитокомплексов, город.

Введение

Крупные города занимают огромную площадь, по существу равную и даже превышающую площади многих охраняемых природных территорий – заповедников, заказников и национальных парков. Следовательно, площадь крупных городов по своим масштабам вполне соответствует той, которая рассматривается как достаточная для существования и поддержания природных экосистем [4]. Каждый город по многим параметрам уникальней, особенно в динамике, вместе с тем ряд проблем актуален для всех таких систем [3]. Существуют разные мнения в отношении признания или не признания за городами статуса экосистем [14]. По мнению Б. Клауснитцера [5], крупный город нельзя рассматривать как единую экосистему, в большинстве случаев речь идет о мозаике различных биотопов (квазигомогенных элементарных систем).

Такой тип биотопа как скверы представлен практически в каждом среднем и крупном городе Донбасса.

Скверы представляют собой небольшие по площади (до 3 га) зелёные массивы, которые служат для оформления площадей, межквартальных территорий и других участков городской территории [9]. Видовой состав их животного населения в значительной степени зависит от уровня антропогенности: степени заасфальтированности, уровня ухода, использования гербицидов и минеральных удобрений, влияния соседних территорий [8]. Скверы имеют значительную изоляцию даже на окраинах города и испытывают сильную рекреационную нагрузку [20], что, безусловно, оказывает влияние на состав и структуру орнитокомплексов.

Целью исследований являлось установление закономерностей циклической динамики орнитокомплексов скверов города. Реализация поставленной цели предусматривала решение следующих задач: выявление закономерностей динамики видового состава и структуры доминирования орнитокомплексов на протяжении года, установление закономерностей сезонных изменений топической и трофической структуры населения птиц скверов города.

Материал и методика исследований

Сбор материала осуществлялся с 1997 по 2003 гг. на территории скверов г. Донецка.

Названия видов птиц и их систематическое положение приведены согласно "Конспекту орнитологической фауны СССР" Л.С. Степаняна [19].

При изучении циклической динамики орнитокомплексов использовалась периодизация годового цикла, разработанная С.А. Лопарёвым [10]: зимний период (с 1 декабря – 1 января до последней декады февраля), предвесенний (обычно с 20 февраля по 5-8 марта, иногда период выпадает), ранневесенний (с 5-8 марта до конца первой декады апреля), поздневесенний (середина апреля – середина мая), летне-гнездовой (с 20 мая до начала июля), позднелетний (с 1 июля до середины августа), раннеосенний (15 августа – конец первой декады сентября), осенний (со второй декады сентября до середины третьей декады

октября; в годы с ранней и холодной осенью – до 20 октября, с затяжной и тёплой – до начала ноября) и позднесенний (в годы с ранней и холодной зимой аспект отсутствует, в годы с мягкой зимой может продолжаться до середины января) периоды. Каждый из периодов имеет конкретные календарные сроки и заметные индикаторы начала и окончания. Чёткие визуальные ориентиры начала и конца сезона дают возможность выделить их во время проведения учётов.

Изучение циклической динамики орнитокомплексов скверов проводилось на стационарных маршрутах. Учёты проводились по методу Е.С. Равкина и Н.Г. Челинцева [16]. Ввиду того, что анализу подвергалось население птиц в целом, в ходе сбора материала учитывались все виды, отмеченные в конкретный период в пределах исследуемого биотопа, включая виды-посетители.

При анализе структуры доминирования использовались следующие градации: доминанты – более 10,0%, субдоминанты – 1,0-10,0, второстепенные виды – менее 1,0% общей численности всех видов [18, с уточнениями].

В основу анализа топической и трофической структуры положено доленое участие различных групп в общей структуре орнитокомплексов. При анализе топической структуры выделялись группы топоморф согласно системе жизненных форм М.П. Акимова [1, 2]: дендрофилы – тяготеющие к древесной и кустарниковой растительности; синантропы – тяготеющие к обитанию вблизи жилья человека; убиквисты – обитающие в различных биотопах (живущие повсюду). В ходе анализа трофической структуры выделялись следующие трофические группы: энтомофаги – с явным преобладанием в питании в конкретный период беспозвоночных животных, в первую очередь, насекомых; фитофаги – с преобладанием различных растительных кормов; фито-энтомофаги – питающиеся беспозвоночными животными и растительными кормами в равном соотношении; хищники – питающиеся живыми позвоночными животными; эврифаги – кормом смешанного содержания без явного преобладания тех или иных кормов. Принадлежность вида к конкретной топической и трофической группе определялась на основе анализа литературы [6, 7, 11–13, 15, 17, 21 и др.] и собственных наблюдений.

Для отражения доли синантропных видов рассчитывался индекс синантропизации как отношение числа синантропных видов к общему числу видов птиц [5].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования циклической динамики орнитокомплексов скверов зарегистрировано 45 видов птиц. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Циклическая динамика структуры орнитокомплексов скверов г. Донецка

№ п/п	Вид	Доленое участие вида в структуре орнитокомплексов, %								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	0,01	0,01	+	-	-	-	-	+	0,01
2	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	0,01	0,03
3	<i>Falco columbarius</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	-	-	-	-	+	+
4	<i>Falco tinnunculus</i> Linnaeus, 1758	-	-	+	0,04	0,03	0,02	0,02	+	-
5	<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	6,97	6,01	4,50	1,99	1,41	1,34	1,89	4,54	6,85
6	<i>Streptopelia decaocto</i> (Frisvaldszky, 1838)	1,26	1,83	1,76	2,00	1,61	1,56	1,69	2,88	1,69

№ п/п	Вид	Долевое участие вида в структуре орнитокомплексов, %								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
7	<i>Apus apus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	13,75	9,29	22,40	+	-	-
8	<i>Picus canus</i> Gmelin, 1788	0,04	0,02	+	-	-	-	-	-	0,01
9	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	0,10	0,08	0,01	-	-	-	-	0,04	0,07
10	<i>Dendrocopos syriacus</i> (Hemprich et Ehrenberg, 1833)	0,37	0,35	0,36	0,28	0,20	0,21	0,31	0,40	0,40
11	<i>Dendrocopos minor</i> (Linnaeus, 1758)	0,14	0,11	0,02	-	-	-	-	0,05	0,09
12	<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	0,01	0,04	0,05	0,04	+	-
13	<i>Delichon urbica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	0,21	0,16	0,19	0,37	-	-
14	<i>Motacilla alba</i> Linnaeus, 1758	-	-	0,28	1,10	0,66	0,61	0,63	0,41	-
15	<i>Lanius collurio</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	+	+	+	+	-	-
16	<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	+	+	+	+	-	-
17	<i>Sturnus vulgaris</i> Linnaeus, 1758	-	-	1,14	1,33	1,10	0,94	0,17	0,03	-
18	<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	0,17	0,14	0,12	0,10	0,06	0,08	0,15	0,26	0,14
19	<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	0,64	0,66	0,67	0,50	0,28	0,12	0,18	0,48	0,84
20	<i>Corvus monedula</i> Linnaeus, 1758	0,02	0,01	+	-	-	-	-	0,01	0,02
21	<i>Corvus frugilegus</i> Linnaeus, 1758	25,97	26,66	7,09	0,28	0,11	0,13	0,20	2,87	27,36
22	<i>Corvus cornix</i> Linnaeus, 1758	0,76	0,90	0,03	0,02	0,02	0,02	0,07	0,17	0,55
23	<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	<i>Bombycilla garrulus</i> (Linnaeus, 1758)	0,34	0,21	0,10	-	-	-	-	-	0,07
25	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	0,10	0,10	0,07	0,04	-	-
26	<i>Sylvia curruca</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	0,50	0,41	0,23	0,17	-	-
27	<i>Ficedula albicollis</i> (Temminck, 1815)	-	-	-	0,11	0,11	0,05	0,01	-	-
28	<i>Muscicapa striata</i> (Pallas, 1764)	-	-	-	0,84	0,79	0,75	0,82	0,67	-
29	<i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	-	-
30	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,03	-

№ п/п	Вид	Долевое участие вида в структуре орнитокомплексов, %								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
31	<i>Phoenicurus ochruros</i> (S.G. Gmelin, 1774)	-	-	0,24	0,92	0,73	0,48	0,39	0,71	-
32	<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	0,04	0,02	-	-	-	-	-	+	0,01
33	<i>Luscinia luscinia</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	0,02	0,01	+	-	-	-
34	<i>Turdus pilaris</i> Linnaeus, 1758	0,59	0,40	-	-	-	-	-	0,01	0,45
35	<i>Parus caeruleus</i> Linnaeus, 1758	1,26	1,30	0,79	0,41	0,36	0,34	0,37	0,89	1,37
36	<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	27,25	25,79	17,23	18,14	17,21	11,82	10,30	28,04	25,62
37	<i>Certhia familiaris</i> Linnaeus, 1758	0,20	0,13	0,03	-	-	-	-	0,02	0,17
38	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	12,92	13,91	34,81	32,44	39,75	43,28	65,88	37,22	14,89
39	<i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)	18,72	17,47	13,16	13,95	16,73	11,71	15,19	17,86	17,01
40	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	+	+	0,16	0,39	0,17	0,11	0,02	+	+
41	<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)	+	2,50	16,58	9,77	8,09	3,01	0,53	0,08	0,01
42	<i>Spinus spinus</i> (Linnaeus, 1758)	0,92	0,42	0,02	-	-	-	-	0,97	1,03
43	<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)	1,13	0,91	0,82	0,76	0,52	0,44	0,48	1,21	1,16
44	<i>Acanthis cannabina</i> (Linnaeus, 1758)	0,14	0,12	0,05	0,02	0,02	0,04	0,06	0,12	0,15
45	<i>Coccothraustes coccothraustes</i> (Linnaeus, 1758)	0,01	+	+	+	+	+	+	+	+
Общая численность населения птиц, особей/км ²		2192,2 ±120,31	2264,6 ±186,42	2399,2 ±173,99	3637,6 ±206,76	10984,9 ±688,97	8972,3 ±668,26	5334,0 ±439,09	2424,8 ±147,33	2116,4 ±132,74
Индекс синантропизации (Ws)		0,138	0,138	0,156	0,242	0,250	0,250	0,250	0,176	0,138

Примечания:

1. I – зимний, II – предвесенний, III – ранневесенний, IV – поздневесенний, V – летне-гнездовой, VI – позднелетний, VII – раннеосенний, VIII – осенний, IX – позднеосенний периоды;

2. + – долевое участие вида составляет менее 0,01%.

В зимний период зарегистрировано 29 видов птиц. Динамика количества видов в составе орнитокомплексов скверов города отражена на рис. 1. Доминируют 4 вида: *Parus major* – 27,3%, *Corvus frugilegus* – 26,0, *Passer montanus* – 18,7, *Passer domesticus* – 12,9%. Субдоминантами являются 4 вида (10,6%), второстепенными – 21 вид (4,5%). В топической структуре доминирует группа дендрофилов – 59,3% (23 вида). Долевое участие синантропов составляет 39,9% – 4 вида, убиквистов – 0,8% – 2 вида (рис. 2). Индекс синантропизации – 0,138. В трофической структуре подавляющее большинство населения птиц приходится на

эврифагов (11 видов) – 94,7%. Фитофаги (9 видов) составляют 3,2%, фито-энтомофаги (1 вид) – 1,3, энтомофаги (5 видов) – 0,8, хищники (3 вида) – менее 0,1% (рис. 3).

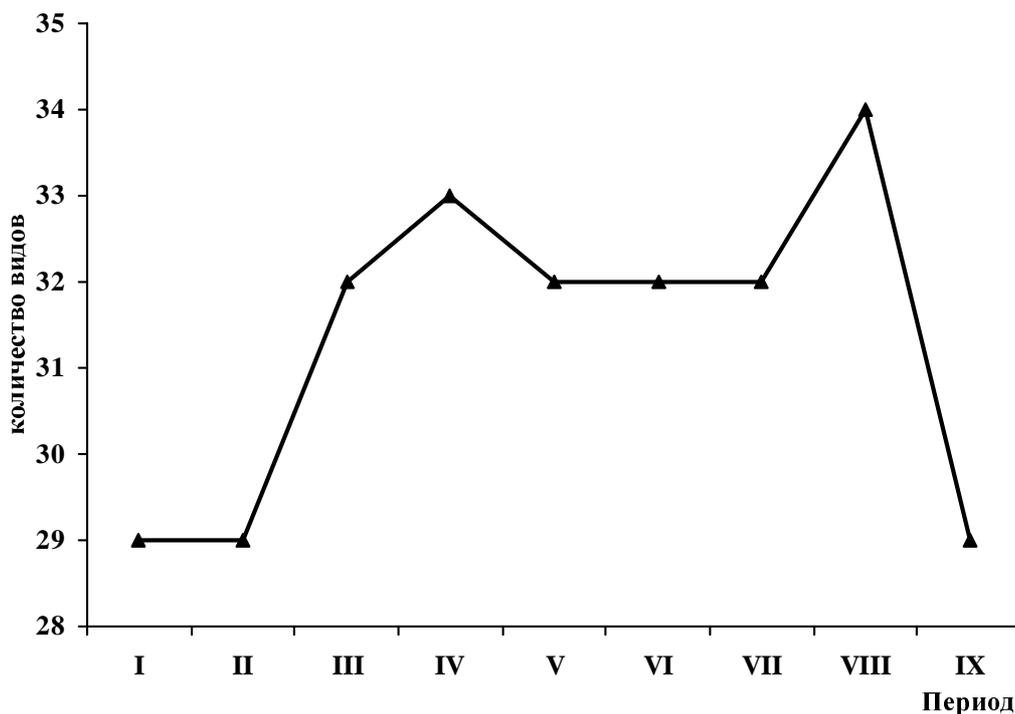


Рис. 1. Динамика количества видов в составе орнитокомплексов скверов г. Донецка на протяжении годового цикла: I – зимний, II – предвесенний, III – ранневесенний, IV – поздневесенний, V – летне-гнездовой, VI – позднелетний, VII – раннеосенний, VIII – осенний, IX – позднеосенний периоды

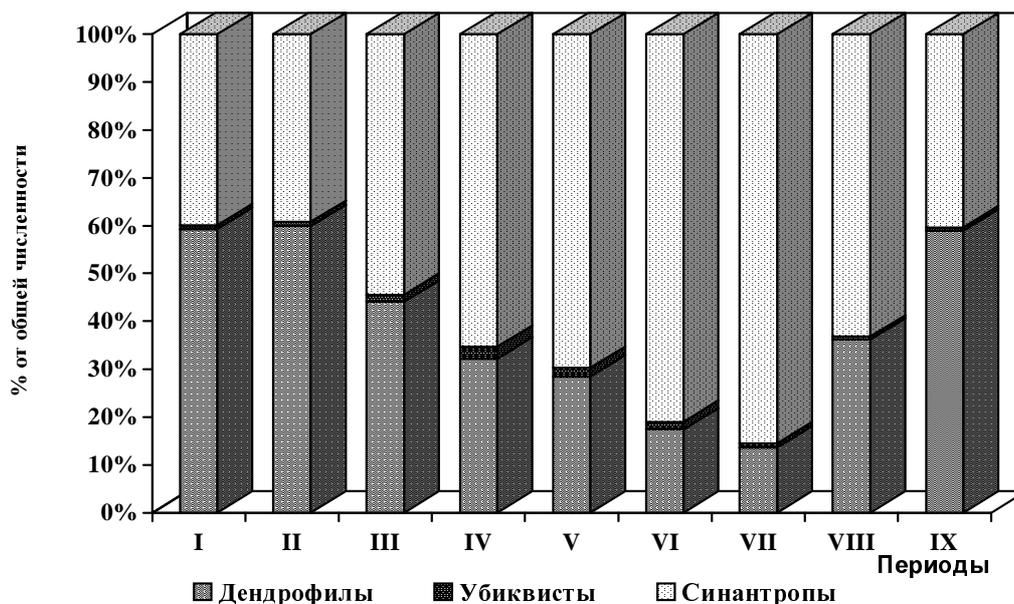


Рис. 2. Циклическая динамика топической структуры орнитокомплексов скверов г. Донецка: I – зимний, II – предвесенний, III – ранневесенний, IV – поздневесенний, V – летне-гнездовой, VI – позднелетний, VII – раннеосенний, VIII – осенний, IX – позднеосенний периоды

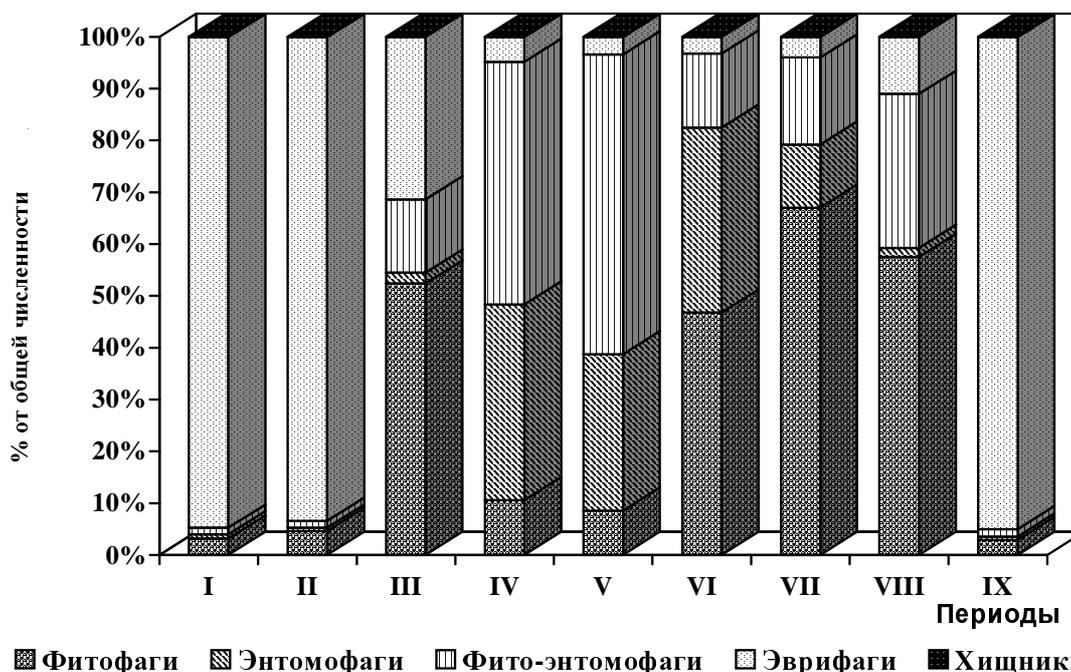


Рис. 3. Циклическая динамика трофической структуры орнитокомплексов скверов г. Донецка: I – зимний, II – предвесенний, III – ранневесенний, IV – поздневесенний, V – летне-гнездовой, VI – позднелетний, VII – раннеосенний, VIII – осенний, IX – позднеосенний периоды

Предвесенний период. Отмечено 29 видов птиц. Доминируют те же виды: *Corvus frugilegus* – 26,7%, *Parus major* – 25,8, *Passer montanus* – 17,5, *Passer domesticus* – 13,9%. Группу субдоминантов составляют 4 вида (11,6%), второстепенных – 21 вид (4,5%). Топическая структура сходна с предыдущим периодом: дендрофилы – 59,9% (23 вида), синантропы – 39,2 (4 вида), убиквисты – 0,9% (2 вида). Значение индекса синантропизации не изменяется – 0,138. Соотношение трофических групп также сходно с зимним периодом: фитофаги – 4,6% (9 видов), фито-энтомофаги – 1,3 (1 вид), энтомофаги – 0,7% (5 видов), эврифаги – 93,4 (11 видов), хищники – менее 0,1% (3 вида).

В ранневесенний период количество видов возрастает до 32. Доминируют 4 вида: *Passer domesticus* – 34,8%, *Parus major* – 17,2, *Chloris chloris* – 16,6, *Passer montanus* – 13,2%. Субдоминантами являются 4 вида (14,5%), второстепенными – 24 вида (3,7%). В данный период возрастает доленое участие группы синантропов – 54,5% (5 видов). Вклад дендрофилов снижается – 44,1% (22 вида). Убиквисты составляют 1,5% (5 видов). Значение индекса синантропизации увеличивается – 0,156. В трофической структуре уменьшается доленой вклад эврифагов – 31,4% (9 видов). Участие фитофагов, фито-энтомофагов и энтомофагов возрастает: 52,4% (7 видов), 14,1 (3 вида) и 2,1% (9 видов) соответственно. Хищники (4 вида) составляют менее 0,1%.

В поздневесенний период в составе населения птиц скверов г. Донецка зарегистрировано 33 вида. Доминируют 4 вида: *Passer domesticus* – 32,4%, *Parus major* – 18,1, *Passer montanus* – 14,0, *Apus apus* – 13,8%. Группу субдоминантов составляют 5 видов (16,2%), второстепенных – 24 вида (5,5%). В сравнении с ранневесенним периодом, снижается доля дендрофилов – 32,2% (21 вид). Возрастает вклад синантропов (65,3% – 8 видов) и убиквистов (2,5% – 4 вида). Значение индекса синантропизации в рассматриваемый период увеличивается до 0,242. В трофической структуре возрастает доленое участие фито-энтомофагов (46,8% – 3 вида) и энтомофагов (37,8% – 19 видов). Доля фитофагов снижается до 10,6% (4 вида), эврифагов – 4,8% (6 видов). Хищники составляют менее 0,1% (1 вид).

Летне-гнездовой период. В состав орнитокомплексов скверов входит 32 вида. Доминантами являются 3 вида: *Passer domesticus* – 39,8%, *Parus major* – 17,2, *Passer*

montanus – 16,7%. К числу субдоминантов следует отнести 5 видов (21,5%), второстепенных – 24 вида (4,8%). В топической структуре, как и в предыдущий период, превалирует группа синантропов – 69,7% (8 видов). Дендрофилы составляют 28,5% (20 видов), убиквисты – 1,8% (4 вида). Индекс синантропизации равен 0,250. В трофической структуре возрастает долевой вклад фито-энтомофагов – 57,8% (5 видов). Участие фитофагов и энтомофагов в структуре орнитофауны несколько снижается – 8,6% (3 вида) и 30,2% (17 видов) соответственно. Эврифаги составляют 3,4% (6 видов), хищники – менее 0,1% (1 вид).

Качественный состав населения птиц позднелетнего периода (32 вида) соответствует летне-гнездовому, вместе с тем, происходят количественные изменения. Доминируют 4 вида: *Passer domesticus* – 43,3%, *Apus apus* – 22,4, *Parus major* – 11,8, *Passer montanus* – 11,7%. В группу субдоминантов входят 3 вида (5,9%), второстепенных – 25 видов (4,9%). В данный период доленое участие синантропов достигает 81,0% (8 видов). Вклад дендрофилов снижается до 17,4% (20 видов). Убиквисты представлены 4 видами – 1,6% общей численности всех видов. Значение индекса синантропизации соответствует предшествующему периоду – 0,250. В трофической структуре происходят следующие изменения: доля фито-энтомофагов снижается до 14,3% (10 видов), фитофагов и энтомофагов возрастает – 46,8 (5 видов) и 35,7% (10 видов) соответственно. Эврифаги составляют 3,2% (6 видов), хищники (1 вид) – менее 0,1%.

В раннеосенний период зарегистрировано также 32 вида. По сравнению с двумя предшествующими периодами, в видовом составе происходят незначительные изменения (см. табл. 1). Доминируют 3 вида: *Passer domesticus* – 65,9%, *Passer montanus* – 15,2, *Parus major* – 10,3%. Субдоминантами являются 2 вида (3,6%), второстепенными – 27 видов (5,0%). В топической структуре, по сравнению с позднелетним периодом, существенных изменений не происходит: незначительно возрастает доленое участие синантропов (85,5% – 8 видов), несколько снижается вклад дендрофилов (13,6% – 20 видов) и убиквистов (0,9% – 4 вида). Индекс синантропизации составляет 0,250, как в летне-гнездовой и позднелетний периоды. В трофической структуре возрастает доля фитофагов – 67,0% (5 видов) и незначительно – фито-энтомофагов (16,8% – 10 видов). Вклад группы энтомофагов снижается – 12,2% (10 видов). Эврифаги составляют 4,0% (6 видов), хищники (1 вид) – менее 0,1%.

В осенний период зарегистрировано 34 вида. Доминируют те же виды, что и в предыдущий период: *Passer domesticus* – 37,2%, *Parus major* – 28,0, *Passer montanus* – 17,9%. К субдоминантам следует отнести 4 вида (11,5%), к второстепенным – 27 видов птиц (5,4%). В топической структуре, как и ранее, более половины общей численности всех видов составляет группа синантропов, однако её вклад снижается – 63,2% (6 видов). Доля дендрофилов возрастает – 36,2% (24 вида). Убиквисты составляют 0,6% (4 вида). Значение индекса синантропизации в данный период снижается – 0,176. Трофическая структура данного периода характеризуется увеличением доли фито-энтомофагов и эврифагов – 29,7% (8 видов) и 11,0% (7 видов) соответственно. Уменьшается участие энтомофагов – 1,8% (7 видов). Вклад фитофагов снижается, вместе с тем, как и в раннеосенний период, данная трофическая группа составляет большую часть населения птиц – 57,5% (8 видов). Хищники (4 вида) составляют менее 0,1%.

В составе орнитокомплексов скверов позднеосеннего периода отмечено 29 видов. Доминантами являются 4 вида: *Corvus frugilegus* – 27,4%, *Parus major* – 25,6, *Passer montanus* – 17,0, *Passer domesticus* – 14,9%. Группу субдоминантов составляют 5 видов (12,1%), второстепенных – 20 видов (3,0%). В данный период доля дендрофилов возрастает до 59,0% (23 вида). Вклад синантропов снижается – 40,4% (4 вида). Участие убиквистов составляет 0,6% (2 вида) (см. рис. 2). Значение индекса синантропизации снижается до 0,138. В трофической структуре подавляющее большинство населения птиц составляют эврифаги – 95,0% (11 видов). Остальные трофические группы представлены следующим образом: фитофаги – 2,9% (9 видов), фито-энтомофаги – 1,4% (1 вид), энтомофаги – 0,7% (5 видов), хищники – менее 0,1% (3 вида) (см. рис. 3).

Выводы

1. В ходе исследования циклической динамики орнитокомплексов скверов зарегистрировано 45 видов птиц. Максимальное число видов отмечено в осенний период (34 вида), минимальное – в позднеосенний, зимний и предвесенний периоды (по 29 видов).

2. Долевой вклад доминантов в структуру населения птиц варьирует от 73,7% (летне-гнездовой период) до 91,4% (раннеосенний период). Существенное доленое участие доминирующих видов при незначительном их числе (3 – 4 вида) свидетельствует о наличии дисбаланса орнитокомплексов скверов города.

3. Значение индекса синантропизации последовательно возрастает в отрезке годового цикла с предвесеннего по летне-гнездовой период и последовательно снижается в отрезке с раннеосеннего по позднеосенний период. Минимальное значение индекса синантропизации отмечено в позднеосенний, зимний и предвесенний периоды – 0,138; максимальное – в летне-гнездовой, позднелетний и раннеосенний периоды – 0,250.

4. На протяжении большей части годового цикла свыше половины общей численности населения птиц скверов составляет группа синантропов. В позднеосенний, зимний и предвесенний периоды доминирует группа дендрофилов.

5. В трофической структуре орнитокомплексов скверов на протяжении года чередуется преобладание трёх трофических групп: эврифагов (позднеосенний, зимний, предвесенний периоды), фитофагов (ранневесенний, позднелетний, раннеосенний и осенний периоды), фито-энтомофагов (поздневесенний и летне-гнездовой периоды).

Список литературы

1. *Акимов М.П.* Биоценологическая рабочая система жизненных форм – биоморф // Науч. зап. ДГУ, 1948. – Т. XXX. – С. 61-63.
2. *Акимов М.П.* Биоценологическая рабочая система жизненных форм – биоморф // Науч. зап. ДГУ: Сб. работ биол. ф-та. – Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1955. – Т. 51. – С. 5-24.
3. *Бондаренко В.Д., Казимир М.М., Винничук К.Г.* Тваринне населення міських садів і парків: загальні риси та регулювання // Науковий вісник: Зб. наук.-техн. праць Укр. держ. лісотехн. ун-ту, 2001. – Вип. 11.5. – С. 316-323.
4. *Ильичёв В.Д., Бутъев В.Т., Константинов В.М.* Птицы Москвы и Подмосковья. – М.: Наука, 1987. – 272 с.
5. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны: Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 246 с.
6. *Колоярцев М.В.* Ласточки. Сер. Жизнь наших птиц и зверей. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. – Вып. 10. – 248 с.
7. *Кривицкий И.А., Кныш Н.П.* Факультативное хищничество как проявление адаптивного поведения птиц в культурном ландшафте // Птицы бассейна Северского Донца: Мат. 6 и 7 конф. "Изучение и охрана птиц бассейна Северского Донца". – Донецк: ДонНУ, 2000. – Вып. 6–7. – С. 5-6.
8. *Кучерявий В.П.* Урбоекологія. – Львів: Світ, 1999. – 360 с.
9. *Латтев О.О.* Інтродукція та акліматизація рослин з основами озеленення. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 128 с.
10. *Лопарьов С.О.* Орнітофауна населених пунктів центру України та її зміни: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08 / Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України. – К., 1997. – 25 с.
11. *Максимова Ю.П., Харченко Л.П., Михайлов В.А.* Насекомые-вредители зелёных насаждений г. Харькова в питании городских птиц // Природничий альманах. Сер. Біол. науки: Зб. наук. праць. – Херсон: Персей, 2002. – Вип. 2 (3). – С. 78-87.
12. *Мальчевский А.С.* Гнездовая жизнь певчих птиц. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1959. – 281 с.

13. *Мищенко М.О.* До питання про живлення сірої ворони протягом осінньо-зимового періоду на територіях з різним ступенем урбанізації // Мат. III конф. молодих орнітологів України (м. Київ, 14–15 березня 1998 р.). – Чернівці, 1998. – С. 109-111.
14. *Морозова Г.Ю., Злобин Ю.А., Мельник Т.И.* Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, ценогенез и структура популяций // Журн. общ. биол. – 2003. – Т. 64, № 2. – С. 166-180.
15. *Птицы Советского Союза* // Под ред. Г.П. Дементьева, Н.А. Гладкова. – М.: Советская наука, 1951–1954. – Т. I–VI.
16. *Равкин Е.С., Челинцев Н.Г.* Методические рекомендации по комплексному маршрутному учёту птиц. – М., 1990. – 33 с.
17. *Самчук Н.Д.* К вопросу о хозяйственном значении воробьев // Птицы бассейна Северского Донца: Мат. 6 и 7 конф. "Изучение и охрана птиц бассейна Северского Донца". – Донецк: ДонНУ, 2000. – Вып. 6–7. – С. 67-69.
18. *Скільський І.В.* Структура й особливості формування фауни та населення птахів середнього міста (на прикладі Чернівців): Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08 / Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України. – К., 2000. – 18 с.
19. *Степанян Л.С.* Конспект орнитологической фауны СССР. – М.: Наука, 1990. – 728 с.
20. *Тихонова Г.Н., Тихонов И.А., Богомолов П.Л., Бодяк Н.Д., Суров А.В.* Распределение мелких млекопитающих и типизация незастроенных территорий г. Москвы // Усп. совр. биол. – 1997. – Т. 117, вып. 2. – С. 218-238.
21. *Фесенко Г.В., Бокотей А.А.* Птахи фауни України: польовий визначник. – К.: ТОВ "Новий друк", 2002. – 416 с.

Штірц Ю.О. Циклічна динаміка структури орнітокомплексів скверів великого індустріального центру (на прикладі м. Донецька). – Під час дослідження циклічної динаміки орнітокомплексів скверів зареєстровано 45 видів птахів. Протягом більшої частини річного циклу понад половини загальної чисельності населення птахів складає група синантропів. У трофічній структурі орнітокомплексів скверів протягом року чергуються домінування трьох трофічних груп: еврифагів, фітофагів, фіто-ентомофагів.

Ключові слова: птахи, циклічна динаміка, сквери, структура орнітокомплексів, місто.

Shtirts Yu.A. The cyclic dynamics of the ornithocomplexes structure of large industrial centre squares (on an example of Donetsk). – During research of cyclic dynamics of the squares ornithocomplexes 45 species of birds are registered. During a majority of annual cycle the synanthropous group makes over half of number of the bird population. In trophy structure of the squares ornithocomplexes within one year the prevalence of three trophy groups alternates: euryphagous, phytophagous, phyto-entomophagous.

Key words: birds, cyclic dynamics, squares, ornithocomplexes structure, city.

Н.Н. Ярошенко, С.С. Кравцов

**ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОТВАЛА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ЗАВОДА ГОРОДА ЕНАКИЕВО ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 316
e-mail: zool@dongu.donetsk.ua

Ярошенко Н.Н., Кравцов С.С. Панцирные клещи промышленного отвала металлургического завода города Енакиево Донецкой области. – В сентябре, октябре и ноябре 2005 г. обследованы 4 участка, спонтанно заросшего сорно-рудеральной растительностью, шлакового отвала металлургического завода г. Енакиево Донецкой области. В результате проведенных исследований обнаружено 39 видов панцирных клещей, относящихся к 27 родам и 21 семейству. Вид *Trhypochthonius conspectus* Sergienko впервые отмечен для фауны Донецкой области. Видовое богатство варьировало от 10 (степной участок) до 33 видов (склон шлакоотвала). Средняя плотность населения оribатид изменялась от 240 экз./м² (сентябрь, степной участок) до 7480 экз./м² (октябрь, склон шлакоотвала).

Ключевые слова: панцирные клещи, оribатиды, отвал металлургического завода, плотность населения, доминанты.

Введение

Почвенные панцирные клещи-оribатиды (Acariformes, Oribatei) в природе играют важную роль в почвообразовательных процессах. Они подвергают деструкции растительные остатки, чем способствуют их дальнейшему разложению. Оribатиды – одна из наиболее многочисленных групп почвенного населения. Они одними из первых заселяют техногенные экосистемы, принимая участие в почвообразовании и оздоровлении нарушенных земель.

Материал и методы исследований

В сентябре, октябре и ноябре 2005 г. были взяты почвенные пробы на вершине, склоне и у основания спонтанно заросшего промышленного шлакового отвала Енакиевского металлургического завода (начало формирования – 1946 г.), а также на степном участке, примыкающем к нему. Почвенные образцы брали объемом 250 см³ в 10-кратной повторности ежемесячно на стационарных площадках размером 15 x 15 м. Стационары располагались на одной линии с юга на север, начиная с вершины отвала и заканчивая степным участком. Почвенные образцы доставляли в лабораторию кафедры зоологии ДонНУ, обработку проб проводили по общепринятой методике Е.М. Булановой-Захваткиной [4], М.С. Гилярова [5] и Н.Н. Ярошенко [8]. Пересчет панцирных клещей проводили на одну повторность. Среднюю плотность населения клещей определяли по методике К.К. Фасулати [7]. Индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей исследуемых участков (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5 – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [3].

Результаты и обсуждение

Вершина шлакового отвала расположена на высоте 45 м от основания. Со временем она приобрела платообразный характер и заросла сорно-рудеральной растительностью с преобладанием пырея (*Elytrigia repens*), типчака (*Festuca rupicola*) и тонконога (*Koeleria sp.*). На этом стационарном участке в течение трех месяцев из 30 проб было извлечено 239 экз. панцирных клещей – 56,10% от общего числа всех почвообитателей (426 экз.), средняя плотность населения – 3188 экз./м². Определено 16 видов панцирных клещей, относящихся к 12 родам и 12 семействам.

В целом по стационару доминировали 5 видов: *Epilohmannia inexpectata* Schuster – 17,57%, *Tectocephus velatus* Mich. – 5,44, *Microppia minus* (Paoli) – 17,15, *M. minutissima* (Selln.) – 22,18, *Scheloribates laevigatus* (Koch) – 15,48%. Часто встречались 2 вида: *Scheloribates latipes* (Koch) – 2,09%, *Rhysotritia duplicata* (Gr.) – 4,18%, редко – 9 видов: *Discoppia cylindrica* (Perez-Inigo), *Scutovertex serratus* Sitnikova, *Zygoribatula frisiae* (Oudms.),

Z. thalassophila Gr., *Protoribates capucinus* Berl., *Ceratozetes gracilis* (Mich.), *C. minutissimus* Willmann, *Peloptulus phaenotus* (Koch), *Pilogalumna allifera* (Oudms.). Численность и видовой состав панцирных клещей по месяцам распределились следующим образом.

В сентябре при температуре воздуха 25⁰С и сухой почве (0–10 см) из 10 проб было извлечено минимальное количество панцирных клещей – 16 экз. (34,78%), плотность – 640 экз./м². Определено 6 видов: *T. velatus*, *Z. thalassophila*, *Sch. laevigatus*, *C. gracilis*, *C. minutissimus*, *Pilogalumna allifera*. Доминировал *Sch. laevigatus* – 43,75%.

В октябре при температуре воздуха 16⁰С и сухой почве из 10 проб извлечено несколько большее количество орибатид – 85 экз. (69,10%); средняя плотность населения составила 3400 экз./м². Таким образом, показатель плотности увеличился более чем в 5 раз, по сравнению с сентябрем. Определено 10 видов, среди которых доминировали 5: *E. inexpectata* – 24,7%, *T. velatus* – 5,88, *M. minus* – 21,18, *Sch. laevigatus* – 15,29, *R. duplicata* – 7,06%. Часто встречались 2 вида: *M. minutissima*, *D. cylindrical*, редко – 3 вида: *Z. frisiae*, *Sch. latipes*, *P. phaenotus*.

В ноябре, при температуре воздуха 3⁰С и увлажненной почве, численность панцирных клещей резко увеличивается – в 8,6-1,6 раза по сравнению с сентябрем и октябрем, соответственно. Из 10 проб извлечено 138 экз. (53,70%), средняя плотность населения составила 5520 экз./м². Определено 12 видов, из которых к доминирующим отнесено 5: *E. inexpectata* – 15,22%, *T. velatus* – 5,07, *M. minus* – 16,67, *M. minutissima* – 36,23, *Sch. laevigatus* – 12,32%. Часто встречались 4 вида (*Sch. latipes*, *P. capucinus*, *P. allifera*, *R. duplicata*) и редко – 3 вида (*S. serratus*, *C. gracilis*, *P. phaenotus*). Таким образом, показатели численности и видового богатства панцирных клещей увеличивались от сентября к ноябрю.

На вершине отвала в октябре обнаружены яйцекладущие самки орибатид: *M. minus* – 3 самки содержали в теле по 1 яйцу, *Sch. laevigatus* – 2 самки содержали по 4 яйца, 2 самки по 2 яйца. В ноябре – *S. serratus* – 1 самка содержала 4 яйца, *Sch. latipes* – 4 самки содержали 1, 2, 4 и 4 яйца, *Sch. laevigatus* – 2 самки содержали 1 и 4 яйца, *R. duplicata* – 1 самка содержала 1 яйцо. В сентябре яйцекладущих самок не обнаружено. Следует отметить, что в осенние месяцы у некоторых видов панцирных клещей репродуктивная способность возрастает.

Кроме панцирных клещей, на вершине отвала за 3 месяца исследований было собрано 187 экз. (43,90%) других почвообитающих членистоногих, средняя плотность населения которых составила 2492 экз./м². Среди них преобладала сборная группа различных семейств акариформных клещей – 67 экз. (35,83%), а также гамазовые клещи – 29 экз. (15,51%), коллемболы – 43 экз. (22,99%), тли – 13 экз. (6,95%) и личинки насекомых – 15 экз. (8,02%). Остальные представители (краснотелковые, акароидные клещи, почвенные нематоды, трипсы, муравьи, жуки) были малочисленны. Показатели их численности увеличиваются с сентября – 30 экз. (65,22%), плотность – 1200 экз./м², достигая максимума в ноябре – 119 экз. (46,30%), плотность – 4760 экз./м².

Всего на вершине отвала было обнаружено 426 экз. почвообитателей, включая орибатид, со средней плотностью населения 5680 экз./м² (сентябрь – 46 экз. (1840 экз./м²), октябрь – 123 экз. (4920 экз./м²), ноябрь – 257 экз. (10280 экз./м²). В целом на вершине отвала доминировали панцирные клещи (56,10%), которые в числе первых заселяют различные отработанные промышленные экотопы, принимая активное участие в почвообразовательном процессе антропогенно нарушенных земель.

На склоне шлакового отвала, заросшего сорно-рудеральной растительностью с примесью типчака, тонконога и др. злаков, стационарный участок был расположен на расстоянии 25 м от вершины с южной экспозиции. В течение трех месяцев из 30 проб извлечено максимальное количество панцирных клещей – 288 экз. (49,06%) со средней плотностью населения 3840 экз./м², что в 1,2-2,8-3 раза больше, чем на вершине, у основания и на степном участке, соответственно. Определено 33 вида орибатид, относящиеся к 23 родам и 20 семействам.

Доминировали 3 вида: *Sphaerochthonius splendidus* (Berl.) – 10,41%, *Gymnodamaeus austriacus* Will. – 22,92, *Licnodamaeus undulatus* (Paoli) – 9,37%, которые на остальных стационарных участках не обнаружены. Часто встречались 8 видов: *Papillacarus aciculatus* (Berl.) – 2,78%, *E. inexpectata* – 2,43, *Epilhomannia styriaca* Schuster – 2,08, *T. velatus* – 2,78, *Suctobelbella latirostris* (Forssl.) – 4,51, *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 2,78, *Sch. laevigatus* – 2,43%. Остальные 22 вида отнесены к редким: *Cosmochthonius lanatus* Mich., *Epilhomannia cylindrica* (Berl.), *Nothrus biciliatus* Koch, *Trhypochthonius conspectus* Sergienko, *Hermanniella punctata* (Nic.), *Fosseremaeus laciniatus* (Berl.), *Suctobelbella alloenasuta* Moritz, *S. subcornigera* (Forsslund), *Medioppia obsoleta* (Paoli), *Ramusella mihelcici* (Perez-Inigo), *Scutovertex minutus* (Koch), *S. serratus* Sitnikova, *Zygoribatula terricola* v.d.Hammen, *Z. frisiae*, *Zygoribatula exarata* Berl., *Sch. latipes*, *P. capucinus*, *C. gracilis*, *C. minutissimus*, *P. phenotus*, *P. allifera*, *R. duplicata*.

Общими видами со стационарным участком на вершине отвала являются: *E. inexpectata*, *T. velatus*, *M. minus*, *S. serratus*, *Z. frisiae*, *Sch. latipes*, *Sch. laevigatus*, *P. capucinus*, *C. gracilis*, *C. minutissimus*, *P. phaenotus*, *P. allifera*, *R. duplicata*. Яйцекладущих самок на склоне не обнаружено.

В сентябре на склоне отмечено минимальное количество панцирных клещей – 20 экз. (54,05%), плотность – 800 экз./м². Единично встречались 5 видов: *E. inexpectata*, *T. velatus*, *Sch. laevigatus*, *C. gracilis*, *P. allifera*. Своего пика на склоне численность оribатид достигает в октябре – 187 экз. (64,93%), плотность – 7480 экз./м². Это максимальный показатель средней плотности населения оribатид для всех исследуемых стационаров. Также максимально и видовое богатство (23 вида). Доминировали 3 вида: *S. splendidus* – 11,23%, *G. austriacus* – 35,30, *L. undulatus* – 8,56%, которые на протяжении трех месяцев исследований на других стационарных участках не встречались. К часто встречаемым отнесены 5 видов: *E. inexpectata* – 2,68%, *S. latirostris* – 2,14, *R. clavipectinata* – 2,14, *Sch. laevigatus* – 3,21, *R. duplicata* – 2,68%. Остальные 15 видов были малочисленны. В ноябре численность панцирных клещей уменьшилась в 2,3 раза по сравнению с октябрём и составила 81 экз. (30,92%), плотность – 3240 экз./м². Из 17 видов доминировали 6: *S. splendidus* – 11,12%, *P. aciculatus* – 9,88, *L. undulatus* – 13,58, *T. velatus* – 7,41, *S. latirostris* – 11,12, *M. minus* – 12,35%. Часто встречались 4 вида: *E. styriaca*, *M. obsoleta*, *R. clavipectinata* – по 4,94%, *C. minutissima* – 3,70%. К редким отнесены 7 видов.

Таким образом, на южном склоне отвала отмечено наибольшее видовое богатство оribатид (33) с наивысшей средней плотностью населения среди исследуемых участков, что указывает на более благоприятные условия существования. Очевидно, сорно-рудеральная растительность на вершине и склоне отвала обуславливает нормальную жизнедеятельность клещей. Растительная подстилка сохраняет влагу в поверхностном слое почвы и пищевым субстратом для панцирных клещей.

На склоне отвала численность почвенного населения, по сравнению с вершиной, увеличивается до 587 экз., плотность – до 7840 экз./м². Доля панцирных клещей, по отношению к общему числу почвообитателей составила 49,06% (288 экз.). Численность других групп почвенных членистоногих увеличивается с сентября (17 экз. (45,95%), плотность – 680 экз./м²) к ноябрю (181 экз. (69,08%), плотность – 7240 экз./м²). Среди них доминировали коллемболы – 56,52% (169 экз.), другие акариформные клещи – 28,43% (85 экз.) и гамазовые клещи – 10,05% (30 экз.). Остальные представители (краснотелковые клещи, почвенные нематоды, многоножки, двухвостки, трипсы, личинки насекомых) были малочисленны.

У основания шлакового отвала преобладают злаки (типчак и тонконог). Здесь из 30 проб извлечено небольшое количество панцирных клещей – 104 экз. (30,14%), плотность – 1400 экз./м². Обнаружено 15 видов панцирных клещей. Из них доминировали 4 вида: *E. inexpectata*, *R. clavipectinata* – по 8,65%, *M. minus* – 23,08, *Sch. latipes* – 30,77%. Часто встречались 5 видов: *E. styriaca* – 2,88%, *S. serratus*, *Z. frisiae* – по 3,85, *P. capucinus* – 4,81, *P. allifera* – 2,89%. Остальные 6 видов были единичны: *P. aciculatus*, *T. velatus*, *S. minutus*, *Z. terricola*, *Sch. laevigatus*, *R. duplicata*.

В сентябре из 10 проб извлечено минимальное количество орибатид – 10 экз. (12,66%), плотность – 400 экз./м². Отмечено 4 вида: *S. minutus*, *S. serratus*, *Z. frisiae*, *Z. terricola*. В октябре собран 51 экз. (45,95%), плотность – 2040 экз./м². Определено 7 видов: *E. inexpectata* – 5,89%, *M. minus* – 11,77%, *R. clavipectinata*, *P. capucinus* – по 9,80%, *Paralieuus leontonycha* (Berl.) – 1,96%, *T. velatus* – 4,55%. В ноябре собрано 44 экз. (28,21%), определено 11 видов, средняя плотность населения – 1760 экз./м². Доминировали 4 вида: *E. inexpectata* – 13,64%, *M. minus* – 40,91%, *R. clavipectinata* – 9,09%, *P. allifera* – 6,82%. Часто встречались 6 видов: *P. aciculatus*, *E. styriaca*, *T. velatus*, *S. serratus*, *Sch. laevigatus*, *R. duplicata*. У основания шлакового отвала видовое богатство и плотность населения панцирных клещей, по сравнению с вершиной и склоном, резко снижается, что, очевидно, связано с незначительным слоем растительной подстилки на данном стационарном участке, и смыванием ливневыми водами токсичных веществ с вершины к основанию отвала.

В основании отвала общая численность почвообитателей значительно ниже, чем на других исследуемых участках – 346 экз., плотность – 4600 экз./м², из них панцирных клещей – 104 экз. (30,14%), других обитателей почвы – 241 экз. (69,86), плотность – 7760 экз./м², что в 1,2-1,7-2,5 раза меньше, чем на вершине, склоне и на степном участке соответственно. Среди других почвообитателей преобладали различные семейства акариформных и гамазовых клещей – по 67 экз. (по 27,80%) и тли – 61 экз. (25,31%). Часто встречались коллемболы и многоножки. Акароидные, краснотелковые клещи, почвенные нематоды, дождевые черви и трипсы были немногочисленны. Минимальное количество других почвообитателей отмечено в сентябре и в октябре (69-60 экз.), максимум – в ноябре (112 экз.).

На степном стационарном участке, расположенном на расстоянии 50 м от основания отвала, растительность носит зональный характер и, в основном, представлена петрофитами (типчак, тонконог, чабрец и др.). Слой растительной подстилки незначителен и верхний слой почвы (0–10 см) весь теплый период года сухой. На этом стационарном участке за 3 месяца исследований из 30 проб извлечено минимальное количество панцирных клещей среди всех исследуемых биотопов – 94 экз. (10,63%), плотность – 1240 экз./м². Определено 10 видов орибатид. Доминировали: *Brachychthonius cricoides* (Berl.) – 13,83%, *E. inexpectata* – 7,45%, *T. velatus* – 8,51%, *M. minus* – 46,81%, *R. duplicata* – 10,64%. Остальные 5 видов обнаружены в единичных экземплярах: *Liochthonius alpestris* (Forssl.), *P. aciculatus*, *N. biciliatus*, *M. minutissima*, *Z. frisiae*. В сентябре было собрано минимальное количество клещей – 6 экз. (13,04%), плотность – 340 экз./м². В октябре число клещей несколько увеличилось – 37 экз. (9,27%), плотность – 1480 экз./м². Определено 6 видов, среди которых наиболее многочисленны были *L. alpestris* – 5,41%, *M. minus* – 59,46%, *R. duplicata* – 18,92%. Остальные 3 вида (*E. cylindrica*, *T. velatus*, *M. minutissima*) малочисленны. В ноябре количество орибатид увеличилось до 51 экз. (11,64%), плотность – до 2040 экз./м². Определено 5 видов: *B. cricoides* – 25,49%, *E. inexpectata* – 13,73%, *T. velatus* – 9,80%, *M. minus* – 41,18%, *R. duplicata* – 5,88%.

На степном участке, несмотря на невысокую численность панцирных клещей, общая численность почвообитателей составила 884 экз., средняя плотность населения – 11800 экз./м². Из их панцирных клещей – 94 экз. (10,63%), других почвообитателей – 790 экз. (89,37%). Преобладали акароидные клещи – 97 экз. (12,28%), другие акариформные клещи – 255 экз. (32,28%), гамазовые клещи – 167 экз. (21,14%) и коллемболы – 227 экз. (28,73%). Остальные обитатели почвы степного участка (краснотелковые клещи, почвенные нематоды, многоножки, двухвостки, тли, трипсы, жуки, наездники, двукрылые и личинки насекомых) были немногочисленны.

Выводы

На протяжении трех месяцев исследований на четырех стационарных участках из 120 почвенных образцов извлечено 726 экз. панцирных клещей, что составило 32,37% от общей численности всех собранных членистоногих. Из них личинки и нимфы панцирных клещей

составили 10,88% (79 экз.). Определено 39 видов оribатид, относящихся к 27 родам и 21 семейству. Из них 5 видов (*T. velatus*, *S. minutus*, *Z. frisiae*, *S. latipes*, *C. gracilis*), по литературным данным, известны как промежуточные хозяева ленточных червей из семейства Anoplocephalidae. К доминирующим отнесены 4 вида: *E. inexpectata* – 8,95%, *M. minus* – 16,67, *M. minutissima* – 7,71, *Sch. latipes* – 5,23%. Вид *Trhypochthonius conspectus* Sergienko впервые отмечен в фауне Донецкой области. Этот вид – обитатель сухих биотопов, распространен на побережье Черного моря Крыма; также обнаружен в пойменном лесу и лесопосадке в Луганской области и в дубовом лесу Херсонской области [6].

Видовое богатство панцирных клещей промышленного отвала невелико: максимум отмечен на склоне (33 вида), минимум – на степном участке (10 видов). Средняя плотность населения клещей в различные месяцы варьирует от 240 экз./м² (степной участок, сентябрь) до 7480 экз./м² (склон отвала, октябрь). В естественных биотопах показатели видового богатства и плотности населения оribатид значительно выше, например, в мае 2003 г. в байрачном лесу было обнаружено 56 видов со средней плотностью населения 23840 экз./м² [2]. Низкие показатели численности и видового богатства панцирных клещей характерны и для других техногенных экосистем Донбасса [1, 8].

Список литературы

1. Алийкина Е.А., Ярошенко Н.Н. Панцирные клещи окрестностей промышленной площадки динасового завода города Красноармейска Донецкой области // Мат. I Міжнар. наук.-практ. конф. студентів та молодих вчених "Проблеми природокористування та охорона рослинного і тваринного світу". – Кривий Ріг: "Мінерал", 2004. – С. 4-6.
2. Боброва В.П., Ярошенко Н.Н. К фауне панцирных клещей истоков Кальмиуса // Мат. I Міжнар. наук.-практ. конф. студентів та молодих вчених "Проблеми природокористування та охорона рослинного і тваринного світу". – Кривий Ріг: "Мінерал", 2004. – С. 9-12.
3. Беклемішев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоол. журн. – 1961. – 40, вып. 2. – С. 143-158.
4. Буланова-Захваткина Е.М. Панцирные клещи – оribатиды. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
5. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
6. Сергиенко Г.Д. Фауна Украины. Низшие оribатиды. – К.: Наук. думка, 1994. – Т. 25, вып. 21. – 197 с.
7. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.
8. Ярошенко Н.Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 294 с.

Ярошенко М.М., Кравцов С.С. Панцирні кліщі промислового відвалу металургійного заводу міста Єнакієва Донецької області. – У вересні, жовтні та листопаді 2005 р. досліджено 4 ділянки шлакового відвалу металургійного заводу м. Єнакієва Донецької області. В результаті проведених досліджень відмічено 39 видів панцирних кліщів, які відносяться до 27 родів та 21 родини. Вид *Trhypochthonius conspectus* Sergienko вперше відмічено для фауни Донецької області. Видове багатство варіювало від 10 (стєпова ділянка) до 33 видів (схил відвалу). Середня щільність населення оribатид змінювалась від 240 экз./м² (вересень, стєпова ділянка) до 7480 экз./м² (жовтень, схил відвалу).

Ключові слова: панцирні кліщі, оribатиди, відвал металургійного заводу, щільність населення, доминанти.

Yaroshenko N.N., Kravtsov S.S. Oribatid mites of an industrial dump of a metal works of the city of Yenakievo of Donetsk region. – In September, October and November, 2005, the 4 sites, spontaneously covered by weed vegetation, slag dump of a metal works of Yenakievo city of Donetsk region are inspected. As a result of the carried researches 39 species of oribatid mites, concerning to 27 genera and 21 families are revealed. The species *Trhypochthonius conspectus* Sergienko for the first time is marked for the fauna of Donetsk region. The specific

abundance varied from 10 (steppe site) up to 33 species (slope of slag dump). Average density of the population of oribatid mites varied from 240 specimens/ m^2 (September, steppe site) up to 7480 specimens / m^2 (October, slope of slag dump).

Key words: oribatid mites, dump of a metal works, density of the population, dominants.

УДК 577.112

С.М. Бойко

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ИЗОФЕРМЕНТОВ
ПЕРОКСИДАЗЫ ШТАММОВ *IRPEX LACTEUS* FR. ПРИ ПОМОЩИ
ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Бойко С.М. Определение качественного состава изоферментов пероксидазы штаммов *Irpex lacteus* Fr. при помощи электрофоретического метода. – В работе показано наличие изоферментов пероксидазы в культуральном фильтрате и мицелии штаммов *Irpex lacteus*. Показано, что для внутриклеточных форм пероксидазы свойственна схожесть по электрофоретической подвижности и выявлена их большая концентрация чем для внеклеточных.

Ключевые слова: пероксидаза, изофермент, электрофорез.

Введение

В последние годы возрос интерес человека к биотехнологическим продуктам белковой природы, среди которых выделяют и фермент пероксидаза. Его возможные стороны применения очень разнообразны, это и применение в иммуноферментном анализе в качестве маркерного фермента, как консерванта в пищевой промышленности [7], вещества способствующего ускорению созревания коньяков и улучшению их качеств [5], для детоксикации промышленных отходов [2]. Фермент пероксидаза выявлен и у высших базидиальных дереворазрушающих грибов [8]. Пероксидаза в составе лигнолитического комплекса гриба дополняет ее действие и участвует в детоксикации продуктов деградации лигнина [1]. В связи с вышеизложенным возрос интерес исследователей к дереворазрушающим грибам как продуцентам данного фермента и к изучению свойств фермента грибного происхождения. Дереворазрушающий гриб *Irpex lacteus*, произрастая в естественных условиях, выделяет внеклеточные пероксидазы для разрушения лигнинцеллюлозного комплекса. Уровень изоферментов пероксидазы в мицелии зависит от состава питательной среды и может вызвать повышение или понижение количества изоферментов пероксидазы *in vitro* [4, 12].

Целью данной работы было исследовать электрофоретическую подвижность внутри- и внеклеточных изоферментов пероксидазы штаммов *Irpex lacteus* Fr.

Материал и методы исследования

Объектами наших исследований было 20 культур (ВА, ВС, СДВ, БН-3, БН-5, БН-9, БН-10, БН-12, БН-13, БН-17, Д-1, Д-4, Д-7, Д-8, Д-9, С-3, С-5, С-11, С-12, С-15) сапротрофного дереворазрушающего гриба *Irpex lacteus* Fr. Культивирование грибов осуществляли на глюкозо-пептонной питательной среде [11] (глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; K_2HPO_4 – 0,4; KH_2PO_4 – 0,6; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,5; $ZnSO_4 \times 7H_2O$ – 0,001; $CaCl_2$ – 0,05; дистиллированная вода до 1 л) в течении 15 суток при оптимальных условиях температуры и кислотности питательной среды (для синтеза протеиназ молокозвертывающего действия).

Электрофоретические исследования проводили на аппарате конструкции К.А. Трувеллера, Г.Н. Нефедова [10]. В аппарате использовали полиакриламидный гель (ПААГ) согласно методу В.И. Сафонова, М.П. Сафоновой [9]. Метод электрофоретического разделения белков основан на свойстве белков двигаться в электрическом поле, благодаря несущему заряду. В зависимости от заряда и размера глобулы, ее скорость значительно варьирует. При проявления ПААГ на фермент пероксидазы гель переносили в инкубационную среду содержащую 45 мл запасного раствора (в 100 мл 7% CH_3COOH растворить 16 г $CH_3COOH \times 3Na$, насытить ЭДТА и бензидином) и 5 мл 0,1% раствора H_2O_2 в

присутствии нитропруссиды натрия и выдерживали 10-20 минут. В зонах с пероксидазной активностью появлялась голубая окраска [9].

Результаты и обсуждение

Для изучения физиолого-биохимических свойств сапротрофного дереворазрушающего гриба *I. lacteus*, нами были проведены электрофоретические исследования белков культурального фильтрата и мицелия культур, направленные на определение наличия изофермента пероксидазы. Схемы электрофореграмм изоферментов пероксидазы культур *I. lacteus* представлены на рис. 1–3. Сравнение энзимограмм пероксидазы мицелия по их электрофоретическому профилю позволило установить значительное сходство (рис. 1).

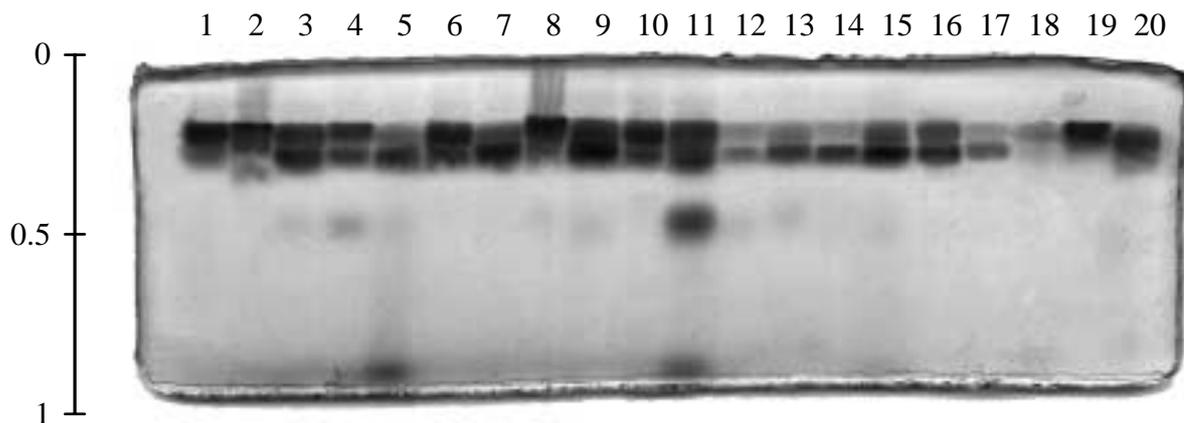


Рис. 1. Электрофореграмма изоферментов пероксидазы мицелия культур *I. lacteus* (культуры: 1- БН-3; 2- БН-5; 3- БН-9; 4- БН-10; 5- БН-12; 6- БН-13; 7- БН-17; 8- Д-1; 9- Д-4; 10- Д-7; 11- Д-8; 12- Д-9; 13- С-3; 14- С-5; 15- С-11; 16- С-12; 17- С-15; 18- ВА; 19- СДВ; 20- ВС)

Следует отметить тот факт, что все изученные культуры имеют сходный комплекс внутриклеточных изоферментов пероксидазы с относительной электрофоретической подвижностью (ОЭП) в зоне 0,20-0,22, а также в зоне 0,30-0,31. Характерно, что в основном изоферменты имеют медленную и среднюю подвижность.

При сравнении внеклеточных и внутриклеточных изоферментов пероксидазы было обнаружено, что внутриклеточные пероксидазы, в большинстве своем, имеют большее количество молекулярных форм и более высокую концентрацию белка, чем внеклеточные изоферменты.

Наличие изоферментов пероксидазы в культуральных фильтратах может свидетельствовать о конститутивном характере синтеза данного фермента либо о наличии индуктора в питательной среде [3, 6].

Таким образом, проведенный анализ внеклеточного и внутриклеточного изоферментного комплекса пероксидазы культур *Irpex lacteus* методом электрофореза показал определенную гетерогенность изучаемых популяций и позволил судить о уровне накопления пероксидазы внутри клетки и вне её.

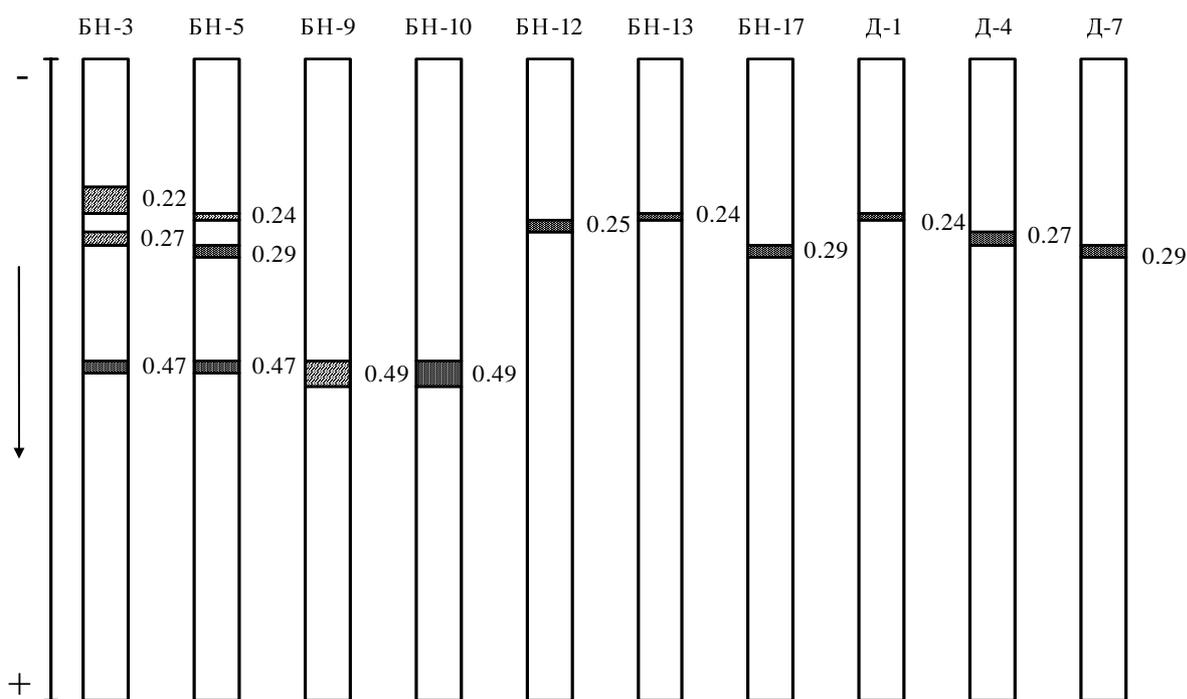


Рис. 2. Схемы электрофореграмм изоферментов пероксидазы культуральных фильтратов культур *I. lacteus*

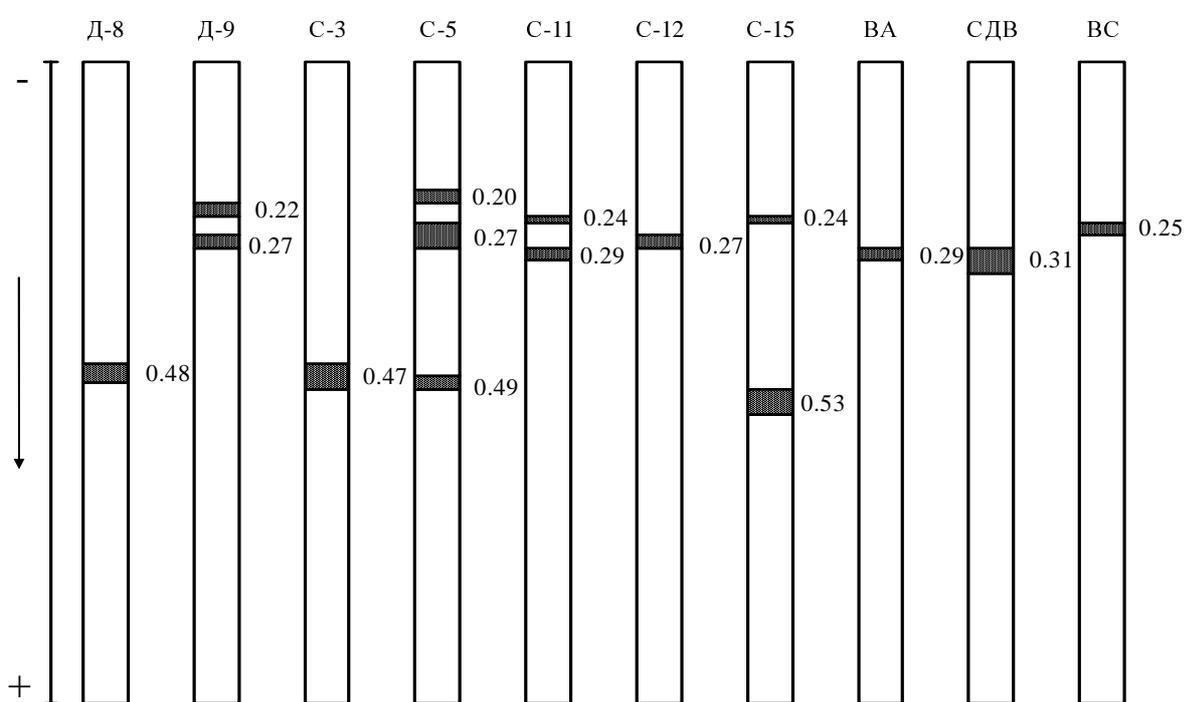


Рис. 3. Схемы электрофореграмм изоферментов пероксидазы культуральных фильтратов культур *I. lacteus*

Список литературы

1. Атыкян Н.А. Физиологические особенности гриба *Panus triginus* ВКМ F-3616D и свойства ферментов лигнолитического комплекса, продуцируемых им: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2000.
2. Ауце А.А., Брад И.И., Зариня В.Э. Применение пероксидазы для утилизации фенолсодержащих отходов биохимических производств // Тез. Всесоюз. конф. «Методы получения, анализа и применения ферментов». – Рига, 1990. – С.199.
3. Бойко М.И. Изоферменты пероксидазы гриба коренева губка // Достижения ботан. науки на Україні 1974–1975 рр. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 9-10.
4. Бойко М.И. Физиолого-биохимические особенности системы *Pinus sylvestris* L. – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref и перспективы практического использования экзометаболитов некоторых дереворазрушающих грибов: Дис. ... докт. биол. наук: 03.00.12, 03.00.24. – Донецк, 1996. – 461 с.
5. Борисова В.Н., Дехтярь Р.Г., Гудкова Л.В., Здоровец Л.М. Пероксидазы гифомицетов // Тез. Всесоюз. конф. «Мицелиальные грибы (физиология, биохимия, биотехнология)». – Пушкино, 1983. – С. 134.
6. Негруцкий С.Ф., Бойко М.И. Изоферменты пероксидазы штаммов корневой губки, отличающихся по степени патогенности к проросткам сосны обыкновенной // Биол. науки. – 1976. – № 10. – С. 84-88.
7. Погорелый П.А., Попова И.А. Гибриды аспорогенных дрожжей *Candida tropicalis* как источник пероксидазы // Тез. Всесоюз. конф. «Методы получения, анализа и применения ферментов». – Рига, 1990. – С.173.
8. Решетникова И.А., Газарян И.Г., Веревкин А.Н., Фегина В.А., Мирошниченко Т.Г., Егоров А.М. Поиск грибов-продуцентов пероксидазы // Микол. и фитопатол. – 1992. – Т. 26, №5. – С. 383-387.
9. Сафонов В.И., Сафонова М.П. Исследование белков и ферментов растений методом электрофореза в полиакриламидном геле / Биохим. методы в физиол. раст. – М.: Наука, 1971. – С. 113-136.
10. Трувеллер К.А., Нефедов Г.Н. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинках полиакриламидного геля // Биол. науки. – 1974. – № 9. – С. 137-140.
11. Федоров Н.И., Стайченко Н.И. Целлюлазная активность корневой губки // Микол. и фитопатол. – 1971. – Т. 5, №3. – С. 308-310.
12. Шиврина А.Н., Низковская О.П., Фалина Н.Н. и др. Биосинтетическая деятельность высших грибов. – Л.: Наука, 1969. – 241 с.

Бойко С.М. Визначення якісного складу ізоферментів пероксидази штамів *Irpex lacteus* Fr. за допомогою електрофоретичного методу. – В роботі визначено наявність ізоферментів пероксидази у культуральному фільтраті та міцелії штамів гриба *Irpex lacteus*. Показано, що для внутриклітинних форм пероксидази притаманна схожість за електрофоретичною рухливістю та виявлена їх більша концентрація ніж у позаклітинних.

Ключові слова: пероксидаза, ізофермент, електрофорез.

Boyko S.M. Definition of qualitative structure isoenzymes peroxidase strains *Irpex lacteus* Fr. with the help electrophoretic of a method. – In work the presence isoenzymes peroxidase in cultural filtrate and micellium strains of a fungi *Irpex lacteus* is determined. Is shown, that for inside cell of the peroxidase forms the similarity on electrophoretic mobility is peculiar and their large concentration than at outside cell is certain.

Key words: peroxidase, isoenzyme, electrophores.

О.В. Васильева, О.А. Никитина, М.И. Бойко
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МОЛОКА ДЛЯ
СТИМУЛЯЦИИ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ШТАММОВ
***HIRSCHIOPORUS LARICINUS* (KARST.) RYV.**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Васильева О.В., Никитина О.А., Бойко М.И. Использование различных концентраций молока для стимуляции молокосвертывающей активности штаммов *Hirshioporus laricinus* (Karst.) Ryv. – Изучалось влияние различных концентраций натурального молока на биосинтез протеиназ молокосвертывающего действия и накопление биомассы штаммов ксилотрофа *H. laricinus* (Karst.) Ryv. Добавление молока в концентрациях 2 и 6 % стимулирует ростовые процессы и синтез молокосвертывающих ферментов. Для увеличения показателей накопления биомассы целесообразно в среду вводить 6% молока. Изменяя количество молока в среде можно достичь ускорения процессов роста продуцента и синтеза молокосвертывающих ферментов.

Ключевые слова: протеазы, молокосвертывающая активность, культуральный фильтрат, молоко, биомасса.

Введение

Известно, что при производстве сыра для свертывания белков молока применяют сычужный фермент. Большое значение в условиях дефицита реннина, для получения которого необходимо забивать молочных телят и ягнят, что в свою очередь сказывается на производительности животноводства, имеет смысл изучения протеиназ грибного происхождения. Существуют препараты грибного происхождения, которые способны створаживать молоко подобно реннину и в то же время являются более дешевыми. Внедрение последних позволит сократить расходы при производстве сыров и увеличить их сортовое разнообразие [1]. Поэтому во многих странах мира ведутся работы по поиску новых продуцентов ферментов молокосвертывающего действия.

На кафедре физиологии растений Донецкого национального университета выявлена высокая молокосвертывающая активность у дереворазрушающего гриба белой гнили *H. laricinus* (Karst.) Ryv., класс *Basidiomycetes*, порядок *Aphyllorphorales*, семейство *Polyporaceae* [2].

За годы работы с этим продуцентом были выявлены оптимальные условия его культивирования: температура, кислотность питательной среды, углеродные и азотные источники питания, минеральный состав питательной среды [3]. Проведены исследования влияния других факторов: возраста мицелия, минеральных добавок, фитогормонов [3–5].

В состав питательных сред часто включают экстракты растений (кукурузный, картофельный, солдово-ростковый, свекловичный), соевую муку и другие вещества, содержащие в своем составе большой набор различных дополнительных факторов роста: аминокислоты, витамины, азотистые основания, микроэлементы, которые способствуют синтезу протеиназ [2]. Литературные данные свидетельствуют о том, что при введении в питательную среду молока и молочной сыворотки наблюдается увеличение биомассы и выхода молокосвертывающего фермента у высших базидиомицетов [6].

Целью наших исследований было определение влияния различных концентраций натурального молока, введенного в питательную среду, на биосинтез протеиназ молокосвертывающего действия и накопление биомассы штаммов ксилотрофа *H. laricinus* (Karst.) Ryv.

Материалы и методы исследований

Объектами наших исследований были штаммы М–81, Р–323, А–032 *H. laricinus* (Karst.) Ryv. – активные продуценты протеиназ молокосвертывающего действия. опыты по изучению влияния молока проводили на средах трех вариантов. Первую – глюкозо-пептонную среду (глюкоза – 10 г/л, пептон – 3 г/л, KH_2PO_4 – 0,6 г/л, K_2HPO_4 – 0,4 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г/л, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г/л, CaCl_2 – 0,01 г/л, дистиллированная вода до 1

литра) использовали в качестве контроля. Для приготовления питательной среды № 2 брали 20 мл молока (2,5% жирности), среды № 3 – 60 мл молока на 1000 мл питательной среды стандартного состава. Молоко добавляли до автоклавирования. Культивирование штаммов *H. laricinus* проводили в колбах емкостью 150 мл, содержащих по 30 мл питательной среды. Кислотность питательных сред доводили до pH=3,5, оптимальной для данных продуцентов.

Грибы культивировали в течение 30 суток в термостате ТС-80 при 32⁰С. МСА культурального фильтрата (КФ), накопление биомассы и pH культуральной жидкости регистрировали каждые пятые сутки. МСА КФ определяли методом Каваи и Мукаи [7]. Полученные данные подвергались статистической обработке, а средние арифметические значения величины сравнивали методом Данетта [8].

Результаты и обсуждение

Анализируя показатели МСА (рис. 1–3) можно сказать, что при культивировании штаммов А–032, Р–323, М–81 на средах с добавлением 2% молока наблюдаются наибольшие значения МСА по сравнению со средой № 1 (контрольной). При культивировании грибов на питательной среде № 3 отмечены показатели МСА близкие к контрольным, но значительно ниже показателей МСА, полученных при использовании среды № 2. Максимальные значения МСА штамма М–81 получены на 20-е сутки роста гриба, что превышает контрольные значения почти в 2 раза. Эти значения являются максимальными и по сравнению с другими исследуемыми штаммами.

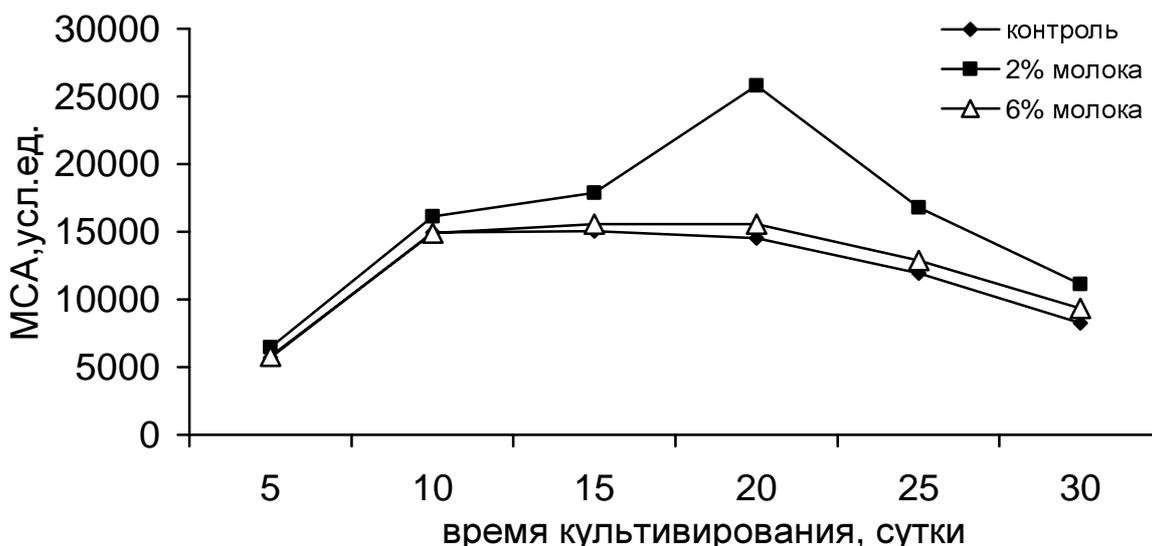


Рис. 1. Влияние молока на молокосвертывающую активность *H. laricinus* штамма М-81

На 15-е сутки культивирования штамма М–81 на среде № 3 отмечена максимальная МСА для этой среды – 15 560,60 ус. ед. На средах № 1 и № 3 отмечено увеличение активности протеиназ до 15 суток, затем ее снижение до 30 суток. При использовании среды № 2 уменьшение МСА наблюдается с 20-х суток культивирования штамма М–81. Минимальные показатели МСА отмечены на контрольной среде в течение всего периода выращивания гриба.

При использовании исследуемых сред для культивирования штамма Р–323 обнаружено, что максимальные значения активности молокосвертывающего фермента штамм дает на среде № 2 на 20-е и 25-е сутки культивирования. Для среды № 1 максимальные показатели МСА отмечены на 15-е сутки культивирования гриба. Рост МСА как на среде № 2, так и на среде № 3 идет до 20-х суток, затем показатели активности протеиназ молокосвертывающего действия уменьшаются. На контрольной среде снижение активности протеиназ наблюдается с 15-х суток. Для всех трех сред характерно отсутствие МСА на 5-е сутки культивирования.

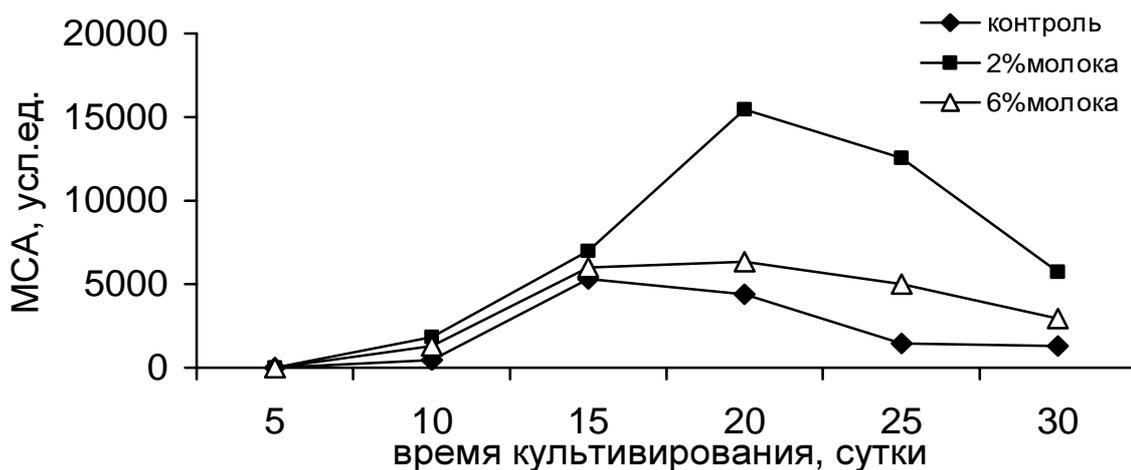


Рис. 2. Влияние молока на молокосвертывающую активность *H. laricinus* штамма P-323

Штамм А-032 наибольшую МСА проявляет на контрольной среде в возрасте 15 суток. Второй пик в динамике МСА отмечен на 25 сутки культивирования данного штамма на этой же среде. При использовании среды № 2 пик молокосвертывающей активности наблюдается на 20 сутки роста, что превышает контрольные значения почти на 40%. Наименьшие показатели активности протеиназ молокосвертывающего действия (545,93 усл. ед.) на этой среде отмечены в 5-суточном возрасте. При культивировании штаммов на других средах в этом возрасте МСА отсутствовала.

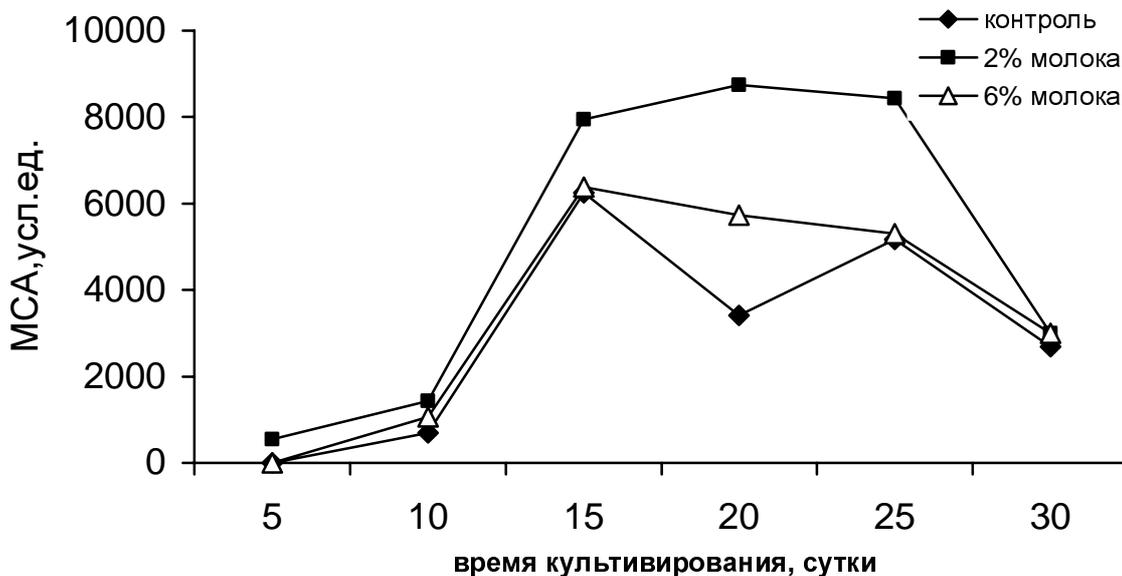


Рис. 3. Влияние молока на молокосвертывающую активность *H. laricinus* штамма А-032

С 25-х суток культивирования МСА на среде № 2 резко снижалась, но также оставалась выше контрольных значений. На питательной среде № 3 максимальные показатели МСА (6384,8 усл. ед.) отмечены на 15-е сутки роста гриба, но достоверность отличий от контроля отсутствовала. При дальнейшем культивировании на этой среде значение МСА постепенно снижается вплоть до 30-х суток.

Добавление молока в питательную среду оказывает положительное влияние на накопление биомассы. При использовании питательной среды № 3 отмечены максимальные значения сухого веса по сравнению с контрольной средой для всех трех штаммов (рис. 4–6).

Для штамма М-81 получены самые большие значения накопления биомассы среди исследуемых штаммов.

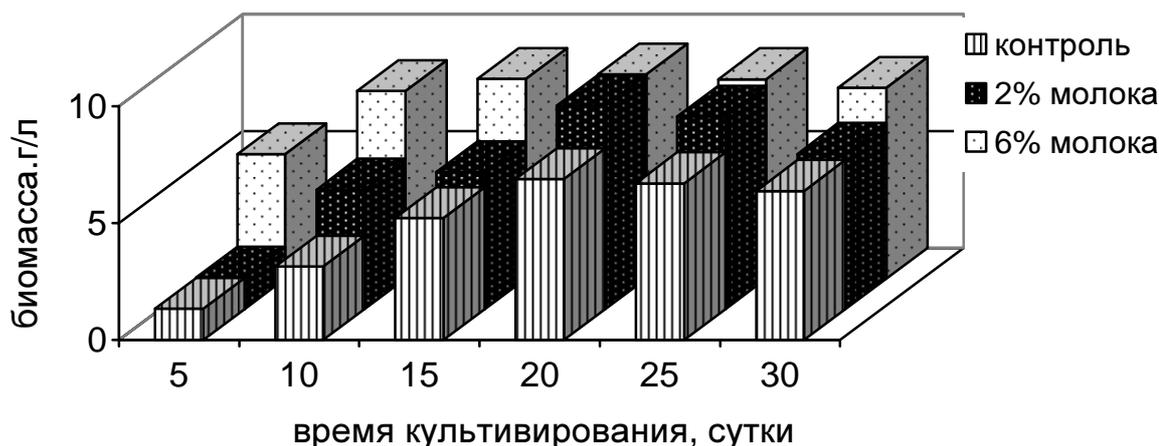


Рис. 4. Накопление биомассы штаммом *H. laricinus* M-81

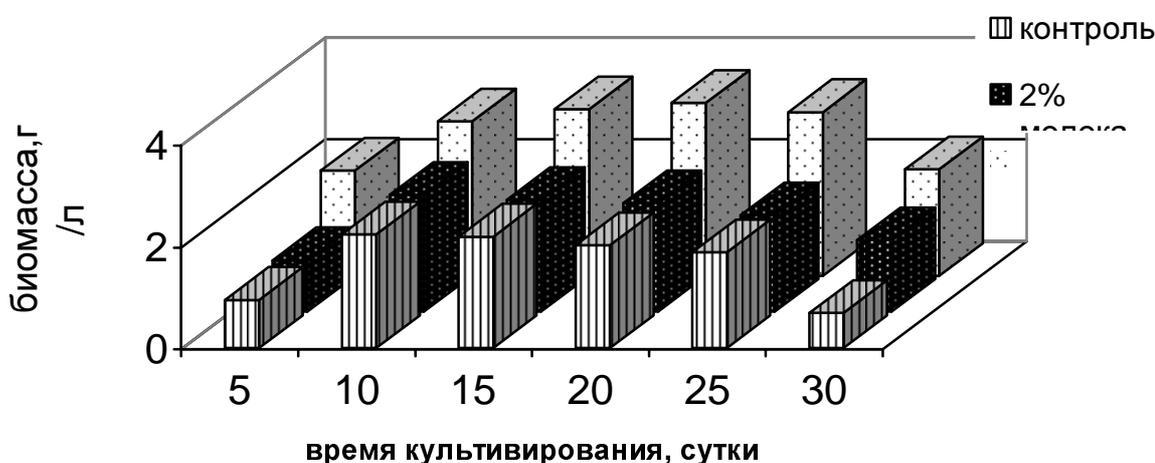


Рис. 5. Накопление биомассы штаммом *H. laricinus* P-323

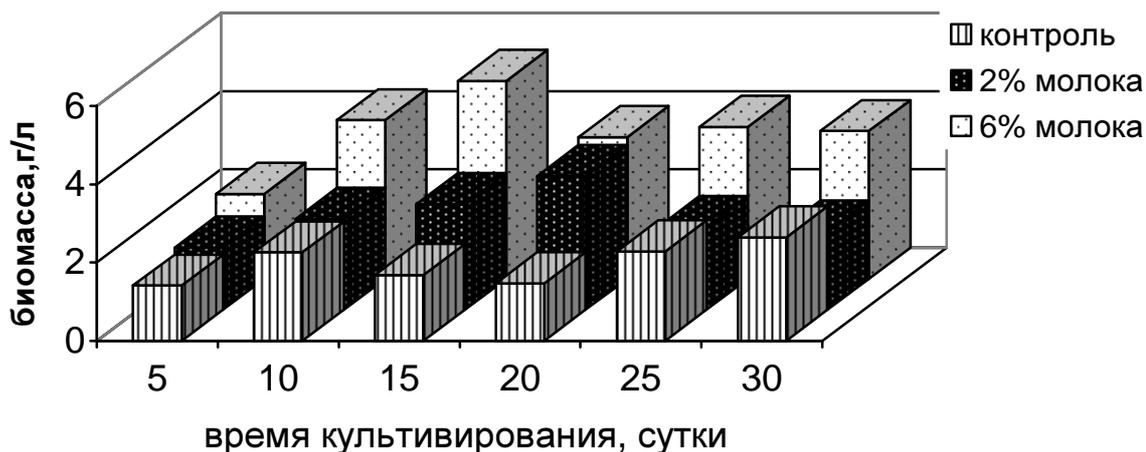


Рис. 6. Накопление биомассы штаммом *H. laricinus* A-032

На среде № 1 прирост биомассы продолжается до 20-х суток, затем постепенно снижается. Снижение биомассы отмечено в период максимального синтеза протеаз. Добавление 2% молока в среду приводит к увеличению сухого веса, но показания практически не отличались от контроля. Разница между показаниями биомассы с контрольной среды и полученными при использовании среды № 3 – достоверна. Уже на 5-е сутки биомасса на среде № 3 превышает показания контроля в 3,9 раз. Накопление веса

мицелия продолжается до 20-х суток культивирования с максимальным значением и затем постепенно снижается. Штамм Р-323 характеризуется самыми низкими показаниями не только МСА, но и накопления биомассы. На контрольной среде увеличение значений сухого веса наблюдается до 10-х суток, после которых отмечается их постепенное снижение до первоначального уровня. Такая же динамика роста мицелия наблюдается и на среде № 2 с максимальным значением на 10-е сутки. Наибольшие показания биомассы данного штамма получены на среде с повышенным содержанием молока. Активный прирост биомассы отмечается до 20-х суток культивирования.

Для штамма А-032 в динамике накопления биомассы наблюдалось два пика. Первый – отмечен на 10-е сутки роста, что совпадает с перегибом на кривой, характеризующей динамику МСА в этот же период роста. На 25-е сутки культивирования штамма отмечено увеличение биомассы вплоть до 30-х суток культивирования. Это самый высокий показатель сухого веса штамма А-032 на среде № 1. Использование среды № 2 приводит к незначительному увеличению показателей биомассы с максимальным значением на 20-е сутки. На 25-е сутки культивирования штамма отмечено увеличение биомассы вплоть до 30-х суток культивирования. Это самый высокий показатель сухого веса штамма А-032 на среде № 1. Использование среды № 2 приводит к незначительному увеличению показателей биомассы с максимальным значением на 20-е сутки.

Введение 6% молока достоверно повышает уровень накопления биомассы в течение всего периода культивирования в 1,4–3 раза. Следует отметить, что интенсивное увеличение показателей массы мицелия на этой среде отмечено до 15-х суток с максимальным значением 5,05 г/л, что превышает контрольные значения в этом возрасте на 68%.

Что касается изменения кислотности культурального фильтрата (КФ) в процессе жизнедеятельности штаммов, то можно отметить снижение значений рН в период увеличения МСА. Максимальная ферментативная активность наблюдалась при более низких значениях рН. Начало увеличения значений рН совпадает со снижением МСА. Увеличение значений рН КФ после 20-х суток культивирования штамма А-032 на среде № 2, штамма М-81 на среде № 3 и штамма Р-323 на среде № 3 совпадает с уменьшением показателей сухого веса.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: добавление молока в концентрациях 2 и 6% стимулирует ростовые процессы и синтез молокосвертывающих ферментов. С целью получения высоких показателей МСА штаммов гриба целесообразно в среду их культивирования вводить 2% молока.

Для увеличения показателей накопления биомассы исследуемыми штаммами в питательную среду необходимо вносить 6% молока. Введение молока в питательную среду приводит к увеличению длительности экспоненциальной фазы роста всех трех штаммов. Таким образом, изменяя количество молока в среде можно достичь ускорения процессов роста продуцента и синтеза молокосвертывающих ферментов, а так же регулировать скорость этих процессов в зависимости от целей производства.

Список литературы

1. Денисова Н.П. Протеолитическая активность культур высших грибов // Микол. и фитопатол. – 1982. – 16, № 5. – С. 458-466.
2. Патент Украины № 6228 с 12 № 9/58, с 12 № 15/00 / (с 12 т 9/58, с 12 г1645). Штамм *Hirschioporus laricinus* М-81 (Karst.) Ryv. – продуцент молокосвертывающего ферменту / М.И. Бойко, С.Ф. Негруцкий, Т.В. Мірошніченко, М.О. Соболев, Ю.С. Варенко. – Оpubл. 29.12.1994. Бюл. № 8-1.
3. Бойко М.И. Характер зависимости молокосвертывающей активности и других физиологических процессов *H. laricinus* (Karst.) Ryv. от рН среды // Мат. межд. конф. "Проблемы микробиологии и биотехнологии". – Минск, 1998. – С. 16-17.

4. *Никитина О.А., Бойко М.И.* Влияние биологических добавок на активность протеиназ молокосвертывающего действия и рост *H. laricinus* // Зб. наук. праць Луганського держ. агр. ун-ту / Ред. В.Г. Ткаченко. – Луганськ: ЛДАО, 2001. – № 9 (21). – С. 124-128.
5. *Никитина О.А., Бойко М.И., Озерова Л.В.* Некоторые физиолого-биохимические характеристики *Hirshioporus laricinus* (Karst.) Ryv. под влиянием фитогормонов // Успехи медицинской микологии. – Т. 1. – М.: Нац. акад. микологии. – 2003. – С. 288-289.
6. *Капич А.Н., Стахеев И.В., Бабицкая В.Г.* Глубинное культивирование дереворазрушающих базидиальных грибов на молочной сыворотке // Микол. и фитопатол. – 1984. – 18, № 6. – С. 478-483.
7. *Kawai M., Mukai N.* Studies on milk clotting enzymes produced by Basidiomycetes. 1. Screening test of Basidiomycetes for the production of milk clotting enzymes // Agric. Biol. Chem. – 1970. – 34, № 2. – P. 159-163.
8. *Приседський Ю.Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.

Васильєва О.В., Нікітіна О.О., Бойко М.І. Використання різних концентрацій молока для підвищення штамів *Hirshioporus laricinus* (Karst.) Ryv. – Вивчали вплив різних концентрацій натурального молока на біосинтез протеїназ молокозсідальної дії та накопичення біомаси штамів *H. laricinus*. Додавання молока у концентраціях 2 і 6 % стимулює синтез молокозгортаючих ферментів. Для підвищення показників накопичення біомаси доцільно у середовище додавати 6 % молока. Змінюючи кількість молока у середовищі можна регулювати швидкість процесів росту продуцента та синтезу молокозгортаючих ферментів.

Ключові слова: протеази, молокозсідальна активність, культуральний фільтрат, молоко, біомаса.

Vasilyeva O.V., Nikitina O.A., Boyko M.I. Using different concentration of milk for promotion milk-clotting activiti by strains *Hirshioporus laricinus* (Rarst.) Ryv. – The influence of different concentration of naturally milk on biosynthesis proteases with milk-clotting activity and accumulation of bioweight by some strains of saprotrophic wood – attacking fundus *H. laricinus* (Karst.) Ryv. was investigated. The positive influence 2 and 6 % of milk on milk – clotting activity of cultural filtrate is marked. Maximal of accumulation of bioweight strains *H.laricinus* (Karst.) Ryv. ahieve on environment with 6 % of milk. By changing number of milk in medium can regulate speed process grow and synthes enzymes with milk-clotting activity.

Key words: protease, milk-clotting activity, cultural filtrate, milk, bioweight.

Г.Е. Васьков

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЦВЕТЕНИЯ С ИЗМЕНЕНИЕМ КОНЦЕНТРАЦИИ
КЛЕТОЧНОГО СОКА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS L.*)***Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Васьков Г.Е. Взаимосвязь цветения с изменением концентрации клеточного сока сахарной свеклы (*Beta vulgaris L.*). – Обнаружено значительное повышение концентрации клеточного сока (ККС) у сахарной свеклы (*Beta vulgaris L.*), прошедшей стадию яровизации, в период образования цветков. Автор статьи предполагает, что повышение ККС в клетках растения является одной из причин, индуцирующей его цветения.

Ключевые слова: *Beta vulgaris L.*, яровизация, концентрация клеточного сока, цветение.

Введение

Сахарная свекла (*Beta vulgaris L.*) двухлетнее растение. На плантациях сахарной свеклы почти ежегодно у некоторой части растений наблюдается появление цветочных побегов в первый год жизни. Это явление обычно проявляется с наибольшей силой в северных районах, в годы с прохладными веснами и при чрезмерно ранних посевах [10]. Яровизацию каждый вид и сорт двухлетних растений проходит при определенной температуре. Показано [12], что корнеплоды столовой свеклы, хранившиеся при 4°C все выбрасывали стрелки; при 13°C – 61 %, а при 15°C – совсем не образовывали стрелок. Яровизация при температуре ниже 0°C и сухом воздухе в хранилище (относительная влажность менее 85%) задерживают выбрасывание цветочных стрелок. В корнеплодах свеклы дифференциация конуса нарастания начинается лишь после яровизации [12].

В прямом значении яровизация обозначает индукцию или стимуляцию цветения при воздействии пониженных температур. Однако, до настоящего времени неизвестно, что задерживает генеративное развитие и зацветание озимых форм и двухлетников в отсутствие пониженных яровизирующих температур и какие метаболиты, возникающие при этом, придают им способность реагировать на изменение длины дня. Внутренняя природа процессов яровизации остается загадкой и является предметом многочисленных исследований [11]. Органами восприятия воздействия пониженных температур являются стеблевые почки и в них локализуется сам процесс яровизации [11]. Существует ряд теорий, объясняющих явление цветения растений. Первые исследования этого явления проведены М.Х. Чайлахяном, которые дали возможность выдвинуть представление о том, что зацветание растений связано с образованием в листьях веществ гормональной природы [11]. Затем появилась теория, которая говорила о том, что при неблагоприятных для цветения условиях образуются один или несколько ингибиторов цветения. В результате индукции цветения концентрация этих ингибиторов падает ниже порогового уровня [1, 2]. Согласно данным [6] у растений в неиндуктивных фотопериодических условиях могут способствовать цветению олигосахарины. Выдвинута также теория многофакторной регуляции цветения [3]. Украинский ученый И.А. Коломиец [4], исследуя преодоление периодичности плодоношения яблони, установил, что при концентрации клеточного сока в меристемных клетках 0,35–0,45 моль/л происходил активный рост ветвей. С повышением концентрации до 0,55 моль/л рост ветвей прекращался и формировались вегетативные почки. При более высокой концентрации питательных веществ в конусах нарастания (0,6–0,7 моль/л) и наличии других необходимых факторов клетки почек роста переходят от вегетативного к генеративному развитию, в результате чего образуются цветочные почки.

Вопрос о природе морфогена (флоригена) и индукции цветения, как указывает Н.Н. Мусиенко [7], остается интригующей тайной до настоящего времени.

Задачей нашей работы являлось изучение изменения концентрации клеточного сока в апексах вегетирующей и цветущей сахарной свеклы и определение взаимосвязи между ККС и цветением.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования являлись растения сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) на разных этапах развития, произрастающие на опытном участке в г. Торезе Донецкой области. Концентрацию клеточного сока определяли методом плазмолиза [9] и выражали в единицах моляльности моль/кг растворителя [8]. Два соседних раствора хлорида натрия отличались между собой на 0,02 ед. моляльности. Определяли нижний порог концентрации клеточного сока при котором начинается плазмолиз, примерно у 10% клеток верхушки стебля вблизи апекса. Концентрация раствора, при которой наступал плазмолиз почти у всех клеток была, как правило, на 0,2 моль/кг выше. Для этого, приготовленные с верхушки стебля срезы помещали сначала в растворы хлорида натрия с концентрациями от 0,1 до 1,0 моль/кг с интервалом 0,1 ед. моль/кг. Затем срезы с этих же растений помещали в растворы хлорида натрия, отличающиеся не более 0,1 моль/кг от полученной концентрации, вызвавшей плазмолиз, с интервалом 0,02 ед. моль/кг. Микроскопирование осуществляли на МБИ. Увеличение микроскопа 300 раз. Повторность опыта пятикратная.

Полученные цифровые данные подвергались статистической обработке с использованием критерия Стьюдента [5].

Результаты и обсуждение

Концентрацию клеточного сока у растений сахарной свеклы определяли в ходе их роста и развития. Первое определение концентрации клеточного сока (ККС) проведено 19.06.2003 г. В это время растения сахарной свеклы имели один – два листочка над семядолями. Семена высаживали в середине мая. Растения не цвели. Концентрацию клеточного сока определяли у срезов, подготовленных из тканей, лежащих под семядолями. Концентрация клеточного сока составила 0,102 моль/кг раствора.

Второе определение ККС проведено 11.08.2003 г. Растения свеклы имели 3–5 настоящих листа без корнеплодов или с очень тонкими корнеплодами в диаметре до 5 мм. Срезы, приготовленные из тканей, лежащих у основания черешков наиболее молодых листьев. Концентрация клеточного сока составила 0,118 моль/кг (табл. 1). Обнаружено достоверное возрастание концентрации клеточного сока у этих растений по сравнению с определением в июне.

Следующее определение концентрации клеточного сока проведено 2.10.2003 г. у растений без цветоносов, имеющих диаметр корнеплодов от 4 до 8 см. Концентрация клеточного сока находилась на уровне предыдущего определения, но достоверно выше, чем концентрация сока у растений первого определения.

У цветущих растений свеклы, прошедших яровизацию весной, определение (16.07.2003 г.) показало значительное возрастание величины ККС по сравнению с вегетирующими растениями (см. табл. 1).

В следующем варианте опыта семена свеклы высажены в середине мая 2003 года. Определение ККС проведено 2.10.2003 г. у растений с цветками на цветоносах высотой до 40 см, прошедших яровизацию в начале сентября во время ночного понижения температуры до 0°C в течение нескольких суток. Концентрация клеточного сока у апексов на верхушках цветоносов составила 0,414 моль/кг.

В 2004 году сахарная свекла на опытном участке возшла самосевом. Часть растений получено из семян, посеянных в начале апреля 2004 г. Определение ККС проведено 01.06.2004 г на растениях с одним-двумя листочками над семядолями. Растения не цвели. Срезы готовили из тканей, лежащих под семядолями (см. табл. 1).

Следующее определение проведено 15.07.2004 г. у не цветущих растений свеклы с 3-4 настоящими листочками. Диаметр растений у верхней части корневой системы составлял около 5 мм. Срезы тканей брали у основания черешка самого молодого листа. Концентрация клеточного сока составила 0,106 моль/кг и была несколько выше предыдущего определения. Однако, разница между ними оказалась недостоверной.

**Характер изменения концентрации клеточного сока у растений сахарной свеклы
в онтогенезе**

Варианты опыта	Концентрация клеточного сока, моль/кг	Вычисленный коэффициент достоверности t_d	Критерий Стьюдента t_{st}
19.06.2003 г. Растения с одним-двумя листочками	0,102 ± 0,005	2,31	2,30
11.08.2003 г. Растения с 3 – 5 листочками	0,118 ± 0,005		
2,10.2003 г. Растение без цветоносов	0,126 ± 0,007	0,91	2,30
16.07.2003 г. Растение-самосев, прошедшее яровизацию ранней весной	0,386 ± 0,013	17,8	2,30
2.10.2003 г. Растение с цветками	0,414 ± 0,007	1,75	2,30
1.06.2004 г. Растения с одним-двумя листочками	0,094 ± 0,007	1,50	2,30
15.07.2004 г. Растения с 3-4 настоящими листьями	0,106 ± 0,004		
31.08.2004 г. Растения без цветков	0,122 ± 0,007	2,28	2,30
25.07.2004 г. Растения с цветоносами	0,406 ± 0,008	2,84	2,30

Определения ККС, проведенные в конце августа 2004 года, на растениях без цветков, имеющих корнеплоды диаметром от 5 до 8 см, показали некоторое ее возрастание по сравнению с предыдущим определением. Как оказалось, это возрастание концентрации клеточного сока не было достоверным (см. табл. 1). Проведенные в июле 2004 г. исследования ККС на цветущих растениях свеклы, имеющих цветоносы высотой до 45 см, показали существенное увеличение этого показателя у них. Величина ККС у цветущих растений была достоверно выше, чем у растений вегетирующих (см. табл. 1).

Выводы

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что у вегетирующих растений свеклы, не прошедших яровизацию, повышение концентрации клеточного сока осуществляется постепенно, что, возможно, связано с активной работой аттрагирующих центров и наличием ингибиторов, препятствующих цветению *B. vulgaris*. Яровизация сахарной свеклы проходит при пониженных температурах. После яровизации, не исключено, происходит снижение синтеза и активности ингибиторов, связанных с цветением свеклы. В результате увеличивается синтез органических веществ различной химической природы и это благоприятствует цветению растений.

Список литературы

1. Бернье Ж., Купе Ж. М., Сакс Р. Физиология цветения. Том 1. Факторы цветения. – М.: Агропромиздат, 1985. – 192 с.
2. Бернье Ж., Купе Ж. М., Сакс Р. Физиология цветения. Том 2. Переход к репродуктивному развитию. – М.: Агропромиздат, 1985. – 318 с.
3. Бернье Ж., Корбезье Л., Пернье К. Процесс цветения: поиск регуляторных факторов у *Sinapis alba* // Физиология растений. – 2002. – Т. 49, № 4. – С. 500-506.
4. Коломиец И.А. Преодоление периодичности плодоношения яблони. – К.: Урожай, 1976. – 240 с.

5. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 351 с.
6. *Миляева Э.Л., Никифорова В. Ю., Сидоркина К.В.* Олигосахарины в регуляции цветения растений // Тез. докл. IV съезда общества физиологов растений России "Физиология растений – наука 3-го тысячелетия" (г. Москва, 4–9 октября 1999 г.). – М., 1999. – Т. 2. – С. 636.
7. *Мусієнко М.М.* Фізіологія рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 391 с.
8. *Неницеску К.Д.* Общая химия. – М.: Мир, 1968. – 816 с.
9. *Практикум по физиологии растений / Плотникова И.В., Живухина Е.А., Михалевская О.Б., Гуленкова М.А., Корнилова Г.А., Жиленкова О.Г. / Под ред. В.Б. Иванова.* – М.: Академия, 2001. – 144 с.
10. *Растениеводство / Под ред. В.С. Долмачева.* – М.: Академия, 1999. – 368 с.
11. *Чайлахян М.Х.* Регуляция цветения высших растений. – М.: Наука, 1988. – 566 с.
12. *Чорний І.Б.* Спокій у рослин. – К.: Урожай, 1980. – 72 с.

Васьков Г.Є. Взаємозв'язок цвітіння із зміною концентрації клітинного соку цукрового буряку (*Beta vulgaris* L.). – Виявлено значне підвищення концентрації клітинного соку (ККС) у цукрового буряку, який пройшов яровизацію, в період утворення квіток. Автор статті припускає, що збільшення ККС є однією з причин, яка зумовлює цвітіння рослин.

Ключові слова: цукровий буряк, яровизація, концентрація клітинного соку, цвітіння.

Vaskov G.E. The correlation of concentration of the cellular sap and the beet's flowering (*Beta vulgaris* L.). – The article's author discover that the concentration of the cellular sap (CCS) is considerably raised bi flowering of the beet, wich disregards vernalization owing to the low temperature. This change CCS is the reason of the plant's flowering.

Key words: *Beta vulgaris*, the concentration of the cellular sap, flowering, antesin, vernalization.

Е.В. Ветрова

**О ПЕРСПЕКТИВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗИДИОМИЦЕТА
DAEDALEA GIBBOSA PERS. В БОРЬБЕ С КОРНЕВОЙ ГУБКЕЙ***Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Ветрова Е.В. О перспективе использования базидиомицета *Daedalea gibbosa* Pers. в борьбе с корневой губкой. – Показана перспективность применения базидиомицета *Daedalea gibbosa* Pers. в качестве антагониста корневой губки и его использования в комбинированном действии грибов-антагонистов.

Ключевые слова: трутовик горбатый, антагонист, скорость роста, штаммы, комбинированное использование, вешенка, опенок.

Введение

В современной микологии возросло внимание к изучению грибов-ксилотрофов. Это объясняется их большой ролью в биогеоценозах, экологических аспектах [2, 3, 11]. Фитопатологи и микологи широко применяют их в предпринимательской деятельности. Как показывает практика, в борьбе с патогеном хвойных пород *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. наиболее эффективным на сегодняшний день остается биологический метод. Наибольшее распространение получило использование грибов-ксилотрофов, проявляющих антагонистические свойства по отношению к корневой губке [1, 4, 6, 7, 10].

Материал и методы исследований

В целях поиска новых эффективных антагонистов *H. annosum* и приемов борьбы с этим опасным патогеном нами исследовался гриб трутовик горбатый *Daedalea gibbosa* Pers., найденный в смешанном лесу с. Дроновки Донецкой области на пне сосны обыкновенной (изолят D.g.-1.03). Методом противокультур [9] исследовалась его антагонистическая активность к трем штаммам *H. annosum* (НА-4.96, НА-5.96 и ЦНИЛГ). Штаммы НА-4.96 и НА-5.96 найдены в сосняках Краснолиманского лесхозага Донецкой области, а штамм ЦНИЛГ – в сосновых насаждениях Воронежской области.

Для сравнения параллельно исследовали антагонистическую активность уже известных грибов-антагонистов корневой губки *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. и *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing., выделенных из разных участков плодовых тел: изолятов Р.о.-н и Р.о.-ш (из ножки и шляпки соответственно) вешенки обыкновенной и F.v.-н, F.v.-ш опенка зимнего [5]. Изучали также изменения антагонистической активности исследуемых грибов при их комбинированном культивировании с корневой губкой и перспективу применения трутовика горбатого в совместном использовании с грибами-антагонистами.

Трутовик горбатый относится к группе порядков гименомицеты, порядку афиллофоровые, семейству трутовые; имеет однолетние плодовые тела полукруглой плоской формы с бугорком по середине. Шляпка диаметром 3-15 см вначале с тупым, затем острым краем с узкой стерильной зоной. Ткань белая, пробковидная. Гименофор в виде линейных ходов, белый.

Базидиоспоры бесцветные, цилиндрические, слабо сдавленные с одной стороны, размером 4-5 x 2-2,5 мкм.

Развивается *Daedalea gibbosa* на пнях, валеже, срубленной древесине березы, вяза, граба, бука, клена и др. Вызывает белую однородную, заболонно-ядровую гниль [12].

Культуры грибов выращивали на сусло-агаровой среде при температуре 24°C в термостате. Измерения скорости линейного роста проводили на 2, 4, 6, 8 и 10 сутки культивирования. Опыты проводили в трехкратной повторности. Цифровые данные подвергались однофакторному дисперсионному анализу [8].

Результаты и обсуждение

Культуры грибов значительно различались по скорости роста. Из штаммов *H. annosum* наибольшей скоростью роста отличался штамм НА-4.96, (6 мм/сутки), наименьшей – штамм

ЦНИЛГ (3 мм/сутки). Из грибов-антагонистов трутовик горбатый превосходил все остальные по этому показателю (12,7 мм/сутки), а самым медленно растущим оказался изолят F.v.-ш (6 мм/сутки) опенка зимнего.

Как показали исследования, культуры грибов значительно различались и по антагонистической активности к корневой губке. При этом проявлялась штаммовая специфичность патогена. Так, штамм НА-4.96 *H. annosum* на восьмые сутки опыта по сравнению с контролем замедляет свой рост под действием культур Р.о.-н и F.v.-ш в 30 раз; F.v.-н и D.g.-1.03 в 10 раз; Р.о.-ш – в 7,3 раза. Таким образом, наиболее сильными антагонистами оказались культуры вешенки обыкновенной, выделенной из ножки и опенка зимнего, выделенной из шляпки плодовых тел грибов. Скорость роста самих антагонистов снижается в 4,5 и 6 раз соответственно. При дальнейшем культивировании противокультур вешенка полностью зарастает корневую губку веерообразными тяжами мицелия. Культура трутовика горбатого в наименьшей степени замедляет свой рост (в 2,7 раза) в варианте с корневой губкой (рис.1, а).

Штамм НА-5.96 *H. annosum* в наибольшей степени тормозит свой рост (в 20 раз) под действием изолята F.v.-ш опенка зимнего и трутовика горбатого (рис.1, б). При этом скорость роста самих антагонистов падала соответственно в 1,7 и 3,1 раз. Наблюдается нарастание мицелиев грибов-антагонистов на корневую губку. Культура вешенки Р.о.-ш тормозила рост корневой губки в 10 раз; культура Р.о.-н – в 7 раз, а F.v.-н опенка зимнего – в 6,2 раза по сравнению с контролем.

Для штамма ЦНИЛГ *H. annosum* наиболее сильным антагонистом оказалась культура Р.о.-н вешенки обыкновенной, которая тормозила его рост в 7,5 раза. Трутовик горбатый уступал вешенке по этому показателю, снижая скорость роста корневой губки в 3,3 раза (рис.1, в). Остальные грибы проявили более низкую антагонистическую активность: изоляты Р.о.-ш и F.v.-н снижали скорость роста патогена в 3 раза, а F.v.-ш – в 2,4 раза.

Таким образом, весьма перспективными антагонистами для корневой губки являются изоляты Р.о.-н *P. ostreatus*, F.v.-ш *F. velutipes* и D.g.-1.03 *D. gibbosa*.

С целью подбора пар грибов-антагонистов для комбинированного использования в борьбе с корневой губкой предварительно проверялось наличие или отсутствие антагонизма между ними. В опытах использовались вышеупомянутые культуры ксилотрофов, а также достаточно хорошо изученный штамм Д-1.85 эффективного антагониста корневой губки пениофоры гигантской *P. gigantea* [6, 7].

Опыты показали, что выявленные ранее сильные антагонистические свойства культур Р.о.-н *P. ostreatus* и F.v.-ш *F. velutipes* к корневой губке проявились и в отношении грибов-ксилотрофов. Уже на 4 сутки попарного культивирования наблюдается снижение скорости роста трутовика горбатого в 2 и 2,3 раза соответственно под действием этих изолятов. С культурами Д-1.85 пениофоры гигантской, Р.о.-ш вешенки обыкновенной и F.v.-н опенка зимнего у трутовика горбатого антагонистических взаимоотношений не выявлено: рост грибов в противокультурах плавно снижался без достоверных различий.

Таким образом, сильные антагонистические свойства изолятов Р.о.-н *P. ostreatus* и F.v.-ш *F. velutipes* не позволяют использовать их в комбинировании с D.g.-1.03 для борьбы с *H. annosum*. Поэтому в дальнейших исследованиях эти культуры не использовались.

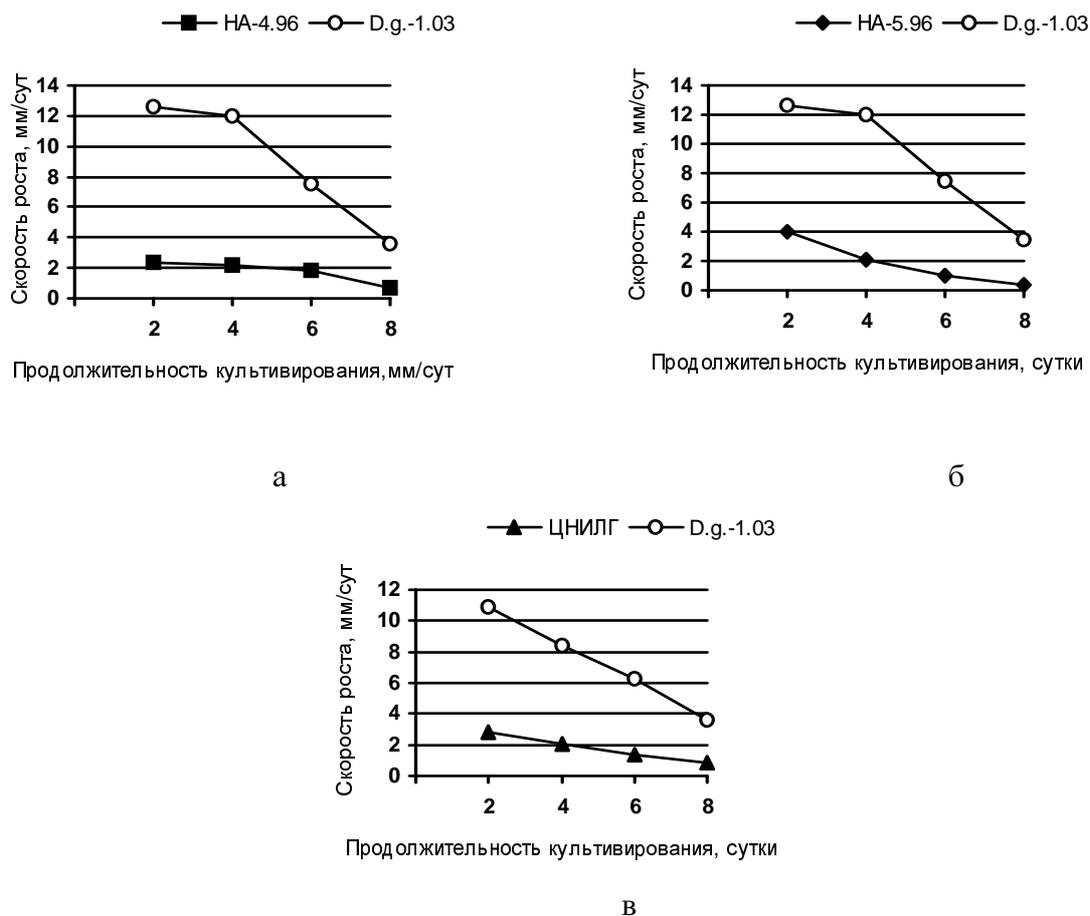
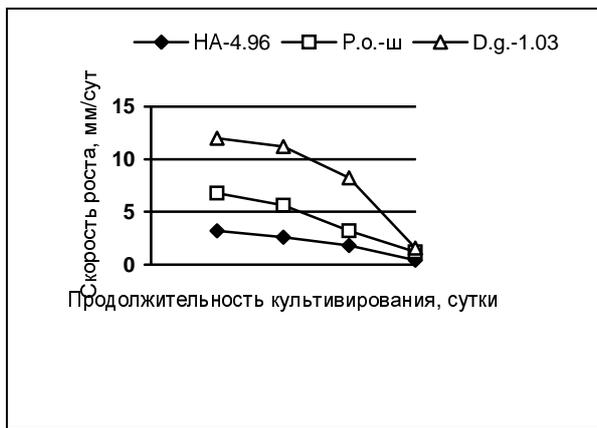


Рис.1. Скорость роста противокультур штаммов HA-4.96(а), HA-5.96 (б) и ЦНИЛГ (в) *H. annosum* с изолятом D.g. -1.03 трутовика горбатого

При комбинированном культивировании штаммов *H. annosum* с двумя грибами-антагонистами наблюдались изменения показателей скорости линейного роста на протяжении всего опыта. В большинстве случаев наблюдался положительный эффект применения одновременно двух антагонистов против корневой губки. Так, если рост штамма HA-4.96 *H. annosum* под действием изолята Р.о.-ш снижался в 7,5 раза; под действием D.g.-1.03 трутовика горбатого в 8,6 раза, то под влиянием двух этих антагонистов одновременно (при комбинированном культивировании) рост корневой губки тормозился в 15 раз по сравнению с контролем (рис. 2, а; рис. 3).

Штамм HA-5.96 корневой губки при совместном культивировании с изолятами Р.о.-ш и D.g.-1.03 на восьмые сутки культивирования тормозит свой рост в 15 раз, тогда как под влиянием одной вешенки – в 10 раз, а под влиянием одного трутовика горбатого – в 12 раз (рис. 2, б). На восьмые сутки культивирования рост корневой губки практически прекращался.

В некоторых вариантах опыта достоверных различий между комбинированным (совместным) и одиночным действием грибов-антагонистов на корневую губку не наблюдается. Так, штамм ЦНИЛГ под действием культур F.v.-н опенка зимнего и D.g.-1.03 трутовика горбатого снижал скорость роста в 3,3 раза, как и в вариантах с противокультурами (в 3 и 3,3 раза соответственно).



а



б

Рис. 2. Скорость роста противокультур штаммов НА-4.96 (а) и НА-5.96 (б) *H. annosum* с изолятом D.g. -1.03 трутовика горбатого и P.o.-ш *P. ostreatus*

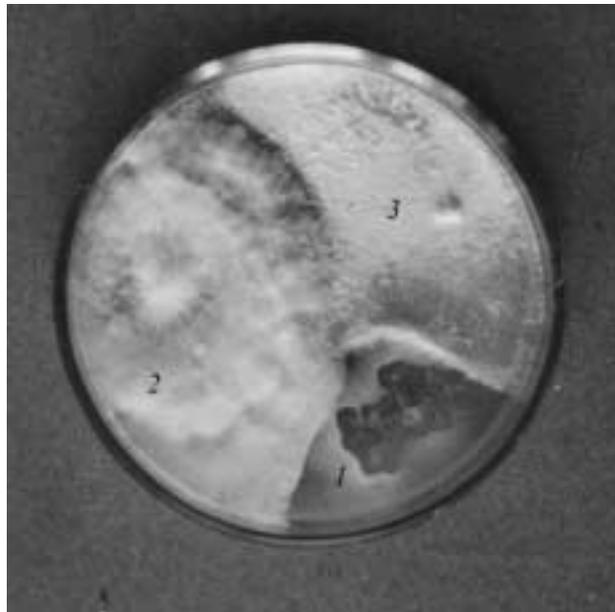


Рис. 3. Комбинированное использование изолятов P.o.-ш (2) и D.g.-1.03 (3) против штамма НА-4.96 (1) *H. annosum*.

Выводы

Таким образом, исследованный нами новый гриб *Daedalea gibbosa* Pers., является перспективным грибом-антагонистом в борьбе с корневой губкой. При выборе антагониста следует учитывать штаммовую специфичность патогена. Наибольший эффект в борьбе со штаммом ЦНИЛГ *H. annosum* следует ожидать от применения культур грибов-антагонистов P.o.-н вешенки обыкновенной. Для штамма НА-4.96 *H. annosum* наиболее эффективным антагонистом являются культуры P.o.-н вешенки обыкновенной и F.v.-ш опенка зимнего; а для штамма НА-5.96 - F.v.-ш опенка зимнего и D.g.-1.03 трутовика горбатого.

Против штаммов НА-4.95 и НА-5.96 корневой губки, относящихся к одной популяции (Донецкая область, Краснолиманский лесхоззаг), следует ожидать высокий эффект от комбинированного использования изолятов D.g.-1.03 трутовика горбатого и P.o.-ш вешенки обыкновенной. В связи с сильными антагонистическими свойствами изолята вешенки, выделенной из ножки плодового тела (P.o.-н) и изолята опенка, выделенного из шляпки (F.v.-ш) к другим грибам-антагонистам корневой губки, применять их совместно с ними не рекомендуется.

Список литературы

1. Алексеев И.А. Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой. – М., 1976. – 230 с.
2. Белова Н.В., Псурцева Н.В., Мнухина А.Я., Алехина И.А. Современные направления экспериментального исследования базидиомицетов // Микол. и фитопатол. – 1997. – № 34, вып. 6. – С. 94-95.
3. Билай В.И., Дудка И.А. Микология // Развитие биологии на Украине: в 3-х т. / Под ред. К.М. Сытника. – К.: Наук. думка, 1989. – Т. 2. – С. 49-61.
4. Василюскас А.П. Экология и биология корневой губки и факторы, ограничивающие ее патогенность в хвойных насаждениях: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Тарту, 1982. – 24 с.
5. Запорожченко Е.В. Антагонистическая и ферментативная активность культур *Pleurotus ostreatus* и *Flammulina velutipes* // Зб. наук. праць ЛНАУ. Сер. "Біол. науки". – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2003. – С.19-22.
6. Демченко С.И. Влияние экзо- и эндометаболитов штаммов *Peniophora gigantea* (Fr.) Mass. на рост фитопатогенного гриба *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Зб. наук. праць ЛНАУ. Сер. "Біол. науки". – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2001. – С. 78-83.
7. Демченко С.И. Антагонистическая активность моноартроконициальных культур *Peniophora gigantea* (Fr.) Mass. // Тез. міжнар. конф. "Проблеми сучасної екології". – Запоріжжя, 2002. – С. 43.
8. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
9. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. – Л., 1967. – 276 с.
10. Сухомлин М.Н. Антагонистическая активность высших базидиомицетов // Тез. докл. междунар. конф. "Проблемы биологии и биотехнологии". – Минск, 1998. – С. 133-134.
11. Сычев П.А. Экофизиология высших грибов. – Донецк: Кассіопея, 2000. – 276 с.
12. Цилюрник А.В., Шевченко С.В. Грибы лесных биоценозов. Атлас. – К.: Вища шк., 1989. – 252 с.

Ветрова О.В. Про перспективи використання базидіоміцета *Daedalea gibbosa* Pers. у боротьбі з кореневою губкою. – Показана перспективність застосування базидіоміцета *Daedalea gibbosa* Pers. як антагоніста кореневої губки та можливість його використання в комбінації з іншими грибами-антагоністами.

Ключові слова: трутовик горбатий, антагоніст, швидкість росту, штами, комбіноване використання, глива, опеньок.

Vetrova E.V. About prospect of using Basidiomycete *Daedalea gibbosa* Pers. as an antagonist in a struggle against of the *Heterobasidion annosum*. – The Basidiomycete *Daedalea gibbosa* Pers. may be used as antagonist of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and may be used in combination with other antagonistic fungi.

Key words: *D. gibbosa*, antagonist, speed of growth, strains, combined utilization, *P. ostreatus*, *F. velutipes*.

І.А. Кузнецова, А.В. Клименко, М.І. Бойко
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА СИНТЕЗ ПРОТЕЇНАЗ МОЛОКОЗСІДАЛЬНОЇ ДІЇ ТА
ДЕЯКІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КУЛЬТУР Р-04 ТА Ч-03
ГРИБА *IRPEX LACTEUS*

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46

Кузнецова І.А., Клименко А.В., Бойко М.І. Вплив температурного фактора на синтез протеїназ молокозсідальної дії грибом *Irpex lacteus* Р-04 та Ч-03. – У статті наводяться результати досліджень впливу температур на біосинтетичну активність гриба *Irpex lacteus* Р-04 та Ч-03. Результати показали, що в даного гриба найбільш чутливим показником до зміни температур виявилася молокозсідальна активність, яка варіювала за різних температур і відрізнялась у різних ізолятів.

Ключові слова: температура, ксилотрофи, протеїнази, молокозсідальна активність, біомаса.

Вступ

Температура є одним із факторів зовнішнього середовища, який регулює життєдіяльність ксилотрофних грибів. У різних дереворуйнівних базидіоміцетів як підвищення, так і зниження температури може викликати сповільнення реакцій обміну в клітині, що спричиняє сповільнення їх росту та розвитку, а в окремих випадках – загибель. Тоді як за оптимальної температури у різних грибів здійснюється гармонійне поєднання обмінних процесів, що зумовлюють активний ріст та розвиток грибного організму [1].

Як відомо основними агентами реакцій обміну є ферменти, тому встановлення температурного режиму в точці оптимуму відновлює рівновагу в процесах життєдіяльності гриба. Таким чином, варіювання температурних умов у певних межах дозволяє штучно активізувати дію одних ферментів та інгібувати інші [2].

Метою нашої роботи було дослідження впливу різних температур на синтез молокозсідальних протеїназ культур Р-04 та Ч-03 гриба *I. lacteus*. Ці ензими у більшості випадків є заміниками тваринного реніну, який широко застосовується у сироварінні. Однак спосіб одержання грибного аналога є більш економічний, ніж тваринного, що вказує на перспективу проведення таких досліджень. В окремих випадках молокозсідальний фермент грибного походження може бути активнішим за тваринний [3, 4].

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктами дослідження були ізоляти Р-04 та Ч-03 гриба *I. lacteus* Fr.Elench. Fung., 1828, виділені з порід горобини та черешні відповідно.

Виділення чистих культур грибів здійснювали у відповідності із загально прийнятими методиками [5] на глюкозо-картопляному агарі. Чисті культури пересівали на рідке глюкозо-пептоне середовище наступного складу (г/л): глюкоза – 10, пептон – 3, KH_2PO_4 – 0,4, K_2HPO_4 – 0,6, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,001, CaCl_2 – 0,05, H_2O – до 1 л.

Приготовлене живильне середовище розливали в конічні колби Ерлмейєра на 250 мл і стерилізували в автоклаві АГ-1 при 1 атм протягом 40 хвилин. Простеризоване середовище інакулювали шматочками міцелію, розмірами 1×1 см, культур Р-04 та Ч-03 гриба *I. lacteus*. Заінакульовані колби поміщали в термостати ТС-80М із температурою 24, 28, 30, 32, 35, 40°C. У процесі росту культур у пробах культурального фільтрату (КФ) ізолятів Р-04 та Ч-03 *I. lacteus* на 5, 10, 15, 20, 25 добу росту визначали молокозсідальну активність (МЗА) за методом Каваї та Мукаї [6], накопичення біомаси ваговим методом, рН КФ на рН-метрі 340, вміст білку спектрофотометричним методом на СФ-26 [7] і глюкози методом Бертрану [8].

Досліди проводились у трикратній повторності. Одержані числові данні підлягали статистичній обробці за двофакторним дисперсійним аналізом, порівняння середніх арифметичних величин за методом Дункана [9].

Результати та обговорення

Результати проведених дослідів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Вплив температури на активність молокозсідальних протеїназ та інші фізіолого-біохімічні показники культур Р-04 та Ч-03 гриба *I. lacteus*

Вік, доба	t° С	Культури гриба	Біомаса, г/л	pH КФ	МЗА, од/мл	Вміст білоку в КФ, мг/мл	Вміст цукру в КФцукри, мг/мл	
5	24	Р-04	1,01±0,01	5,11±0,07	-	3,0±0,29	7,63±0,15	
		Ч-03	2,53±0,25	4,73±0,05	645,57±5,04	2,5±0,35	7,30±0,06	
	28	Р-04	1,89±0,04	4,92±0,10	753,94±34,44	3,0±0,29	7,58±0,24	
		Ч-03	2,51±0,34	4,43±0,12	733,61±8,08	4,0±0,35	7,25±0,12	
	30	Р-04	1,96±0,00	4,63±0,24	934,33±14,98	3,6±0,17	8,08±0,04	
		Ч-03	2,77±0,15	4,43±0,55	509,69±17,59	3,2±0,20	8,13±0,07	
	32	Р-04	1,49±0,04	4,78±0,00	998,10±64,30	3,0±0,29	8,35±0,13	
		Ч-03	2,52±0,19	4,78±0,18	541,83±5,59	3,8±0,54	8,3±0,13	
	35	Р-04	1,28±0,00	5,21±0,07	284,22±10,70	3,6±0,67	6,13±0,12	
		Ч-03	2,89±0,44	4,88±0,60	477,99±5,77	3,0±0,00	9,28±0,07	
	40	Р-04	0,31±0,00	5,20±0,08	-	5,7±0,93	9,4±0,43	
		Ч-03	0,38±0,08	5,49±0,08	-	4,7±0,54	9,48±0,04	
	10	24	Р-04	2,39±0,35	4,43±0,00	704,29±24,29	2,8±0,17	7,93±0,14
			Ч-03	3,49±0,14	3,98±0,09	639,88±16,3	3,83±0,54	5,81±0,39
		28	Р-04	3,22±0,04	4,37±0,07	1616,49±33,61	3,33±0,60	9,62±0,38
			Ч-03	3,49±0,18	4,49±0,03	1030,00±59,4	1,67±0,20	6,15±0,35
30		Р-04	2,74±0,11	4,75±0,23	2399,18±227,55	4,17±0,17	9,17±0,29	
		Ч-03	3,62±0,18	4,38±0,16	652,95±5,89	1,83±0,20	7,42±0,02	
32		Р-04	3,06±0,16	4,19±0,15	1784,42±75,99	4,5±0,29	8,05±0,36	
		Ч-03	4,01±0,14	4,53±0,12	621,91±8,37	2,33±0,20	6,12±0,11	
35		Р-04	2,46±0,20	4,54±0,12	1195,99±33,94	4,17±0,60	8,53 ±0,04	
		Ч-03	4,46±0,16	5,19±0,18	726,93±7,21	1,67±0,20	6,78 ±0,41	
40		Р-04	0,32±0,04	5,06±0,00	-	4,83±0,33	9,67 ± 0,33	
		Ч-03	0,41±0,06	4,28±0,06	-	1,83±0,41	9,2 ± 0,16	
15		24	Р-04	3,56±0,18	3,71±0,24	936,53±17,62	5,83±0,60	1,12±0,00
			Ч-03	4,07±0,53	3,87±0,08	1313,00±9,85	4,33±0,82	3,07±0,26
		28	Р-04	4,22±0,23	4,09±0,00	324,55±2,77	7,17±1,17	1,54±0,00
			Ч-03	4,41±0,1	4,13±0,17	1283,53±10,24	1,33±0,41	2,05±0,44
	30	Р-04	3,61±0,07	4,23±0,00	376,39±8,33	4,67±0,17	1,00±0,04	
		Ч-03	4,34±0,11	4,88±0,08	675,79±25,49	1,67±0,20	1,41±0,03	
	32	Р-04	4,67±0,16	4,36±0,12	179,03±0,64	5,0±0,50	1,39±0,05	
		Ч-03	4,24±0,16	4,76±0,06	1587,28±52,52	2,67±0,41	2,6±0,20	
	35	Р-04	2,55±0,16	4,59±0,07	1160,84±18,92	8,0±0,50	1,05±0,04	
		Ч-03	4,04±0,08	4,99±0,03	544,36±5,71	2,33±0,41	5,58±0,24	

Вік, доба	t° C	Культури гриба	Біомаса, г/л	pH КФ	МЗА, од/мл	Вміст білоку в КФ, мг/мл	Вміст цукру в КФцукри, мг/мл
	40	P-04	0,22±0,06	4,82±0,13	-	5,5±0,00	9,65±0,28
		Ч-03	0,27±0,01	5,3±0,14	-	1,17±0,20	6,7±0,64
20	24	P-04	3,86±0,13	3,88±0,04	1864,55±61,14	3,66±0,17	1,37±0,13
		Ч-03	4,933±0,16	4,32±0,2	800,59±44,87	4,33±0,54	0,80±0,13
	28	P-04	4,05±0,22	4,39±0,04	293,31±4,35	3,0±0,29	0,56±0,02
		Ч-03	4,48±0,15	4,68±0,07	317,12±6,1	3,0±0,00	3,00±0,29
	30	P-04	4,09±0,10	3,79±0,09	386,86±1,71	2,17±0,17	0,43±0,07
		Ч-03	4,41±0,38	5,07±0,25	-	3,67±0,54	1,03±0,9
	32	P-04	4,25±0,07	5,11±0,26	-	2,67±0,17	0,29±0,02
		Ч-03	4,24 ±0,34	5,90±0,04	-	2,67±0,41	1,41±0,27
	35	P-04	2,34±0,11	5,10±0,16	1974,14±21,10	4,17±0,17	1,36±0,09
		Ч-03	4,59±0,22	5,49±0,03	-	1,67±0,20	0,98±0,14
40	P-04	0,15±0,00	4,67±0,16	-	7,67±0,33	9,63±0,36	
	Ч-03	0,55±0,09	4,87±0,19	-	5,0±0,35	4,71±0,12	
25	24	P-04	4,22±0,20	4,13±0,06	776,01±12,07	4,17±0,17	0,80±0,02
		Ч-03	4,58±0,05	4,64±0,21	-	5,0±0,35	0,69±0,09
	28	P-04	3,77±0,14	4,94±0,12	-	3,83±0,17	1,6±0,02
		Ч-03	4,91±0,42	4,78±0,1	-	3,17±0,20	2,6±0,32
	30	P-04	3,37±0,12	6,08±0,28	-	4,33±0,17	0,00±0,00
		Ч-03	2,95±0,48	5,57±0,12	-	4,0±0,35	0,64±0,08
	32	P-04	4,09±0,00	5,37±0,29	-	0,50±0,00	0,71±0,07
		Ч-03	3,57±0,08	5,43±0,02	-	4,83±0,20	0,00±0,00
	35	P-04	3,01±0,18	5,58±0,10	-	4,17±0,33	0,91±0,06
		Ч-03	5,01±0,02	0,00±0,00	-	1,20±0,00	0,54±0,00
40	P-04	0,16±0,09	4,85±0,07	-	4,83±0,17	9,57±0,22	
	Ч-03	0,32±0,01	5,32±0,09	-	5,33±0,54	2,27±0,24	

З таблиці 1 видно, що активність екзопроїєназ молокозгортаючої дії досліджених культур гриба *I. lacteus* суттєво залежить від фізіологічного стану, віку культур та величини температури. Так, наприклад, культуральний фільтрат гриба P-04, що ріс при температурі 24°C на 5 добу не виявив МЗА. Не виявлена молкозсідальна активність культурального фільтрату обох культур і при температурі 40°C. Найвища МЗА штамму P-04 на 5-ту та 10-ту добу культивування спостерігалась при температурах 28, 30 та 32 °C, на 15-ту та 20-ту добу – при 24 та 35°C і на 25-ту добу активність ферменту виявлено тільки при 24°C. Слід зазначити, що на 15-ту та 20-ту добу культивування зареєстровано два максимуми МЗА, що можливо пов'язано з накопиченням білків із функцією молкозсідальних протеїназ. Найвища МЗА спостерігалась при 30°C на 10-ту добу культивування.

На 5-ту добу зростання штаму Ч-03 його культуральний фільтрат виявляв МЗА при всіх дослідних температурах, за винятком 40°C, з максимальною активністю молкозсідального ферменту при 28°C. На 10-ту добу культивування цей продуцент показав активність ферменту майже на одному рівні при 24, 28, 30, 32 та 35°C. Найвищу МЗА культурального фільтрату ізоляту Ч-03 встановлено на 15-ту добу зростання при температурі

24, 28 і 32°C. Двадцять добу культивування штаму Ч-03 характеризувалась зниженням активності екзопротеїназ молокозсідалної дії, яка зареєстрована лише при температурі 24 та 28°C. На 25-ту добу зростання продуцента Ч-03 його культуральний фільтрат МЗА не показав, хоч у середовищі встановлено підвищену кількість білка від 3,1 мг/мл при температурі 24°C до 4,8 мг/мл при 28°C при вихідному значенні 3,5 мг/мл середовища (див. табл. 1). Це вказує на те, що ці білки не мали молокозсідалної функції.

Матеріали табл. 1 показують, що ростові процеси культури Р-04 при температурі 24°C здійснювались протягом 25 діб і кількість біомаси гриба збільшилась більше, ніж у 4 рази, порівнюючи з 5-добовим віком культури. Активний ріст цього гриба спостерігався і при температурах 28, 30 і 32°C до 15 і 20 доби включно, а потім залишався майже на одному рівні. Інтенсивність споживання культурою Р-04 глюкози із живильного середовища в певній мірі залежить від величини температури. Так, при зростанні культури Р-04 при температурі 24°C за 10 діб використано 2,07 мг глюкози на 1 мл середовища, а на 25 добу – 9,2 мг із 10 мг/мл, при 32°C за 10 діб – 1,95 мг, а за 15 діб – 8,61 мг із 10 мг/мл. Отже, при підвищеній, оптимальній температурі зростання ізоляту Р-04, ним здійснюється більш інтенсивне поглинання глюкози із середовища. Оптимальною температурою для утворення біомаси культурою Р-04 *I. lacteus* є 28-32°C.

Ізолят Ч-03 *I. lacteus* за своїм фізіологічним станом суттєво відрізняється від культури Р-04. Виявлено, що культура Ч-03 має досить широкий температурний оптимум зростання, який знаходиться в межах 24-35°C. Використання глюкози культурою Ч-03 за 5 діб здійснювалась на рівні ізоляту Р-04. Значно збільшується поглинання вуглеводу ізолятом Ч-03 на 10 добу зростання у порівнянні із культурою Р-04. На 15, 20 і 25 добу спостерігається поступове зменшення глюкози у живильному середовищі, де зростав гриб Ч-03 *I. lacteus*.

Висновки

1) Дослідженні культури Р-04 та Ч-03 *I. lacteus* відрізняються між собою за швидкістю накопичення біомаси. Більш активним у цьому плані був ізолят Ч-03.

2) Оптимальною температурою для росту та накопичення біомаси гриба Р-04 *I. lacteus* є 28-32°C.

3) Найвища активність протеїназ молокозсідалної дії культурального фільтрату штаму Р-04 *I. lacteus* виявлена на 10-ту добу культивування при температурах 28, 30 та 32°C.

4) Культура Ч-03 *I. lacteus* характеризується широким температурним оптимумом зростання, який знаходиться в межах 24-35°C. Максимум накопичення біомаси спостерігався на 15-ту добу культивування і утримувався на такому рівні до 25-ї доби включно.

5) Найвища МЗА культурального фільтрату гриба Ч-03 *I. lacteus* встановлена на 15-ту добу зростання при температурах 24, 28 та 32°C.

Список літератури

1. *Микологія: Біологія і екологія грибів* / Отв. ред. С.Ф. Негруцький. – Донецьк, 1984. – 124 с.
2. *Методи експериментальної микології: Справочник*. – К.: Наук. думка, 1982. – 544 с.
3. *Негруцький С.Ф., Бойко М.И., Фильчаков Л.П., Сычев П.А.* Базидиальні гриби – перспективні об'єкти біотехнології // Тез. докл. конф. проф.-преп. сост. по итогам науч.-исслед. и метод. работы. Химия, биология. – Донецьк, 1995. – С. 102-103.
4. *Соломко Э.Ф., Дудка И.А.* Перспективи використання вищих базидіоміцетів в мікробіологічній промисловості (ВНИИСЭНТИ: Обзор.информац.: Сер. 3). – М., 1985. – 48 с.
5. *Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре* / Под ред. А.С. Бухало. – К.: Наук. думка, 1998. – 144 с.

6. Белки, ферменты и стерилы базидиальных грибов. Методы исследования. – Л.: Наука, 1979. – С. 28-29.
7. Кочетов Т.А. Практическое руководство по энзимологии. – М.: Высш. шк., 1980. – С. 28-29.
8. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з теми "Вуглеводний обмін рослин" спецкурсу "Великий практикум" / Укл. М.І. Бойко, Ю.Г. Приседський. – Донецьк: ДонДУ, 1999. – С. 3-5.
9. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Касіопія, 1999. – 210 с.

Кузнєцова І.А., Клименко А.В., Бойко М.І. Влияние температурного фактора на синтез протеиназ молокосвертывающего действия грибом *Irpex lacteus* Р-04 и Ч-03. – Результаты исследований по изучению влияния разных температур на синтез молокосвертывающих протеиназ показали, что варьирование температур безусловно оказывает влияние на молокосвертывающую активность данных грибов.

Ключевые слова: температура, ксилотрофы, протеиназы, молокосвертывающая активность, биомасса.

Kuznetcova I.A., Klimenko A.V., Boyko M.I. Influence of temperature on the production of milk-coagulate proteinases of *Irpex lacteus* R-04 and CH-03. – This article is devoted to the problem of temperature influence on the milk-coagulate activity and the biomass, glucosa and protein accumulating processes by *Irpex lacteus* R-04 and CH-03. The results of this investigation have showed activity of milk-coagulate proteinases is most sensitive index in both isolates.

Key words: temperature, milk-coagulate activity, biomass, proteinase, enzymes.

В.Н. Шевкопляс¹, М.И. Бойко²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОСИТЕЛЯ НЕФТЯНОЙ ДОБАВКИ POVDA ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ

¹Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины; 83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70

²Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Шевкопляс В.Н., Бойко М.И. Использование носителя нефтяной добавки POVDA для повышения метаболической способности микромицетов. – Показана возможность использования микромицетов разных видов (*Mortierella sp. 5A*, *Penicillium sp. 3-98* и *Penicillium sp. 8-98*) для трансформации высокомолекулярных фракций сырой нефти. Установлено, что использование носителя POVDA позволяет значительно увеличить площадь контакта нефтяной добавки (НД) с питательной средой и в таком виде использовать ее как дополнительный источник углерода и энергии при культивировании микромицетов. Показано, что микромицеты за 60 сут. могут трансформировать до 88% НД, однако их физиологическая активность определяется видовой принадлежностью используемого микромицета и источником углерода в питательной среде. Установлена взаимосвязь между источником углерода в питательной среде, физиологической активностью микромицетов и их способностью трансформировать тяжелые фракции сырой нефти. Показано влияние НД на физиологическую активность микромицетов и их способность трансформировать нефтяные фракции.

Ключевые слова: носитель POVDA, метаболическая способность, микромицеты, нефтяные фракции.

Введение

В настоящее время все более широкое применение находит микробиологический способ утилизации отходов нефтехимии, который позволяет очищать поверхность почвы от нефтяных загрязнений с помощью различных субстратов, обогащенных микроорганизмами [3, 8]. Для очистки воды от углеводородов нефти применяют носители [6], которые, в первую очередь, предназначены для иммобилизации микроорганизмов-деструкторов легких углеводородных фракций нефти, т. е. фракции, которые не требуют включения дополнительных стадий подготовки при проведении биоконверсии.

В Украине существует много отстойников, где накоплено большое количество отходов нефтехимического производства, которые по своей структуре являются высокомолекулярными соединениями с большим содержанием ароматических углеводородов. С другой стороны, при перегрузке сырой нефти из нефтеналивных танков, остается большое количество тяжелых фракций, которые в дальнейшем не могут транспортироваться обычным способом, не находят практического применения, складируются в отстойниках и являются объектом экологической опасности. Применение биологического способа их биодеструкции позволило бы частично решить проблему утилизации тяжелых нефтяных фракций и улучшить экологическую ситуацию в местах их консервации.

В работе [10] показано, что некоторые виды р. *Poliporus* (сем. Poliporaceae) и *Penicillium* (п/отд. Митоспоровые грибы) могут расти на агаризованной питательной среде, содержащей добавки сырой нефти. Однако основная трудность при проведении экспериментов состоит в том, что тяжелые нефтяные фракции являются очень вязкими маслянистыми жидкостями с большим удельным весом и не могут в таком виде использоваться в качестве углеродсодержащего субстрата для культивирования микромицетов. Для устранения этого препятствия возникает необходимость использования носителей, которые связывают нефтяную добавку (НД) и тем самым обеспечивают ей хороший контакт с питательной средой и делают ее пригодной для использования в качестве дополнительного источника углерода и энергии при культивировании микромицетов. Еще одной положительной особенностью предложенного способа является то, что он позволяет культивировать на жидких питательных средах не только микромицеты, но и культуры бактерий или их естественные ассоциации.

Целью настоящей работы было показать, что применение носителя *POVDA* позволяет микромицетам трансформировать тяжелые нефтяные фракции и частично решить проблему утилизации отходов нефтехимических производств.

Материалы и методы исследований

Микромицеты выделены из угольного шлама илонакопителя ЦОФ "Трудовская" г. Донецка на основе общепринятого метода [1]. В работе использовали микромицеты, способные расти на питательных средах, содержащих в качестве единственного источника углерода и энергии легкие углеводородные фракции нефти и глицериды жирных кислот. Выделенные микромицеты были идентифицированы согласно работам [4, 7]. В работе использовали два представителя р. *Penicillium*, относящихся к группе *Monoverticillata* (сем. *Moniliaceae*) – *Penicillium sp.3-98* и *Penicillium sp.8-98*, и р. *Mortierella* (сем. *Mortierellaceae*, секция *Stylospora*) – *Mortierella sp.5a* (*Zygomycetes*). Штаммы *Penicillium sp.3-98*, *Penicillium sp.8-98* и *Mortierella sp.5a* использовали в нашей работе. Микромицеты культивировали на питательной среде, следующего состава, (г/л): KH_2PO_4 – 0,5; Na_3PO_4 – 0,5; NH_4NO_3 – 0,5; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; KCl – 0,1; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 с добавлением глюкозы (20 г/л) или глицерина (50 мл/л), воды до 1 л. Также использовали картофельную среду с добавлением сахарозы в количестве 20 г/л [9].

Для установления способности микромицетов трансформировать тяжелые фракции сырой нефти к приготовленным питательным средам добавляли НД в количестве 2–16 г/л среды. Стерилизацию питательных сред проводили в автоклаве АГ-1 под давлением 1,0 атм. в течение 45 минут.

Инокуляцию и культивирование микромицетов проводили в конических колбах (100 мл) в условиях стационарного культивирования при температуре 20° С в течение 60 суток. По окончании эксперимента определяли показатели, которые могли бы количественно охарактеризовать биоконверсию НД: рН культуральной жидкости (КЖ), накопление грибной биомассы, остаточное количество НД в среде, общее количество белка в КЖ.

В экспериментах по трансформации тяжелых фракций НД использовали смывные нефтяные отходы, которые остаются в нефтеналивных танках после перегрузки сырой нефти. Это вязкие жидкости с молекулярной массой 750-1100 Д. Они содержат 10-18% ароматических углеводородов. Влажность нефтяных отходов составляла 40-50%. Кроме того, в экспериментах использовали смывные отходы легких нефтяных фракций, которые представляли собой водные эмульсии с большим содержанием мелкодисперсных углеводородов нефти (вносили 8 г/л). По своему химическому составу это фракции нефти, выкипающие при 350°С. При внесении такой добавки в питательную среду поверхностная углеводородная пленка не образуется, что позволяет проводить эксперимент в условиях погруженной культуры.

Кислотность питательных сред после автоклавирования и в культуральных жидкостях по окончании эксперимента определяли на рН-метре 340. Биомассу взвешивали после отмывания в толуоле, а затем в проточной воде от НД и последующего высушивания при 105°С. Концентрацию белка в культуральной жидкости определяли на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 595 нм методом Бредфорда [2]. Носитель *POVDA* НД применяли в гранулах 3-5 мм в количестве 4,0 г на 100 мл. Основная роль носителя *POVDA* состоит в том, что он позволяет удерживать НД и таким образом увеличивает площадь контакта НД с питательной средой и может быть использована микромицетами в качестве дополнительного источника углерода. О метаболической способности микромицетов судили по остаточному количеству НД (г) на носителе после окончания эксперимента. Общую конверсию НД рассчитывали по формуле $Q = m_1 - m_2 / m_1 \cdot 100\%$, где m_1 – навеска НД, г; m_2 – остаток НД по окончании эксперимента, г. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью дисперсионного анализа, а сравнение средних арифметических величин – критерия Стьюдента [5].

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приведены результаты влияния легких нефтяных фракций (г/л) на физиологическую активность *Mortierella sp.5a*. Основными показателями, которые количественно могли охарактеризовать влияние НД на рост микромицета следующие: способность *Mortierella sp.5a* образовывать биомассу, содержание белка в культуральной жидкости и изменение рН-среды по окончанию эксперимента. Эксперименты проводили в условиях погруженной культуры.

Как следует из табл. 1 штамм *Mortierella sp.5a* растет на питательной среде, содержащей добавки легких нефтяных фракций. При этом, НД, содержащаяся в среде в концентрации 3,2 г/л не оказывает достоверного ингибирующего влияния на образование биомассы гриба. В свою очередь легкая нефтяная фракция в концентрации 4,0 г/л вызывает достоверное снижение накопления сухого вещества исследуемой культуры гриба. В процессе роста *Mortierella sp.5a* на контрольной среде происходит существенное подщелачивание среды экзопродуктами организма.

Таблица 1

Влияние легких нефтяных фракций, содержащихся в картофельно-сахарозной среде (КСС), на изменение физиологической активности *Mortierella sp.5a* (продолжительность опыта 60 сут.)

Количество НД в КСС, г/л	Количество биомассы, г/л М ± м	Количество белка в КЖ, мкг/мл М ± м	рН-среды	
			до опыта	после опыта
Контроль	9,8 ± 0,37	150,0 ± 5,77	6,3	7,2
КСС + 3,2	9,2 ± 0,29	1312,0 ± 19,13	6,3	6,4
КСС + 4,0	7,8 ± 0,16	2562,0 ± 25,17	6,3	6,2

Такого явления не наблюдается при произрастании гриба на картофельно-сахарозных средах, содержащих НД. По-видимому, это связано с тем, что легкие нефтяные фракции обладают буферностью. Содержание белка в культуральной жидкости (КЖ) контрольного варианта составляет 150,0 мкг/мл. Увеличение концентрации НД в питательной среде снижает прирост биомассы и усиливает выделение белка продуцентом, что, возможно, связано с выделением в среду ферментов, разрушающих НД. Однако это предположение требует дополнительных исследований.

Данные о характере роста микромицетов *Penicillium sp.3-98*, *Penicillium sp.8-98* и *Mortierella sp.5a* и использованию ими тяжелых фракций НД, содержащихся в питательных средах, представлены в табл. 2.

Установлено, что на картофельно-сахарозной среде грибы способны трансформировать тяжелые фракции НД, но в разной степени. Так, при культивировании *Penicillium sp.8-98*, конверсия НД может достигать 88% (см. табл. 2). Микромицет *Penicillium sp.3-98* использует тяжелые нефтяные фракции несколько в меньшей мере, чем предыдущая культура. В свою очередь *Mortierella sp.5a* накапливает достоверно меньшее количество биомассы, чем обе культуры *Penicillium*, но по способности использовать НД занимает промежуточное положение между ними. Прослеживается положительная взаимосвязь между конверсией НД и количеством белка в культуральной жидкости исследованных микромицетов. Данные табл. 2 показывают, что конверсия НД культурами *Penicillium sp.8-98*, *Penicillium sp.3-98* осуществляется в слабокислой среде, а *Mortierella sp.5a* – нейтральной. Это явление и различие в накоплении биомассы, белка в КЖ свидетельствует о физиологической неоднородности исследованных грибов.

Таблица 2

Рост и способность микромицетов трансформировать тяжелые фракции НД, содержащиеся в картофельно-сахарозной среде (продолжительность опыта 60 сут.)

Микромицет	Кол-во НД, г/л	Сухая биомасса, г/л М ± м	Количество белка в КЖ, мкг/мл М ± м	рН среды		Конверсия НД, %
				до опыта	после опыта	
<i>Penicillium sp 8-98</i>	4	6,0 ± 0,7	2878,0 ± 91,2	6,3	6,4	88,0
<i>Penicillium sp 3-98</i>	4	6,0 ± 0,6	1610,0 ± 23,5	6,3	6,5	73,2
<i>Mortierella sp.5a</i>	4	3,6 ± 0,3	2135,0 ± 45,2	6,3	7,1	79,4

Влияние источника углерода в питательной среде на способность *Mortierella sp.5a* трансформировать тяжелые фракции НД показано в табл. 3.

Таблица 3

Влияние источника углерода питательной среды на способность *Mortierella sp.5a* трансформировать тяжелые фракции НД (продолжительность опыта 60 сут.)

Питательная среда	Количество НД, г/л М ± м	Биомасса, г/л М ± м	рН среды		Конверсия НД, %
			до опыта	после опыта	
Минеральная среда (МС) без углерода (контроль)	2	0,4 ± 0,1	6,6	6,6	36,5
МС + глюкоза	0	3,2 ± 0,2	6,6	6,5	0
МС + глюкоза	2	3,4 ± 0,2	6,6	6,8	49,0
МС + глицерин	0	9,2 ± 0,2	6,6	6,2	0
МС + глицерин	2	8,0 ± 0,8	6,6	5,2	75,9
Картофельно-сахарозная	0	9,8 ± 0,2	6,3	7,2	0
Картофельно-сахарозная	2	5,0 ± 0,2	6,3	7,0	85,0

Из табл. 3 видно, что гриб *Mortierella sp.5a*, произрастая на разных питательных средах с НД, проявляет различную физиологическую активность, что выражается в накоплении биомассы и использовании тяжелых фракций нефтяных добавок. Наиболее эффективно *Mortierella sp.5a* трансформирует НД на картофельно-сахарозной, где её конверсия достигает 85,0%. На контрольной среде (без источника углерода) *Mortierella sp.5a* не образует сплошную мицелиальную пленку, а только отдельные колонии. Конверсия НД в этом случае низкая и составляет только 36,5%. По-видимому, на питательной среде без легкоусвояемого источника углерода физиологическая активность *Mortierella sp.5a* снижается и, как следствие, уменьшается его способность трансформировать НД. Глицерин, как источник углеродного питания для данного микромицета, является лучшим, чем глюкоза. Это подтверждается достоверно большим накоплением биомассы грибом и большим процентом конверсии НД.

Влияние различных концентраций тяжелых фракций НД на физиологическую активность и способность трансформировать НД грибом *Mortierella sp.5a* показана на рис. 1,

2. Культивирование микромицета осуществляли на питательной среде с глюкозой в течение 30 сут. Установлено, что концентрация 2–16 г/л НД в питательной среде позволяют микромицету образовывать мицелиальную пленку на поверхности питательной среды. Увеличение количества НД в питательной среде отрицательно сказывается на образовании биомассы микромицетом. Наблюдается обратная взаимосвязь между количеством НД в питательной среде и способностью *Mortierella sp.5a* накапливать биомассу (рис. 1а). Повышение количества НД в питательной среде до 4–8 г/л сопровождается более интенсивным продуцированием белка в культуральную жидкость (рис. 1б). По-видимому, это связано с тем, что в таких условиях культивирования микромицет должен пройти период адаптации для активации соответствующих ферментных систем. Повышение количества НД до 16 г/л оказывает ингибирующее действие на рост *Mortierella sp.5a* и снижает его способность трансформировать НД (рис. 2а). Наибольшая конверсия НД достигается при количестве ее 4 г/л в питательной среде и составляет 38,0% (рис. 2а). Прослеживается взаимосвязь между выходом белка в культуральную жидкость и конверсией НД. Следовательно, можно сделать вывод, что НД в количестве 2–8 г/л является оптимальной для конверсии *Mortierella sp.5a*.

В процессе культивирования *Mortierella sp.5a* на среде с глюкозой и с различным количеством НД изменяется рН среды (рис. 2б). При внесении в питательную среду 2 г/л НД величина рН по окончании эксперимента повысилась до 6,9 ед., что, по-видимому, можно объяснить низким содержанием экзобелка (рис. 1б) и, как следствие, продуктов-метаболитов в культуральной жидкости. При культивировании микромицета на питательной среде с 4–16 г/л НД величина рН имеет тенденцию к снижению. Мы предполагаем, что изменение величины рН обусловлено воздействием экзобелков микромицета на углеродный субстрат НД и накоплением большого количества кислых продуктов в культуральной жидкости (рис. 1б). Прослеживается взаимосвязь между количеством НД (4–6 г/л) и изменением рН культуральной жидкости.

Выводы

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что использование носителя ROVDA позволяет микромицетам трансформировать тяжелые нефтяные фракции. За 60 сут. культивирования микромицетов на картофельно-сахарозной среде конверсия НД (4 г/л) может достигать 88,0%. Однако, исходя из того, что тяжелые фракции нефти по своей химической природе и свойствам являются очень вязкими, высокомолекулярными соединениями, которые трудно трансформируются микромицетами, необходимо использовать питательные среды, содержащие дополнительный легкоусвояемый источник углерода.

Список литературы

1. *Билай В.И.* Методы экспериментальной микологии. – К.: Наук. думка, 1973. – 242 с.
2. *Дарбе А.* Практическая химия белка. – М.: Мир, 1989. – 623 с.
3. *Емцев В.Т., Селицкая О.В., Станкевич Д.С.* Микробная биоремедиация нефтезагрязненных почв // Тез. докл. Междун. конф. "Проблемы микробиологии и биотехнологии" (г. Минск, 25–27 ноября 1998 г.). – Минск, 1998. – С. 167-168.
4. *Зеров Д.К.* Визначник грибів України. – К.: Наук. думка, 1971. – 696 с.
5. *Лакін Г.Ф.* Биометрия. – М: Высш. шк., 1980. – 291 с.
6. *Павленко Н.И., Изжеурова В.В., Хенкина Л.М. и др.* Использование микробов-деструкторов в очистке сточных вод от нефтепродуктов // Микробиол. журнал. – 1991. – 53, № 4. – С. 91-95.
7. *Пидопличко Н.М., Милько А.А.* Атлас мукоральных грибов. – К.: Наук. думка, 1971. – 115 с.

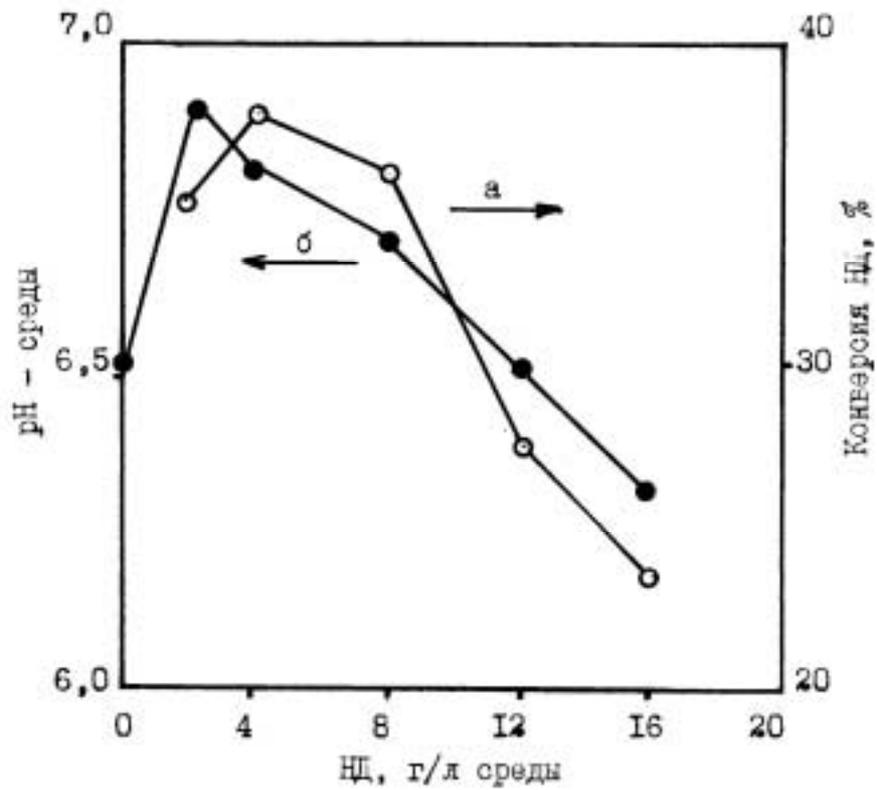


Рис. 1. Влияние тяжелых фракций НД на накопление биомассы (а) и продуцирование белка (б) в процессе культивирования *Mortierella sp.5a*

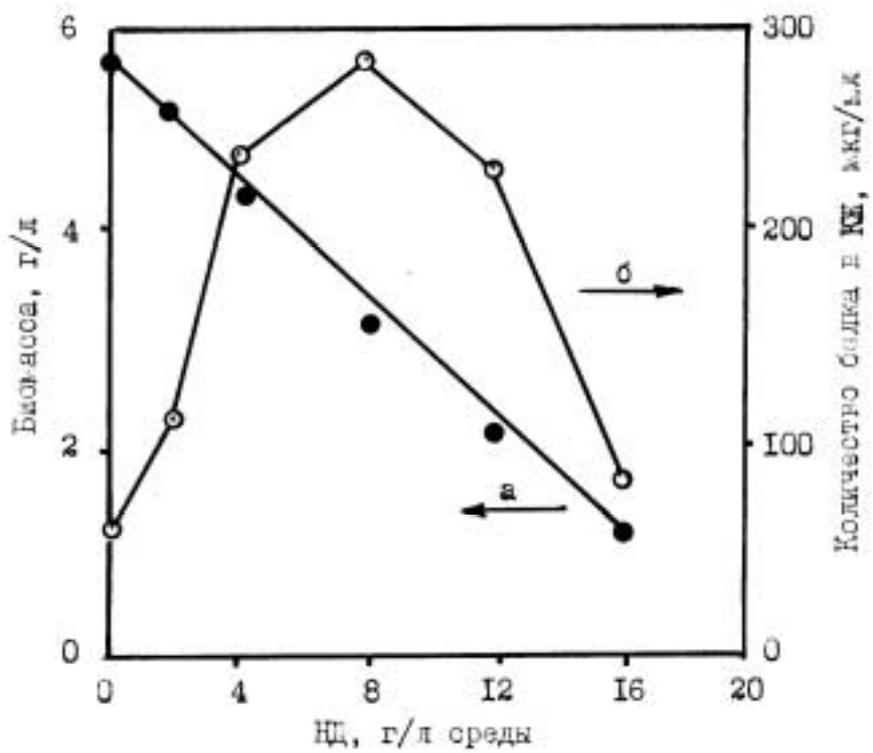


Рис. 2. Конверсия тяжелых фракций НД (а) и изменение рН среды (б) в процессе культивирования *Mortierella sp.5a*

8. Самсонова А.С. Микробная технология очистки нефтезагрязненной почвы // Тез. докл. Междун. конф. "Проблемы микробиологии и биотехнологии" (г. Минск, 25–27 ноября 1988 г.). – Минск, 1998. – С. 189-190.
9. Семенов С.М. Лабораторные среды для актиномицетов и грибов. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
10. Pacheco L., Higuera W., Zamora A., et al. Enzymatic dissolution of preswollen coal and crude oil // 9th Intern. Conf. "Coal Science": Proc. (Essen, Germany, 7–12 September 1997). – Essen, 1997. – V. 3. – P. 1611-1614.

Шевкопляс В.М., Бойко М.І. Використання носія нафтової домішки POVDA для підвищення метаболізуючої здатності мікроміцетів. – Показана принципова можливість використання мікроміцетів різних видів (*Mortierella sp. 5a*, *Penicillium sp. 3-98*, *Penicillium sp. 8-98*) для трансформування високомолекулярних фракцій сирої нафти. Встановлено, що використання носія (POVDA) дозволяє значно підвищити площу контакту нафтової домішки (НД) з живильним середовищем, та більш активно споживати її мікроміцетами як додаткове джерело вуглецю і енергії. Показано, що мікроміцети протягом 60 діб здатні довести конверсію НД до 88,0%, проте метаболізуюча здатність залежить від їх виду та вуглецевого джерела у живильному середовищі. Встановлено зв'язок між джерелом вуглецю у живильному середовищі, фізіологічною активністю мікроміцетів та їхньою здатністю трансформувати важкі фракції сирої нафти.

Ключові слова: носій, мікроміцети, метаболізуюча здатність, нафтові фракції.

Shevkoplyas V.N., Boyko M.I. The use of carrier of the oil additive (POVDA) to improve metabolizing ability of micromycetes. – A principal possibility to use micromycetes of different species (*Mortierella sp. 5a*, *Penicillium sp. 3-98* and *Penicillium sp. 8-98*) to transform heavy crude oil has been demonstrated. It has been established that the use of a carrier (POVDA) allows increasing considerably the contact surface of an oil additive (OA) with the nutrient medium and energy source at micromycetes cultivation. It has been established that micromycetes could lead the OA conversion up to 88,0% for a period of 60 days, but its metabolizing ability is being determined by carbon source in the nutrient medium, as well as micromycetes used species. The relation between the carbon source in the nutrient medium, physiological peculiarities of the micromycetes and its ability to transform heavy crude oil has been followed. The OA effect upon the micromycetes physiological activity and its ability to transform oil fractions has been shown.

Key words: carrier, micromycetes, metabolizing ability, heavy crude oil.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

УДК 616.831-00.5.4 577.3

М.Э. Бузоверя¹, В.В. Зоря¹, С.В. Беспалова², И.В. Нога², В.М. Шаталов² МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ ОЦЕНКЕ ОТКЛИКА СЫВОРОТКИ КРОВИ НА НИЗКОЧАСТОТНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

¹ Саровский государственный физико-технический институт;

Россия, Нижегородская обл., г. Саров, ул. Духова, 6;

² Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

e-mail: biophys@bio.donbass.com

Бузоверя М.Э., Зоря В.В., Беспалова С.В., Нога И.В., Шаталов В.М. Морфологический анализ при оценке отклика сыворотки крови на низкочастотное импульсное магнитное поле. – Проведены количественные оценки изменений морфологических параметров сыворотки крови после обработки низкочастотным магнитным полем. Выявлены режимы, на которых наблюдались наиболее значимые изменения морфологической картины и исследована индивидуальная чувствительность сыворотки крови к импульсным магнитным полям. Обнаружена зависимость направленности и величины отклика от исходного состояния сыворотки крови. Проанализированы возможные физические механизмы, ответственные за это явление.

Ключевые слова: магнитное поле, сыворотка.

Введение

Целью настоящей работы было определение возможности использования нового метода исследования биологических жидкостей – морфологического анализа – для оценки отклика сыворотки крови на воздействие низкочастотного импульсного магнитного поля (НЧ ИМП). Для достижения этой цели необходимо было:

- осуществить поиск параметров магнитного поля, при которых наблюдается наибольший отклик в изменении структуры сыворотки крови;
- обосновать физический механизм воздействия магнитных полей и количественные критерии оценки отклика;
- изучить индивидуальную чувствительность сыворотки крови людей к действию магнитных полей (МП).

Метод обработки импульсным магнитным полем. В середине 70-х появились сообщения [1] о перестройке реальной структуры конденсированных систем в результате воздействия на них последовательностью импульсов относительно слабого магнитного поля (до 10^6 А/м) с крутым передним фронтом. Такой вид воздействия был назван обработкой импульсным магнитным полем (ОИМП). Цель такого воздействия сводилась к переводу систем в новое структурное состояние (на уровне дефектов и дефектных комплексов) через промежуточное неустойчивое состояние с повышенной энергией.

Первыми объектами ОИМП стали режущие инструменты, изделия машиностроения, полупроводниковые материалы, многокомпонентные углеводородные системы и др. С момента появления метод ОИМП был использован для самых разнообразных по физическим свойствам конденсированных систем. Общее свойство таких систем заключается в том, что все они насыщены множеством различного рода дефектов и находятся в явно неравновесном, хотя и метастабильном, состоянии. Естественным развитием метода было применение ОИМП так же и к биологическим системам [2]. Считается, что такое своего рода электромагнитное встряхивание живых систем, возможно, ускоряет темпы структурной перестройки и процессы метаболизма [3-6].

Сама возможность влияния слабых МП (индукция B менее 0,1-0,3 Т) представляется спорной, поскольку при комнатной температуре энергия взаимодействия магнитного поля

$\mu_B V$ (где μ_B – магнетон Бора) на три порядка меньше тепловой энергии. Тем не менее, метод ОИМП широко используется в терапевтических целях.

Магнитотерапевтические установки. Для реализации метода ОИМП в промышленности была выпущена целая гамма специализированных установок. Последние образцы – установки ОИМП-101 и ОИМП-102 были разработаны и выпущены ЭМЗ "Авангард" совместно с лабораторией ОИМП Нижегородского университета. Так же были созданы магнитотерапевтические установки "Колибри" и "Магнитотурботрон". Результаты ряда исследовательских групп, использующих в своей практике магнитотерапевтические установки "Магнитотурботрон" и "Колибри" показывают высокий лечебный эффект. Установки типа "Магнитотурботрон" реализуют метод лечения опухолевых и неопухолевых заболеваний с применением вращающегося магнитного поля [7]. "Колибри" предназначена для лечения и профилактики заболеваний перемещающимся в пространстве импульсным магнитным полем [8].

Создание научных основ явлений магнитоиндуцированных структурных изменений как в физических, так и в биологических системах находится в начальной стадии. Можно отметить одинаковый характер магнитоиндуцированных изменений как в физических, так и биологических системах – реакция системы на воздействие ИМП не только возникает с большим латентным периодом, но длится значительное время после прекращения воздействия (несколько суток) [13]. Таким образом, в конденсированных системах наблюдается явление магнитоиндуцированных долговременных изменений (МИДИ) реальной структуры и свойств.

С.Н. Постников [2] высказал предположение, что явление МИДИ распространяется и на конденсированные среды организма. Если это так, то можно предположить, что эти процедуры полезны при отложении солей, наличии камней и других структурных включений. Различного рода отложения, структурные нарушения накапливаются в организме задолго до появления признаков какого-либо специфического заболевания. Это означает, что ЭМП можно использовать не только в лечебных, но и в профилактических целях.

Морфологический анализ биологических жидкостей. В настоящее время известно, что кристаллографические структуры биологических жидкостей, полученные при переводе биожидкости из жидкой фазы в твердую, несут в себе информацию о состоянии организма. В биологических жидкостях происходят высокодинамичные изменения молекулярного состава и характера взаимодействия различных компонентов в физиологических, экстремальных и патологических состояниях. Такие изменения являются наиболее информативными при исследовании гомеостаза молекулярного уровня и могут служить основой для диагностики различных заболеваний на самых ранних стадиях [9], а так же для оценки отклика биожидкости на внешнее воздействие [10].

Метод клиновой дегидратации. Основным методом исследования структуры биологических жидкостей является метод клиновидной дегидратации. Метод имеет большое практическое значение, так как позволяет вывести глубинные микропроцессы на макроуровень и получить информацию о процессах метаболизма на уровне межмолекулярных химических взаимодействий [10].

Дегидратированная капля сыворотки крови представляется для анализа в виде сухой пленки с четким изображением фиксированных структур, различающиеся по форме, направленности, занимаемой площади, цвету и другим параметрам. Это новая информация, которая позволит по-иному оценить комплексное взаимодействие внешних и внутренних факторов на организм человека.

Структурообразование биологических жидкостей. К биологическим жидкостям относятся сложные полидисперсные неклеточные структуры организма с неустойчивыми связями входящих в них компонентов: сыворотка крови, лимфа, цереброспинальная жидкость, моча, секреты желез и др. Они могут репродуцировать свои составные части, поскольку снабжены необходимым энергетическими и строительными материалами.

Биологическая жидкость проявляет все существенные функции живой клетки, но не является индивидуализированным живым существом и не развивается как таковое [11]. Биожидкости являются многокомпонентными системами, основными составляющими которых являются вода, белки и неорганические соли. Для биожидкостей характерны различные типы устойчивых колебаний физико-химических, биохимических и морфологических параметров. При этом, как заметил Х. Бернал, "биологические системы обладают универсальной способностью сохранять и передавать информацию в виде структур и функций" [12: с. 34].

Важнейшими факторами, определяющими характер структурообразования биожидкостей, являются вода, общая концентрация растворенных в ней минеральных и органических веществ, а так же их концентрационное соотношение [10]. Перевод биожидкости в твердое фазовое состояние повышает прочность нековалентных связей. Мы удаляем деструктурирующий элемент – воду, и в результате получаем фацию – пленку, на которой зафиксирован рисунок пространственного расположения элементов, ранее находившихся в растворенном высокоподвижном состоянии.

Особенности структуры фации биожидкостей в первую очередь определяет концентрация растворенных в них веществ. Установлено, что при низкой концентрации белка, соль имеет линейный тип структур в виде дендритных форм, при высокой – нелинейные структуры в виде колец и спиралей [10].

Формирование структуры сыворотки крови в твердой фазе. После испарения свободной воды капля сыворотки крови полностью переходит в твердую фазу и образует фацию. Основными структурными элементами фации сыворотки являются трещины и включения сферической формы – конкреции (рис. 1 а).

Необходимо отметить, что морфологические параметры трещин фации сыворотки крови варьируются в широких пределах. Фации сыворотки крови здорового человека по морфологии трещин характеризуется четкой симметрией в их расположении. Трещины имеют радиальную направленность, располагаются по всей площади фации и делят ее на приблизительно равные по размерам радиальные сектора. Периферические концы трещин имеют дугообразную форму и соединяются между собой. Концы трещин в центральной зоне фации представлены прямыми раздвоенными линиями. Радиальные трещины соединены между собой короткими поперечными трещинами. В итоге формируются множественные подсистемы – отдельности (см. рис. 1 а).

При патологических состояниях морфология трещин носит самый разнообразный характер. Умеренно выраженные патологические состояния характеризуются асимметричностью расположения трещин в фации, которые формируют беспорядочно расположенные сектора и отдельности (рис. 1 б). Для резко выраженных патологических состояний свойственно хаотическое расположение трещин, сокращение их числа вплоть до полного отсутствия.

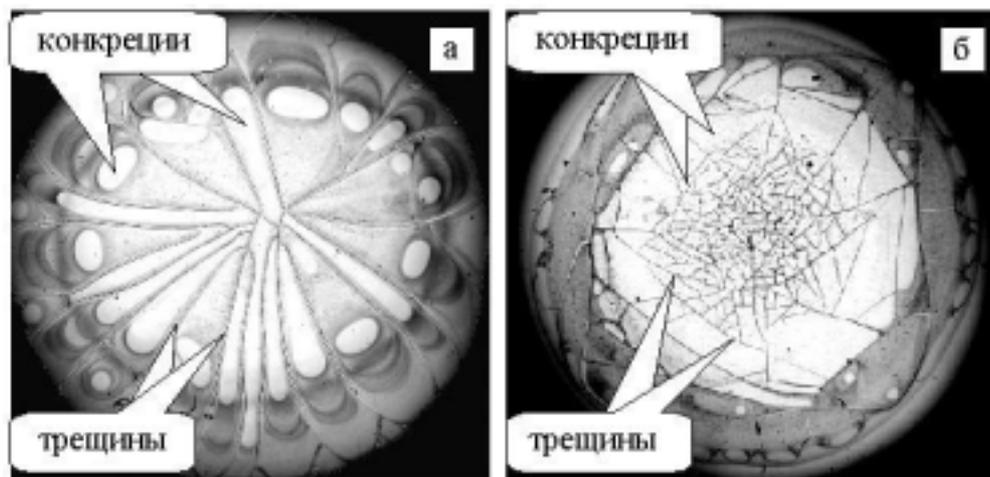


Рис. 1. Фация сыворотки крови практически здорового лица – (а) и больного с сердечно-сосудистой патологией – (б)

Фация – это структурный макропортрет, отражающий молекулярные взаимоотношения в биожидкости, а значит и протекающие к ней патофизиологические процессы [10]. В этом и состоит наибольшая ценность метода клиновидной дегидратации для клинической диагностики. Ни один другой метод лабораторной диагностики не дает информации столь значительного объема и качества. Таким образом, морфологическая картина сыворотки крови несет в себе интегрированную информацию о состоянии организма, характере и выраженности происходящих в нем патологических изменений.

Физическая основа метода. Согласно [13] физической основой метода ОИМП является магнитоиндуцированная диффузионная неустойчивость конденсированных систем. Такая неустойчивость обусловлена специфическим характером разрыва химических связей в структурных комплексах тепловыми колебаниями решетки. Этот процесс протекает во время релаксации поляризации электронно-ядерной спиновой системы, когда изменение ориентации спинов ядер влияет на вероятность синглет-триплетных переходов в электронной подсистеме. Неравновесная населенность триплетных состояний структурных комплексов, обусловленная сверхтонким взаимодействием, стимулирует реакции их распада. Сам распад усиливает ориентацию ядер при взаимодействии со спинами электронов, локализованных на комплексах. Наличие такой положительной обратной связи в отсутствие внешнего магнитного поля и обеспечивает автокаталитический характер распада комплексов под действием тепловых колебаний. Время релаксации ядерной спиновой системы в твердых телах может достигать значительных величин. Оно и определяет длительность эффектов последствия (от нескольких минут до нескольких месяцев) [2]. Остается неясной роль температуры, которая, казалось бы, должна разрушать намагниченность ядерной подсистемы.

Давно известно, что химические реакции, включающие свободные радикалы, сильно подвержены влиянию статического магнитного поля, но сравнительно недавно [1-16] было заявлено, что постоянные поля малой напряженности, 1-100 μT , могут воздействовать на такие химические процессы. Возможно, переменные поля того же порядка величины, действуя согласованно с постоянными полями, могут также повлиять на продукты реакции. Эффекты, возникающие в случае малых переменных полей, были предсказаны в [1-18] и обсуждаются ниже.

Согласно принципу Паули в одном квантовом состоянии может находиться не более одного электрона. Если имеется два валентных электрона на одной орбите, то их спиновые квантовые числа должны различаться, $+1/2$ и $-1/2$, то есть их спины должны быть противоположно направлены (*ковалентная связь*). При разрыве такой связи образуется пара свободных радикалов. Последующая их рекомбинация возможна только в том случае, когда два электрона сохраняют свой противоположно направленный спин. Взаимодействие с локальным магнитным полем, которое создается ядерными магнитными моментами или другими окрестными электронными спинами или орбитальными моментами, может, в зависимости от молекулярной структуры, либо сохранить, либо разрушить противоположную направленность спинов. В последнем случае теперь одинаково ориентированных спинов рекомбинация этих радикалов становится невозможной. Если радикальная пара образовалась из возбужденных атомных состояний с неспаренными электронами, находящимися на различных атомных оболочках, то они могут уже иметь одинаковый спин, предотвращая химическую комбинацию промежуточных продуктов.

Если электроны имеют противоположные спины, продукт имеет *синглетный* характер, то есть полное квантовое число J , характеризующее электронные состояния, равно орбитальному числу L , поскольку спиновое квантовое число $S = (1/2) - (1/2) = 0$ и $J = S + L$. Однако, по мере того, как продукты рассеиваются, некоторая их часть приобретет *триплетный* характер; то есть электронные спины могут стать параллельными и $S = (1/2 + 1/2) = 1$ и J могут иметь три значения, $L + 1$, $L - 1$, и L по правилу сложения квантовых угловых моментов. Если продукты были первоначально в триплетном состоянии, рассеяние

будет давать противоположный эффект, то есть частичное преобразование из триплета в синглет.

Синглетное и триплетное состояния имеют, вообще говоря, различные энергии (рис. 3). Любое поле, включая поле окружающих ядер, будет повышать или понижать энергию триплетных состояний с направлением спина вдоль поля. Поэтому энергия уровней T_{+1} и T_{-1} расщепляется в магнитное поле B .

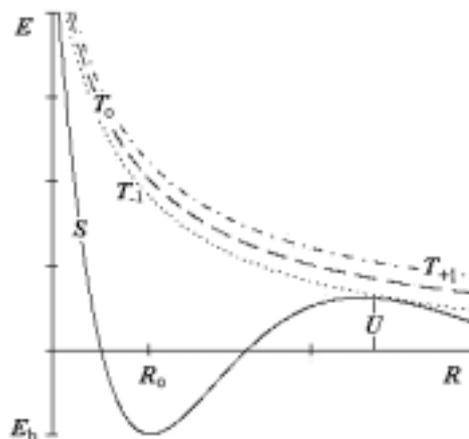


Рис. 2. Энергия молекулы E в зависимости от расстояния R между составляющими ее радикалами. Здесь R_0 – равновесная длина связи, E_b – энергия ковалентной связи, U – барьер, S – синглетный терм, T_0 , T_{-1} , T_{+1} – триплетные термы, расщепленные магнитным полем на величину νB (по данным [19])

Близость термов S и T в преддиссоциированном состоянии разрешает безизлучательные переходы между ними. При этом воздействие магнитного поля может повлиять на химическое равновесие и, следовательно, на скорость реакции и концентрацию ее продуктов, [20]. Переходы между синглетным и триплетным состояниями могут происходить либо при вводе энергии извне, либо (при любом уровне B) между T_0 и S через зависящее от расстояния обменное взаимодействие электронов. На некотором критическом уровне $B = B_c$ также возможен взаимный переход между T_{-1} и S без ввода энергии извне. Так, например, в системе ругене-dimethylaniline [15] этот уровень составляет ~ 1 мТ.

Возможность взаимных переходов между синглетом и триплетом при некоторых B_c , очевидно, повлияет на скорость химической реакции. Также возможно, что магнитная индукция от окружающих внешних и внутренних источников может иметь величину B_1 немного большую, или меньшую, чем требуемая B_c . В этом случае добавление переменного магнитного поля $B_{AC} \cos \omega t$ периодически будет создавать оптимальные условия для таких переходов. Следовательно, имеется возможность того, что малые переменные магнитные поля в присутствии геомагнитного поля могут повлиять на химические реакции в биологических системах, которые включают свободные радикалы как промежуточные продукты.

Теоретическое рассмотрение [19] влияния переменного магнитного поля с частотой между 0,5 и 3,0 МГц, что охватывает частоту прецессии электрона (1,4 МГц) в магнитном поле Земли (50 мТ), предсказывает эффекты в триплетном выходе при неожиданно низкой амплитуде переменного поля 0,7 мТ при статическом поле 50 мТ. Анализ цепочки реакций с участием пар радикалов показал [21], что даже небольшое порожденное полем изменение концентрации свободных радикалов может повлиять на скорость такого процесса, поскольку каждый радикал может вызвать многочисленные цепные события. С другой стороны, в работе [17] автор приходит к выводу, что магнитные поля окружающей среды значительно более слабые, чем поле Земли, не дают значительного биологического эффекта, который был бы обусловлен изменением вероятности рекомбинации пар радикалов.

Таким образом, влияние слабых магнитных полей на химические реакции с участием пар радикалов твердо установлено как теоретически, так и экспериментально, но в интерпретации этих явлений полной ясности нет [5].

Использование морфологического анализа при изучении влияния ЭМП на организм. Структура биожидкостей обусловлена слабыми связями, и она имеет достаточно высокую чувствительность к внешним воздействиям. Поэтому наиболее отчетливый отклик организма на внешнее волновое воздействие можно уловить при исследовании структуры биологических жидкостей. Действие волны внешнего источника, имеющей определенные параметры, оказывает синхронизирующее или десинхронизирующее влияние на внутримолекулярные и межмолекулярные взаимоотношения тканей организма и тем самым приводит к нормализации или разрушению их структуры.

В работах [1] и [21], [22] была экспериментально показана высокая чувствительность биожидкостей, в частности сыворотки крови человека, к ЭМП. В настоящее время в РНИИ Геронтологии (г. Москва) разработан и уже используется в клинической практике тест, который позволяет по анализу структуры дегидратированной биожидкости выбирать наиболее эффективные с точки зрения терапии виды ЭМ излучения [23]. Показано, что эффективность воздействия ЭМП зависит в большей степени от исходного состояния биообъекта.

При изучении морфологии сыворотки крови было выделено 4 типа исходных состояний:

1. Устойчивое нормальное, когда отсутствуют расхождения в структурах фации сыворотки крови в день забора и 24 часа спустя.

2. Неустойчивое нормальное – наблюдается наличие патологических сдвигов в структуре исходной фации и отсутствие их в суточной фации.

3. Неустойчивое патологическое – наличие патологических сдвигов в структуре суточной фации и отсутствие их в исходной.

4. Устойчивое патологическое – структурная организация исходной и суточной фаций имеет патологические параметры [10].

При воздействии ЭМП на биожидкости возможен переход из неустойчивого (патологическое или нормальное) состояния в новое – устойчивое или непатологическое (нормальное) состояние.

Таким образом, впервые для анализа изменений параметров сыворотки крови после воздействия НЧ ИМП использован морфологический метод, выявлены режимы магнитного поля, на которых наблюдались наиболее значимые изменения морфологической картины, исследована индивидуальная чувствительность сыворотки крови к ИМП. Выявлено, что интенсивность отклика зависит от исходного состояния сыворотки крови.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Украины в рамках Договора № М160-2004.

Список литературы

1. *Постников С.Н.* Электрические явления при трении и резании. – Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1975. – 280 с.
2. *Постников С.Н.* Явление магнитоиндуцированной диффузионной неустойчивости и его роль в медицинской магнитологии // Генераторы электромагнитного поля для магнитотерапии. Мат. Росс. науч.-практ. конф. (г. Саров, 4-5 апреля 1995 г.). – Саров, 1995. – С. 39-40.
3. *Шаталов В.М.* Физические модели влияния магнитных полей на биосистемы // Вісник Донецького університету. Сер. А: природничі науки. – 2001. – № 2. – С. 274-281.

4. Шаталов В.М., Нога И.В. Слабые электромагнитные воздействия на биосистемы // Физика и техника высоких давлений. – ДонФТИ НАНУ. – 2001. – Т. 4, № 4. – С. 101-104.
5. Беспалова С.В., Шаталов В.М., Нога И.В., Бузоверя М.В., Зоря В.В. Механизм магнитоиндуцированной неустойчивости в магнитотерапии // Тези доп. I міжнар. наук. конф. "Проблеми біологічної і медичної фізики" (м. Харків, 20-23 вересня 2004 р.). – Харків: Вид-во Харківського нац. ун-ту, 2004. – С. 203-204.
6. Постников С.Н., Масалов Ю.А. Явление магнитоиндуцированной диффузионной неустойчивости и его роль в медицинской магнитологии // Атом. – 2003. – № 12. – С. 17-19.
7. Бахмутский Н.Г., Синецкий Д.А., Фролов В.Е. Результаты комбинированного лечения рака молочной железы с предоперационной терапией вихревым магнитным полем // Низкоэнергетическая магнитотерапия. Опыт клинического применения и перспективы развития: Мат. науч.-практ. конф. (г. Москва, 16-17 декабря 1997 г.). – М., 1998. – С. 26-27.
8. Богданов А.Н., Кравцов Ю.И., Табарин В.А. Клиническая эффективность импульсного магнитного поля установок "Магнитотурботрон" и "Колибри" при цереброваскулярной патологии // Низкоэнергетическая магнитотерапия. Опыт клинического применения и перспективы развития: Мат. науч.-практ. конф. (г. Москва, 16-17 декабря 1997 г.). – М., 1998. – С. 27-28.
9. Small D.M. J Colloid. Interface Sci., 1977. – V. 58. – P. 581.
10. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека. М.: Хризостом, 2001. – 304 с.
11. Spiegelman D. The Neurosciences. – New York: The Rockefeller University Press, 1970. – 126 p.
12. Бернал Х. Возникновение жизни. – М.: Мир, 1969. – 391 с.
13. Постников С.Н., Масаловский В.М. Развитие диффузионной неустойчивости в метастабильных структурах после ОИМП // Мат. V междунар. науч.-техн. семинара по нетрадиционным технологиям "АМО 91" (г. Ботевград, май 1991 г.). – София – Нижний Новгород, 1992. – С. 3-7.
14. Cozens F.L., Scaiano J.C. A comparative study of magnetic field effects on the dynamics of geminate and random radical pair processes in micelles // Journal of the American Chemical Society. – 1993. – 115. – 5204-5211.
15. Hamilton C.A., Hewitt J.P., McLauchlan K.A., Steiner U.E. High resolution studies of the effects of magnetic fields on chemical reactions // Molecular Physics. – 1988. – 65. – P. 423-438.
16. McLauchlan K.A. Magnetokinetics, mechanistics and synthesis // Chemistry in Britain (Sept.). – 1989. – P. 895-898.
17. Adai R.K. Effects on radical pair reformation of very weak magnetic fields // The Annual Review of Research on Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery & Use of Electricity. – San Diego, CA, 1997. – P. 20-22.
18. Brocklehurst B., McLauchlan K.A. Free radical mechanism for the effects of environmental electromagnetic fields on biological systems // International Journal of Radiation Biology. – 1996. – 69. – P. 3-24.
19. Canfield J.M., Belford R.L., Debrunner P.G., Schulten K.J. A perturbation theory treatment of oscillating magnetic fields in the radical pair mechanism // Chemical Physics. – 1994. – 182. – P. 1-18.
20. Шаталов В.М. Возбуждение структурной релаксации закаленных ковалентных стекол магнитным полем в квазимолекулярной модели Толпыго // Физика и Техника Высоких Давлений. – ДФТИ АН Украины, 1996. – Т. 6, № 3. – С. 81-87.
21. Polk C. Effects of extremely-low frequency magnetic fields on biological magnetite // Bioelectromagnetics. – 1994. – 15. – P. 261-270.

22. *Grissom C.B.* Magnetic field effects in biology: a survey of possible mechanisms with emphasis on radical-pair recombination // *Chemical Reviews.* – 1995. – 95. – P. 3-24.
23. *Скопинов С.А., Антропова И.А.* Динамика формирования жидкокристаллических текстур в образцах сыворотки и плазмы крови у облученных животных // *Изв. АН. Сер. физ.*, 1995. – С. 150-151.
24. *Кузьмин В.А., Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. и др.* Сочетанное использование лазерного и КВЧ-излучений у больных пожилого и старческого возраста в пред- и послеоперационном периоде // *Проблемы геронтологии в современной России: Мат. науч.-практ. конф. (п. Правдинский Московской обл., 15 октября 1998 г.).* – М., 1998. – С. 121-132.

Бузоверя М.Е., Зоря В.В., Беспалова С.В., Нога І.В., Шаталов В.М. Морфологічний аналіз при оцінці відгуку сироватки крові на низькочастотне імпульсне магнітне поле. – Проведені кількісні оцінки змін морфологічних параметрів сироватки крові після обробки низькочастотним магнітним полем. Виявлено режими, на яких спостерігалися найбільш значимі зміни морфологічної картини й досліджена індивідуальна чутливість сироватки крові до імпульсних магнітних полів. Виявлено залежність спрямованості й величини відгуку від вихідного стану сироватки крові. Проаналізовано можливі фізичні механізми, відповідальні за це явище.

Ключові слова: магнітне поле, сироватка.

Buzoverya M.E., Zorya V.V., Bepalova S.V., Noga I.V., Shatalov V.M. **Morphological analysis in estimations of the blood response to low frequencies pulsed magnetic field treatment.** – Numerical estimations of some morphological parameters of the blood serum response to low pulsed magnetic field were carried out The direction dependence of the response from outgoing state of serum was shown. A physical mechanism of the effects arising from pulse magnetic field treatment was proposed.

Key words: magnetic field, response.

П.К. Хиженков

РЕАКЦИИ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В КУЛЬТУРЕ И ОРГАНИЗМЕ ХОЗЯИНА НА ИСКУССТВЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: pavel@bio.donbass.com*

Хиженков П.К. Реакции патогенной микрофлоры в культуре и организме хозяина на искусственные переменные магнитные поля. – Изучено влияние переменных магнитных полей H низких частот f на процессы заживления гнойных ран кожи белых мышей. Исследовано влияние $H=60$ Э при $f=1,5; 8; 24$ и 50 Гц. Показано, что переменные магнитные поля не оказывают достоверно значимого влияния на сроки заживления ран. У контрольных и опытных животных оно равно ~ 20 сут. Отмечено отличие развития раневого процесса во времени для разных частот. В контроле очищение ран от гноя происходило на 10-е сутки, в условиях $f=50$ Гц – на 7-е, при $f=8$ Гц наблюдалась задержка процесса – очищение на 14-е сутки. Влияние H с $f=1,5$ Гц незначительно, процесс задержан примерно на одни сутки, а с $f=24$ Гц в такой же мере ускорен. В экспериментах на культурах *Staphylococcus aureus* выявлено замедление роста колоний при действии H с $f=5-8$ Гц.

Ключевые слова: переменное магнитное поле, микрофлора.

Введение

В настоящее время известно большое количество работ, касающихся исследования влияния магнитных полей на травматическую патологию [1-5], культуры гноеродных микроорганизмов [6-9], фагоцитарную активность лейкоцитов [10] и др. Большинство из них посвящено использованию постоянных магнитных полей и лишь отдельные – переменных [11-12]. В этой связи нам представлялось интересным выяснить, какая из частот переменного низко- и сверхнизкочастотного переменного магнитного поля наиболее эффективно воздействует на бактериальные клетки и течение гнойного раневого процесса.

Объекты и методы исследований

Эксперименты проводили на белых мышах одного возраста и веса. Рану наносили под легким эфирным наркозом путем иссечения со спины кожного лоскута диаметром 20 мм. С целью получения гнойных осложнений раны обрабатывали густым водным настоем мусора и помета, взятых из клетки, где содержали животных. На следующий день после операции раны становились гнойными. Исследовали влияние $H=60$ Э при $f=1,5; 8; 24$ и 50 Гц. Эксперименты с каждой частотой проводили во времени последовательно и все опытные группы животных (по 4 шт.) сопровождали такими же контрольными. Опытных животных ежедневно экспонировали в H по 6-8 час/сут начиная со второго дня эксперимента. Остальное время опытных и контрольных животных содержали вместе. По мере развития раневого процесса животных фотографировали.

Культуральные исследования проводили на *Staphylococcus aureus* – одном из наиболее распространенных гноеродных микроорганизмов. От исходной культуры в жидкой питательной среде отбирали 2-е пробы и тремостатировали при 27°C . Одна проба служила контролем, на другую действовали магнитным полем. Частота поля в экспериментах составляла 0,1; 1; 2; 5; 7; 8; 10; 20; 50 и 100 Гц, напряженность – 10 Э, время экспозиции для каждой частоты 1 час. После экспозиции в H производили пересев бактерий на твердую питательную среду и на 1 сутки помещали в суховоздушный термостат ($t=37^\circ\text{C}$), после чего подсчитывали количество выросших колоний. Зависимость роста числа бактерий от времени действия H определяли на частоте 8 Гц путем отбора равных проб один раз в час в течение 5 часов.

Результаты и обсуждение.

Как показали эксперименты, переменные магнитные поля не оказывают достоверно значимого влияния на время заживления ран у белых мышей. У контрольных и опытных животных оно равно ~ 20 суток. Однако, развитие раневого процесса во времени для разных

частот оказалось различным. На рис. 1 показана диаграмма продолжительности сохранения нагноения ран у контрольных и опытных животных. Если в контроле очищение ран от гноя произошло на 10-е сутки, то в условиях $f=50$ Гц – раны были чистыми уже на 7-е. При $f=8$ Гц наблюдалась явная задержка процесса: очищение на 14-е сутки. Действие Н с $f=1,5$ Гц незначительно, процесс задержан примерно на одни сутки, а с $f=24$ Гц в такой же мере ускорен.

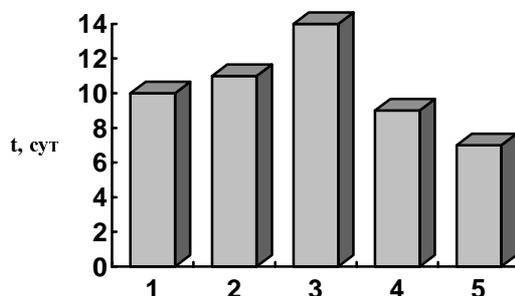


Рис. 1. Продолжительность сохранения нагноения у контрольных животных (1) и находившихся в магнитных полях при $f=1,5$ (2), 8 (3), 24 (4) и 50 Гц (5)

Из приведенных результатов видим, что переменное магнитное поле Н с частотой $f=50$ Гц оказывает благотворное влияние на течение гнойного процесса. В наших экспериментах магнитные поля действовали не локально, а на организм в целом. Для проведения локальных экспериментов мышь слишком мелкий объект. Однако клинические данные, полученные нами на больных с послеоперационными гнойными осложнениями, абсцессами и другими видами гнойной патологии, показали высокую положительную эффективность локального (в зоне очага) воздействия переменным магнитным полем с частотой 50 Гц. Такое воздействие в течение 15-20 минут за сеанс давало ярко выраженный противовоспалительный и болеутоляющий эффект, уменьшало посттравматический отек, усиливало восприимчивость патогенной микрофлоры к антибиотикам, чем способствовало увеличению результативности лечения больных.

Первую серию экспериментов на культурах *Staph. aureus* проводили при действии $f=8$ Гц – основной частоте колебаний геомагнитного поля. Полученные результаты показали (рис. 2), что в контрольной пробе число бактерий n в первый час удваивалось, далее прямолинейно возрастало и через 5 часов увеличивалось в 8 раз. В поле прирост n в первые два часа статистически недостоверен и только через 5 часов n увеличивалось примерно в 2 раза. Таким образом, при действии Н с $f=8$ Гц, наблюдали ярко выраженный бактериостатический эффект, для достоверной оценки которого достаточно одночасовой экспозиции культуры в поле.

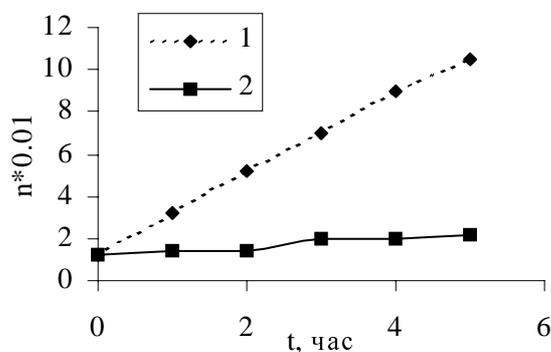


Рис. 2. Зависимость роста числа бактерий от времени воздействия поля. $N=0$ (1) и 10 Э при $f=8$ Гц (2)

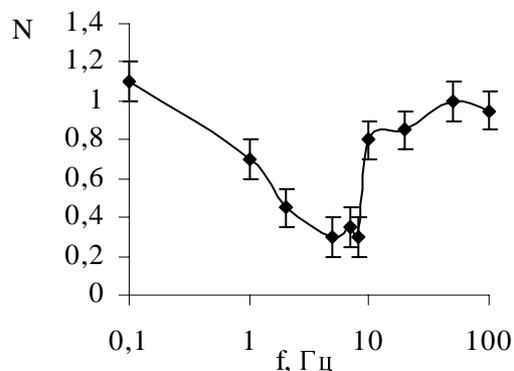


Рис. 3 Зависимость эффективности N воздействия поля от частоты f

Зависимость бактериостатической эффективности N от f оценивали в процентах от контрольных значений. Результаты приведены на рис. 3. При фиксированной напряженности определяющим фактором результативности действия N является величина f . Микроорганизм реагирует на колебания N только в определенном, довольно узком интервале критических частот f_k . При $f < f_k$ время τ изменения направления вектора N имеет, очевидно, значение того же порядка, что и время вращательной диффузии бактериальных клеток в жидкой питательной среде и, следовательно, такое поле не воспринимается микроорганизмом как переменное. Его действие оказывается сравнимым с действием геомагнитного поля, к которому организм хорошо адаптирован. Отсутствие влияния N при $f > f_k$ связано, надо полагать, с тем, что величина τ оказывается ниже необходимой для эффективного воздействия поля на внутриклеточные ионные и особенно свободнорадикальные системы, находящиеся в вязкой эндоплазматической среде. Такой подход представляется вполне оправданным, поскольку известно, что для взвешенных наноразмерных феррочастиц, находящихся в поле, существуют критические значения f , выше которых ферроколлоид ведет себя, как в постоянном поле [13].

Из приведенных экспериментальных результатов следует, что N с $f=8$ Гц является наиболее эффективной. Оно оказывает подавляющее действие на рост гноеродных бактерий в питательных средах. В тоже время при $f=8$ Гц продолжительность сохранения нагноения у мышей оказалась максимальной, а при $f=50$ Гц (нейтральной для бактерий в культуре) – минимальной. Однако эти результаты противоречивы только на первый взгляд. Магнитное поле оказывает влияние не только на гноеродную микрофлору, но и на организм животного, причем, как нами было показано раньше [14], наиболее угнетающее действие на мышей при наличии дополнительных лимитирующих условий (повышенная концентрация хлорида натрия в питье) оказывает N именно при $f=8$ Гц. Частота поля равная 50 Гц, на оборот, стимулирует жизнедеятельность подопытных животных. В описанных выше экспериментах лимитирующим фактором является обширная травма кожного покрова, что в комплексе с угнетающим действием N при $f=8$ Гц существенно ослабляет способность животного противостоять даже медленно развивающейся патогенной микрофлоре. Стимуляция жизнедеятельности при действии N с $f=50$ Гц способствует более успешному, чем в случае $f=8$ Гц и в контроле, противодействию организма животного гноеродным бактериям. Согласно результатам, полученным на культурах *Staph. aureus*, действующее поле при критических частотах лишь приостанавливает деление клеток, но отнюдь не приводит к их гибели. С целью выяснения последствия N на бактерий была поставлена еще одна серия экспериментов, в которой после одночасовой экспозиции культуры в N поле отключалось, и пересев на твердую питательную среду осуществлялся дважды – сразу после отключения N и спустя один час. В результате оказалось, что после замедления скорости деления клеток в опытной культуре, далее после отключения скорость роста не только восстанавливалась, но и возрастала по сравнению с контрольной, что к концу второго часа приводило к выравниванию и даже опережению экспериментальных значений n по сравнению с контрольными. Эти результаты можно рассматривать как еще одну причину более длительного сохранения нагноения ран у мышей в условиях действия N на частоте 8 Гц.

Выводы

1. На длительность гнойного периода раневого процесса наибольшее влияние оказывают переменные магнитные поля с частотами 8 и 50 Гц, причем в первом случае (8 Гц) процесс очищения раны замедляется, а во втором (50 Гц) – ускоряется.
2. Развитие гноеродной микрофлоры, в частности *Staphylococcus aureus*, в низкочастотном переменном магнитном поле замедляется в 2 и более раз.
3. После снятия полевого воздействия скорость размножения бактерий превышает контрольную.
4. На жизнеспособность бактерий существенное влияние оказывает субстрат, на котором они развиваются: питательная среда или животный организм, а также во втором случае общее физическое состояние этого организма.

Список литературы

1. *Веремей Э.И.* Применение постоянного магнитного поля при лечении раненых животных // Механизмы лечебного действия магнитных полей. – Ростов-на-Дону, 1987. – С. 23-26.
2. *Демецкий А.М., Алексеев А.Г.* Искусственные магнитные поля в медицине. – Минск, 1981. – 94 с.
3. *Муравьев М.Ф.* Магнитные поля в хирургии // Механизм лечебного действия магнитных полей. – Ростов-на-Дону, 1987. – С. 86-96.
4. *Никольский М.А., Федорова Р.И.* Влияние искусственного магнитного поля эластичных магнитов на репаративную регенерацию костей при их повреждениях // Механизмы лечебного действия магнитных полей. – Ростов-на-Дону, 1987. – С. 96-99.
5. *Свирчков В.Н., Нецветов М.В., Хиженков П.К.* Ферромагнитные композиционные имплантанты. Практическое использование // VIII Междунар. Плесская конф. по магнитным жидкостям. Сб. науч. тр. – Плес, 1998. – С. 181-184.
6. *Павлович С.А.* Магниточувствительность и магнитовосприимчивость микроорганизмов. – Минск, 1981. – 172 с.
7. *Ачкасова Ю.Н., Владимирский Б.М.* Реакция микроорганизмов на воздействие магнитного поля с частотой в диапазоне КПК типа Рс2 // Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические эффекты. – Белгород, 1973. – С. 127-129.
8. *Aarnolt E., Flinn E.A., Smith C.W.* Effect on Low-frequency Magnetic Field on Bacterial Growth Rate // Phis. Med. and Biol. – 1981. – Vol. 26, № 4. – P. 613-621.
9. *Павлович С.А.* Действие магнитных полей на чувствительность микроорганизмов к антибиотикам // Электронная обработка материалов. – 1969. – № 3. – С. 76-81.
10. *Хиженков П.К., Зинкович И.И., Нецветов М.В.* Магнитореактивность крови животных и человека // Электронная обработка материалов. – 2001. – № 1. – С. 50-56.
11. *Дудин А.Б.* Влияние магнитного поля на микроциркуляцию и кислородный режим при переломе нижней челюсти в эксперименте // Медико-биологическое обоснование применения магнитных полей в практике здравоохранения. – Л., 1989. – С. 73-78.
12. *Дудин А.Б.* Низкочастотное магнитное поле и регенерация костной ткани челюсти: оптимизация параметров воздействия (экспериментальное исследование) // Стоматология. – 1990. – № 1. – С. 22-24.
13. *Хиженков П.К.* Доменные структуры в плоских слоях ферроколлоидов // Известия АН СССР. Сер. физ. – 1991. – Т. 55, № 6. – С. 1078-1085.
14. *Нецветов М.В., Хиженков П.К.* Эколого-биологическая модель влияния переменных электромагнитных полей на выживание мышей в лимитирующих условиях // Экологія та ноосферологія. – 2002. – Т. 11, № 1-2. – С. 52-58.

Хиженков П.К. Реакції патогенної мікрофлори у культурі та організмі-хозяїні на штучні змінні магнітні поля. – Досліджено вплив змінних магнітних полів H низьких частот f на процеси загоєння гнійних ран шкіри білих мишей. Вивчено вплив $H=60$ Е при $f=1,5; 8; 24$ та 50 Гц. Доведено, що змінні магнітні поля не мають достовірно значного впливу на терміни загоєння ран у білих мишей. У контрольних та опитних тварин воно дорівнює ~ 20 діб. Відмічена різниця хронології розвитку раневого процесу для різних частот. У контролі очищення ран від загоєння завершувалось на 10-у добу, в умовах $f=50$ Гц – на 7-у, при $f=8$ Гц відзначалось затримання процесу – очищення на 14-у добу. Вплив H з $f=1,5$ Гц незначний, процес затримано приблизно на одну добу, а з $f=24$ Гц у такий же мірі прискорено. У експериментах на культурах *Staphylococcus aureus* виявлено затримання росту колоній при дії H з $f=5-8$ Гц.

Ключові слова: перемінне магнітне поле, мікрофлора.

Khizhenkov P.K. The reaction reaction of pathogenic microflora and host on artificial alternative magnetic field. – Studied influence of alternative magnetic fields low- and superlow-frequencies on processes of healing of skins, purulent wounds of white mice. Investigated influence of $H=60$ Oe at $f=1,5, 8, 24$ and 50 Hz. Is found out, that the alternative magnetic fields do not have significant influence on terms of healing of wounds at white mice. At control and skilled animals it has appeared equal ~ 20 day. But, the development of process in time for different frequencies has appeared various. In the control purification of wounds from pus has taken place for 10 day, in conditions $f=50$ Hz – 7, at $f=8$ Hz the obvious delay of process – purification for 14 day was observed. The influence H with $f=1,5$ Hz is insignificant, the process is detained approximately for one day, and with $f=24$ Hz in the same measure is accelerated. At experiment on culture of *Staphylococcus aureus* reveal growth impairment under effect of H at $f=5-8$ Hz.

Key words: variable magnetic field, microflora.

М.В. Нецветов, П.К. Хиженков, А.П. Энглези
МАГНИТОИНДУЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИОННОГО И ВОДНОГО БАЛАНСА
ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПОВРЕЖДЕНИИ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: pavel@bio.donbass.com

Нецветов М.В., Хиженков П.К., Энглези А.П. Магнитоиндуцированные изменения ионного и водного баланса головного мозга при экспериментальном повреждении. – Рассмотрены экспериментальные предпосылки применения низко- и сверхнизкочастотных магнитных полей для корректировки ионного и водного баланса в поврежденной нервной ткани. Проведен анализ изменений ионного состава в тканях головного мозга мышей, на основе которого выявлено увеличение концентрации ионов кальция и снижение магния. Показано, что магнитные поля ($H=30$ Э, $f=1,5-50$ Гц, время экспозиции $t=30$ минут, длительность эксперимента 5 суток) обладают кальций-блокирующим и магний-накапливающим эффектом. Магнитное поле ($H=30$ Э, $f=16$ Гц, $t=30$ минут, продолжительность эксперимента 7, 14, 30 суток) способствует более быстрому началу восстановления водного баланса в очаге деструкции головного мозга крыс.

Ключевые слова: магнитное поле, ионный баланс, мозг, травма.

Введение

В последнее время в нейробиологии возрастает интерес к слабым низкочастотным переменным магнитным полям (ПеМП) как терапевтическому средству. Это обусловлено несколькими причинами. Применение ПеМП является неинвазивным средством, а значит, не приносит дополнительной травмы, как, например, вживление электродов при электростимуляции. Оно не вызывает болевых ощущений и его действие можно локализовать в ограниченном участке и объеме. Основными методами магнитной стимуляции в нейробиологии являются транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) и магнитосудорожная терапия (МСТ). Эффект ТМС основан на способности электрических сигналов разной частоты вызывать длительную депрессию либо длительную потенциацию нейронов [1]. Это делает ТМС весьма привлекательным методом для коррекции динамических перестроек, механизмов обучения и памяти, для смещения активности в альтернативные нейронные сети.

Вместе с тем переменные магнитные поля меньшей напряженности, чем применяемые в ТМС (около 1,5 кЭ), обладают биологическими эффектами, которые могут оказаться полезными в борьбе с развитием патологических процессов при повреждении головного мозга, когда нарушается водно-электролитный обмен. Вторичные патологические процессы при черепно-мозговых травмах (ЧМТ) состоят в повышении концентрации кальция, тромбоксанов, простагландинов и др. [2, 3]. Ионы Ca^{2+} в травмированной нервной ткани активируют процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) в нейронах, способствуют синтезу эндоперекисей, тромбоксанов и простагландинов – спазмогенных факторов для артериол и капилляров головного мозга. Кальций обладает и самостоятельным спазмогенным действием в гладкомышечных клетках кровеносных сосудов. Генерализация вазоспазма приводит к возникновению и расширению областей ишемии и некрозов в перифокальной зоне очагов деструкции. Вызываемый ишемией энергетический дефицит является причиной блокирования кальциевой АТФ-азы, накопления внеклеточного глутамата, деполяризации нейронов. В итоге в клетке еще больше увеличивается концентрация ионов кальция, поступающих через потенциал- и глутаматзависимые кальциевые каналы.

Таким образом, одним из важнейших направлений поиска средств снижения тяжести патологии в травмированной нервной ткани является разработка методов коррекции концентрации кальция в ней. Данное обстоятельство обуславливает наш интерес к электрическим и электромагнитным полям (ЭП и ЭМП), поскольку их первичное действие на биосистемы связывают влиянием на транспорт кальция и других ионов и молекул через клеточные мембраны.

Теоретические и экспериментальные предпосылки применения низкочастотной магнитной стимуляции при патологии нервной ткани. Влияние переменных электромагнитных полей на проницаемость мембран клеток исследовано как теоретически, так и экспериментально. В [4] на стандартной математической модели мембраны показано, что внешнее переменное электрическое поле может вызывать изменение проводимости ионных каналов, но только в том случае, если частота приложенного поля близка к некоторой собственной частоте, находящейся в пределах от 0,1 до 10^3 Гц. В других теоретических работах [5, 6] исследовали изменение скорости потока кальция через мембранные каналы больших сферических и вытянутых клеток при экспозиции в переменных электрическом и магнитном поле. Показано, что пороговые величины полей с частотой 50 Гц лежат в пределах единиц – десятков эрстед. Оригинальный механизм влияния переменного магнитного поля (ПеМП) на ионную проницаемость клеточных мембран предложен в [7]. Показано, что при определенных соотношениях между частотой и амплитудой внешнего ПеМП может иметь место параметрическое увеличение амплитуды колебаний ионов и соответственно ионной проницаемости. В работах В.В. Леднева (например, [8]), предложены формулы для определения амплитуд и частот постоянного и переменного магнитных полей, соответствующих магнитному параметрическому резонансу ионов, связанных с булками, например кальмодулином.

Отчасти теоретические прогнозы подтверждаются экспериментальными исследованиями, но в тоже время и могут опровергать их. Так, используя "patch clamp" технику, японские авторы [9] исследовали диффузию ионов кальция через отдельный ионный канал при действии комбинированных постоянного и переменного магнитного поля (КМП), настроенных на параметрический резонанс кальция в кальмодулине в соответствии с теоретической моделью [8]. Однако в ходе хорошо продуманного эксперимента не удалось зафиксировать какие-либо изменения, хотя сомнений в исправности и высокой чувствительности техники не было. В работе других авторов [10] исследовано влияние импульсного электромагнитного поля (ЭМП) с частотой 50 Гц и индукцией 3мТл на динамику внутриклеточного кальция в клетках астроциты человека. Предварительное химическое (фосфор (1,2 мкМ) или кофеин (20мМ)) повреждение клеток приводило к значительному увеличению внутриклеточной концентрации кальция. После воздействия полем концентрация основного кальция в клетках выросла с 143 ± 46 нМ до 278 ± 125 нМ, при совместном действии с кофеином наблюдали аналогичный эффект. После предварительного повреждения клеток только фосфором или фосфором совместно с кофеином действие ЭМП приводило к спаду внутриклеточной концентрации кальция. Для оценки влияния ЭМП на мембрану клетки, поврежденные фосфором, помещали в свободный от кальция раствор на время, за которое вне поля концентрация кальция внутри клетки не изменяется. Эксперимент проведен без и при добавлении кофеина, в результате обнаружено снижение внутриклеточной концентрации кальция с 824 ± 425 до 38 ± 13 нМ и с 1369 ± 700 нМ, соответственно. При этом ЭМП не оказало влияния на клеточную пролиферацию или гибель клеток, которые оставались неизменными после экспозиции.

В работе [11] изучали влияние ПеМП 60 Гц на изменение внутриклеточного уровня кальция в хромаффинных клетках бычьих надпочечников. Наблюдение за состоянием кальция проводили методом флуоресценции на клетках с введенным кальциевым индикатором fluo-4 в период экспозиции в магнитном поле с индукцией 0,01; 0,1; 1,0; 1,4; 2,0 мТл. При сравнении числа и типов перемещения кальция в опыте и контрольных группах (вне поля и катушек и в катушках без поля) достоверных отличий не отмечено. В первый из восьми дней культивирования выявлена достоверная разница количества ответов клеток на добавление антагониста никотинхолинергических рецепторов – диметилфенилпиперазина – между опытными группами (1 и 2 мТл), а также между ними и обеими контрольными. Достоверные отличия по количеству ответов на добавление КС1 в деполяризующей концентрации не обнаружены. Таким образом, кальций в бычьих хромаффинных клетках

надпочечников оказался не восприимчив к действию поля, но, в то же время, никотиновые рецепторы плазматической мембраны могут испытывать его влияние.

В работе [12] выявлено влияние КМП ($H_0=27-37$ мкТл; $H_A=13-114$ мкТл и $f=7-72$ Гц) на транспорт кальция с использованием высокоочищенных везикулярных мембран. На основании результатов экспериментов утверждается, что при определенном сочетании постоянное и переменное поля прямо воздействуют на мембранный белок в кальциевом канале мембраны. Авторы работы [13] установили, что экспозиция в ПеМП 50 Гц 50 мкТл и статическом МП (57 и 15 мкТл вертикальная и горизонтальная составляющие, соответственно) приводит к устойчивому увеличению внутриклеточной концентрации кальция в питуитарных клетках крыс: с начального уровня 185 ± 4 нМ до 326 ± 41 нМ. 29% от всех клеток имели концентрацию более 300 нМ и были идентифицированы как лактотропы. Рост концентрации кальция для большей части клеток происходил за счет его диффузии через электрозависимые дигидропиридин-чувствительные кальциевые каналы, ингибируемые PN 200-110. В дополнительных экспериментах показано, что вариации кальциевого баланса лактотропов были связаны с ухудшением некоторых митохондриальных процессов. В [14] отмечено уменьшение осцилляции кальция в человеческих лейкемических Т-клетках под действием ПеМП с частотой 50 Гц и $10 \cdot 10^{-3}$ Гц. В работе [15] показано, что калиевый канал восприимчив к воздействию ПеМП с $f=50$ Гц различной напряженности.

Авторами [16] исследовано влияние электрического поля (60 Гц, 6 или 60 мкА/см², экспозиция 30 минут или 24 часа) на уровень кальция в цитозоле спленоцитов, стимулируемых конканавалином-А или фитогемагглютинином. Клеточная смертность снизилась на 2%. Воздействие лишь ЭП 6 мкА/см² не привело к изменению уровня кальция, но при сочетанном с лецитином действии наблюдалось значительное увеличение уровня цитозольного кальция в клетках. В работе других авторов [17] получены похожие результаты – комбинированные магнитные поля, формально соответствующие кальций ионному резонансу, не имели самостоятельного эффекта изменения цитозольной кальциевой концентрации. Однако эффект появляется в присутствие серы.

Заметное влияние ПеМП оказывает на водно-солевой обмен у мышей [18, 19]. В условиях действия поля (6,5 Гц и 8 Гц, ~60 Э) изменяется ряд связанных со свойствами мембран показателей функциональной активности клеток крови человека и животных – статистически значимо возрастает концентрация малонового диальдегида, падает осмотическая резистентность эритроцитов и выход белка в инкубационную среду. Угнетается фагоцитарная активность лейкоцитов [20, 21]. Известно, что переменные ($f=1,5-50$ Гц) магнитное поле (60Э) и электрические токи (10мА) изменяют проницаемость растительных клеточных мембран для ионов тяжелых металлов [22-25].

В свете выше сказанного интересны выводы авторов работы [26]: на основе результатов исследований (ик–спектроскопии) состояния мембранных белковых структур при воздействии ПеМП (50 Гц, 41,7-43,6 мТл) установлено, что магнитное поле имеет обратимое влияние на изгиб N-H связи и растягивающие колебания C-N связи в пептидных цепях, а также изменяет вторичную структуру в белках клеточных мембран. Таким образом, исследования возможности применения низкочастотных ПеМП с целью коррекции ионного баланса в нервной ткани представляются вполне перспективными.

Катионный баланс головного мозга при экспериментальной ЧМТ и экспозиции в ПеМП. Перед обсуждением основных результатов (влияние ПеМП на травмированную нервную ткань) рассмотрим характер изменений ионного баланса при повреждении головного мозга (5-е сутки экспериментальной ЧМТ) у мышей [27-30]. Для удобства сравнения не равных по содержанию ионов и соотношений мы отнесли значения показателей для каждой особи к соответствующим средним контрольной группы интактных животных, считая их условной нормой, т.о. $C_i=c_i/c_{\text{норма}}$. Из рис. 1 А хорошо видно, что при травме происходят заметные разнонаправленные изменения концентрации ионов магния и кальция. Одновременно нервная ткань не лишается и не накапливает ионов натрия и калия, неизменно

и общее (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+) содержание основных ионов. При увеличении $[Ca^{2+}]$ такое постоянство обусловлено скомпенсированным снижением его естественного антагониста ([2, 31]) в клетке – $[Mg^{2+}]$. Как следствие, в травмированном мозге происходят изменения некоторых соотношений ионов, например, физиологически важного $[Mg^{2+}]/[Ca^{2+}]$, а также их доля в суммарном содержании основных ионов.

Из всех приведенных на рис. 1. показателей для нас наиболее важными являются те, что отражают содержание магния и особенно кальция, поскольку, как обсуждалось выше, именно Ca^{2+} в большой степени определяет развитие патологических процессов при повреждениях головного мозга [2-3]. Однако отсутствие строгого теоретического описания механизма воздействия полей на молекулярные процессы клетки и однозначных экспериментальных данных делает необходимым установление опытным путем наиболее эффективных параметров для применения в магнитотерапии травмированного мозга.

Согласно модели Вивера [5, 6], для полей с частотой около 50 Гц биологически эффективные напряженности определяются размерами и формой клетки и имеют порядок единиц – десятков эрстед. Кроме того, не следует исключать возможной эффективности полей с частотами, несколько отличающихся от 50 или 60 Гц, например, частотами геомагнитных микропульсаций, резонанса Шумана и др., распространенных в биосфере и, без сомнения, несущих информационные функции при взаимодействии с биосистемами. Исходя из этого нами был исследован эффект ЭМП (30 Э) в диапазоне 1,5–50 Гц при воздействии в течение 5 суток (по 30 мин/сут) на интактных и травмированных животных.

На рис. 1 Б (экспериментальная группа интактных животных) мы намеренно не приводим данных для отдельных частот на фоне отклонения контрольных показателей, чтобы не потерять наглядности, тем более, что направленность эффекта практически во всех случаях оказалась одинаковой. Реакция интактной нервной ткани на ЭМП выражается изменением средних показателей ионного баланса на десятки процентов от контрольных величин и для некоторых показателей при определенных частотах достигает 100%. В первую очередь это относится к интересующему нас соотношению $[Mg^{2+}]/[Ca^{2+}]$. Натрий и калий, как и при ЧМТ, оказались практически неизменными. Наименьший эффект в данном эксперименте имело ЭМП с частотой 8 Гц, по всем показателям достоверные отличия от контрольных данных отсутствуют.

Для выбора ЭМП с максимальным кальций-блокирующим и магний-накапливающим эффектом рассмотрим частотную зависимость $C_{Ca}(f)$ и $C_{Mg}(f)$ рис. 2 А, средние групповые значения концентраций были приведены к средним групповым травмированных контрольных животных, не экспонировавшихся в ПемП, т.е. ($C=C_{опыт}/C_{контроль}$). Интересно, что при частотах от 8 Гц зависимость близка к линейной, и эффект (возрастание $[Mg^{2+}]$ или убывание $[Ca^{2+}]$) увеличивается с частотой. Линейная зависимость от частоты (около 50 Гц) предсказывается некоторыми теоретическими [5-6] и экспериментальными [32, 33] моделями. Примечательно также, что приводимые зависимости находятся в противофазе – коэффициент линейной корреляции Пирсона $r < -0,8$. Максимальной эффективностью обладают частоты 1,5 Гц и от 16 до 50 Гц. Однако при 32 Гц вариация содержания магния выше, чем при остальных частотах. Частота 8 Гц оказалась мало эффективной, вызванные изменения концентраций магния и кальция статистически не достоверны. Экспозиция животных с ЧМТ в магнитном поле привела и к высокодостоверному изменению концентраций ионов калия при частотах 1,5 и 50 Гц (рис. 2 Б) и натрия при $f=1,5; 40$ и 50 Гц. Характер частотных зависимостей концентраций данных ионов в целом соответствует кривым для двухвалентных катионов, что, по всей видимости, отражает скоординированность процессов транспорта разных ионов под влиянием поля.

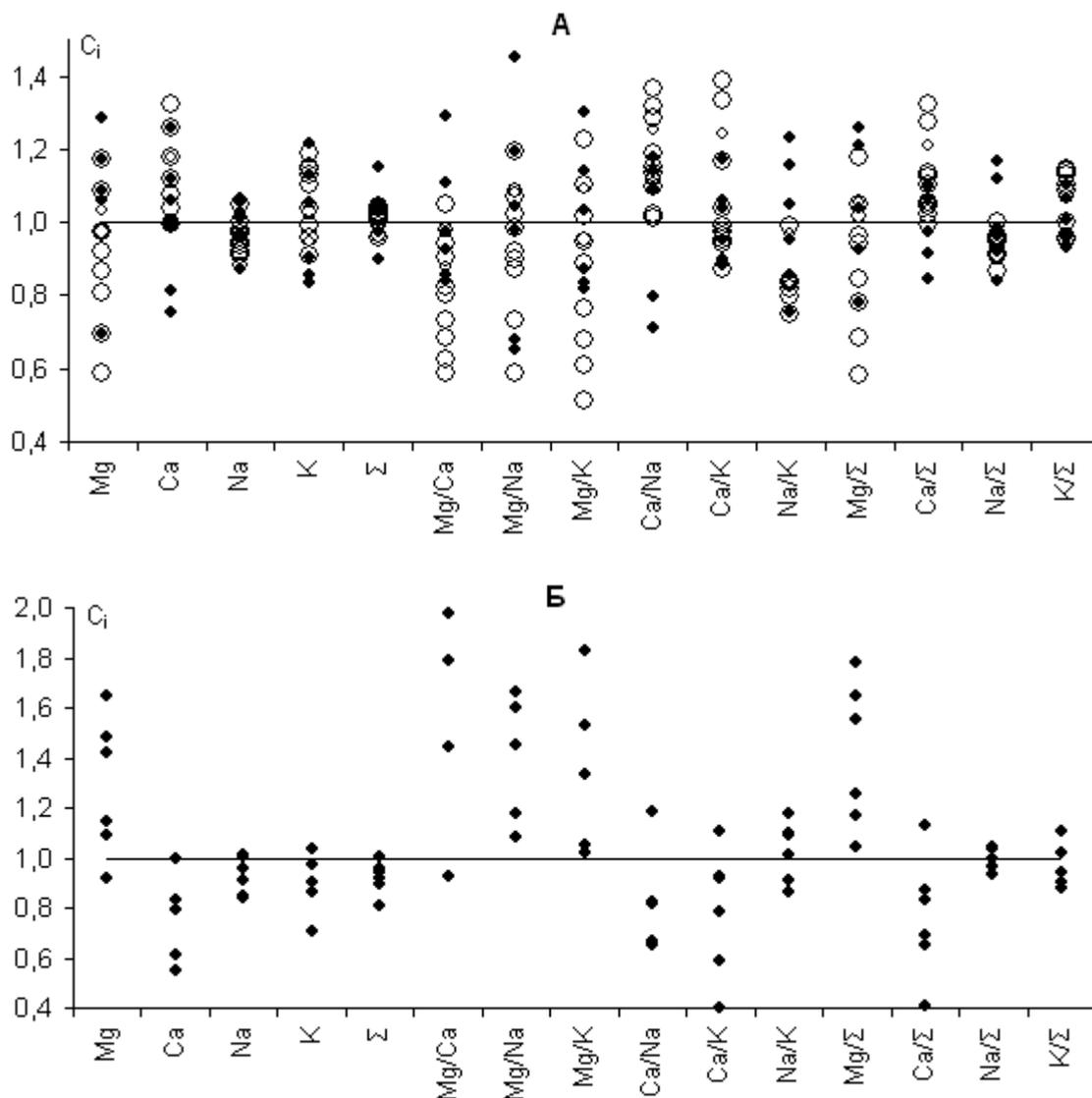


Рис. 1. Распределение относительных значений ($C_i = c_i/c_{\text{норма}}$) концентраций катионов, их суммы (Σ) и соотношений в головном мозге лабораторных мышей вокруг условной нормы («1»). А – данные из группы интактных животных (\bullet) и с травмированным мозгом (\circ); Б – интактных животных после 5-ти дневной (по 30 мин в сутки) экспозиции в ПеМП (N=30 Э, различных частот)

Влияние ПеМП на водный баланс травмированного мозга. Еще одним важнейшим биохимическим показателем при ЧМТ является состояние водного баланса в нервной ткани [2-3]. При увеличении количества связанной воды в клетках набухающие и денатурирующие белки цитоскелета не справляются со своими функциями, клетки теряют форму и развивается набухание мозга. Если же содержание связанной воды растет в межклеточном пространстве, обнаруживается отек мозга. Многие экспериментальные исследования свидетельствуют о возможности коррекции водного баланса низкочастотными и низкоинтенсивными переменными магнитными полями. В связи с этим в [34] были проведены исследования влияния ПеМП (N=30 Э, f=16 Гц) на состояние водного баланса, т.е. содержание свободной и связанной воды в нервной ткани непосредственно в очаге размозжения. В данном случае достоверные результаты методически проще получать на более крупных образцах, поэтому в качестве объекта в работе использовали лабораторных крыс.

Соотношение фракций свободной и связанной воды – коэффициент гидратации – были определены до и в разные сроки после нанесения травмы. Как видно из рис. 3 А в контроле, т.е. в отсутствие экспериментального ПеМП, коэффициент гидратации k в очаге деструкции значительно снижается на 7-е и 14-е сутки, а к 30 суткам незначительно восстанавливается. Недельная экспозиция в поле по 30 мин в сутки привела к более глубокому, чем в контроле, спаду k , но дальнейшее продолжение воздействия ПеМП сопровождалось быстрым ростом коэффициента гидратации, с опережением контроля (см. рис. 3 А).

После проведения корреляционного анализа была выявлена связь изменений содержания связанной воды с динамикой калий-натриевого баланса ($[K]/[Na]$) в головном мозге крыс (рис. 3 Б). Умеренная взаимосвязь данных показателей в контроле ($r > 0,5$) значительно возрастает при действии ПеМП ($r > 0,9$), т.е., как и в экспериментах на мышах, полевое воздействие приводит к большей скоординированности биохимических процессов, направленных на восстановление водного и электролитного баланса.

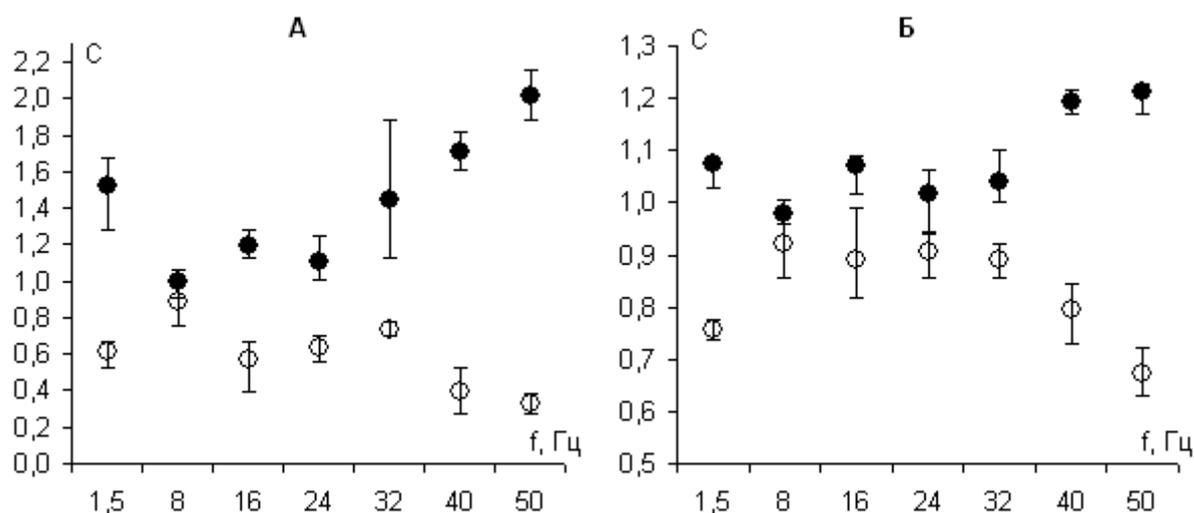


Рис. 2. Относительные значения концентрации $C = C_{\text{опыт}} / C_{\text{контроль}}$ ионов в травмированном мозге мыше после 5-ти дневной (по 30 мин в сутки) экспозиции в ПеМП ($N=30$ Э) при различных частотах f . А – для C_{Mg} (●) и C_{Ca} (○); Б – C_{Na} (●) и C_K (○)

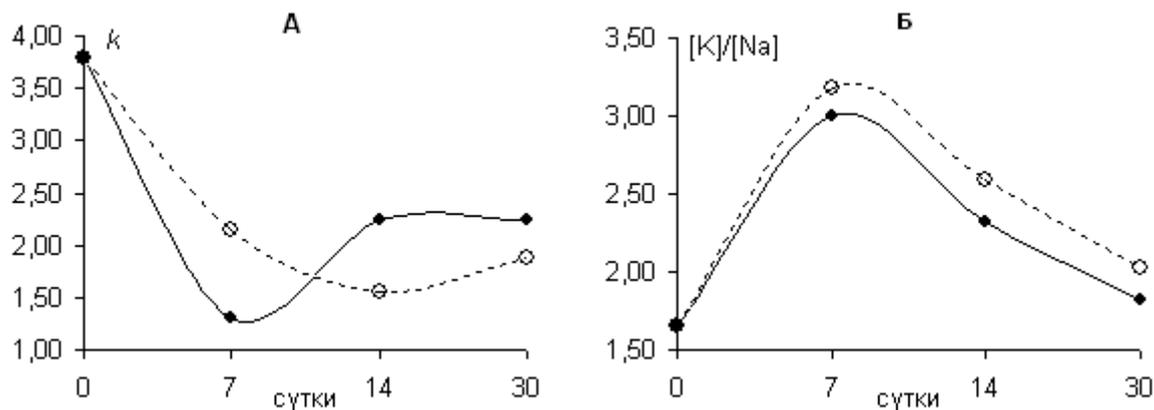


Рис. 3. Динамика коэффициента гидратации k (отношение содержания свободной воды к связанной) (А) и соотношения концентраций калия и натрия $[K]/[Na]$ (Б) в очаге деструкции головного мозга крыс при экспозиции в ПеМП ($N=30$ Э, $f=16$ Гц) (●) и в ее отсутствие (○)

Выводы

1. Основные нарушения катионного баланса в головном мозге мышей при экспериментальной ЧМТ состоят в снижении содержания в ней ионов магния и увеличении содержания ионов кальция.
2. Экспозиция (5 суток по 30 мин в сутки) мышей с интактным головным мозгом в переменных магнитных полях (30 Э) с частотами от 1,5 до 50 Гц приводит к увеличению соотношения $[Mg^{2+}]/[Ca^{2+}]$.
3. Воздействие ПеМП на мышей с травмированным мозгом также приводит к снижению магний-кальциевого соотношения при частотах 1,5 Гц и от 16 до 50 Гц.
4. Отношение k количества свободной воды к связанной в травмированном мозге крыс падает в течение 14 суток, а к 30-м незначительно растет.
5. Влияние ПеМП на водный баланс травмированного головного мозга крыс состоит в ускорении, по сравнению с контролем, снижения k – минимум приходится на 7-е сутки, а затем происходит его восстановление.

Список литературы

1. Джордж М. Чудеса магнитотерапии // В мире науки. – 2003. – № 12. – С. 39-49.
2. Гусев Е. И., Скворцова В.И. Ишемия головного мозга. – М.: Медицина, 2001. – 324 с.
3. Черный В.И. и др. Диагностика и лечение отека и набухания головного мозга. – К.: Здоровье, 1997. – 16 с.
4. Маркевич М.И., Сельков Е.Е. Математическая модель резонансного усиления внешних воздействий на мембрану // Биофизика. – 1986. – Т. 31, вып. 4. – С. 662-666.
5. Weaver James C. et al. Theoretical Limits on the Threshold for the Response of Long Cells to Weak Extremely Low Frequency Electric Fields Due to Ionic and Molecular Flux Rectification // Biophys. J. – 1998. – V. 75. – P. 2251-2254.
6. Weaver, J. C. and R. D. Astumian. The response of cells to very weak electric fields: the thermal noise limit // Science. – 1990. – V. 247. – P. 459-462.
7. Потапенко Т.П., Кучко А.Н., Хиженков П.К. К механизму влияния переменных магнитных полей на ионную проницаемость клеточных мембран // Вісник Донецького університету. – 2000. – Вип. 1. – С. 66-71.
8. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика. – 1996. – Т. 41, вып. 1. – С. 224-231.
9. Mayumi Obo, Shiro Konishi, Yoshihisa Otaka, Satoshi Kitamura. Effect of magnetic field exposure on calcium channel currents using patch clamp technique // Bioelectromagnetics – 2002. – V. 23. – P. 306-314.
10. Pessina G.P. et al. Pulsed electromagnetic fields affect the intracellular calcium concentrations in human astrocytoma cells // Bioelectromagnetics. – 2001. – V. 22. – P. 503-510.
11. Craviso G.L. et al. Intracellular calcium activity in isolated bovine adrenal chromaffin cells in the presence and absence of 60 Hz magnetic fields // Bioelectromagnetics – 2002. – V. 23. – P. 557-567.
12. Koch C.L.M. Bauréus et al. Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes // Bioelectromagnetics. – 2003. – V. 24. – P. 395-402.
13. Barbier E. et al. Stimulation of Ca^{2+} influx in rat pituitary cells under exposure to a 50 Hz magnetic field // Bioelectromagnetics. – 1996. – V. 17. – P. 303-311.
14. Galvanovskis J. et al. Cytoplasmic Ca^{2+} oscillations in human leukemia T-cells are reduced by 50 Hz magnetic fields // Bioelectromagnetics. – 1999. – V. 20. – P. 269-276.
15. Ottaviani E. et al. 50 Hz magnetic fields of varying flux intensity affect cell shape changes in invertebrate immunocytes: The role of potassium ion channels // Bioelectromagnetics. – 2002. – V. 23. – P. 292-297.

16. *Harakawa Sh. et al.* 60 Hz electric field upregulates cytosolic Ca^{2+} level in mouse splenocytes stimulated by lectin // *Bioelectromagnetics*. – 2004. – V. 25. – P. 204-210.
17. *Reinbold K.A., Pollack S.R.* Serum plays a critical role in modulating $[\text{Ca}^{2+}]_c$ of primary culture bone cells exposed to weak ion-resonance magnetic fields // *Bioelectromagnetics*. – 1997. – V. 18. – P. 203-214.
18. *Хиженков П.К., Нецветов М.В., Соболев В.В. и др.* Влияние переменного магнитного поля на течение гнойного воспалительного процесса и водно-солевой обмен у мышей // *Электронная обработка материалов*. – 2001. – № 4. – С. 83-86.
19. *Нецветов М.В., Хиженков П.К.* Эколого-биологическая модель влияния переменных магнитных полей на выживание мышей в лимитирующих условиях // *Екологія та ноосферологія*. – 2002. – Т. 11. – № 1-2. – С. 52-58.
20. *Хиженков П.К., Зинкович И.И., Нецветов М.В.* Магнитоактивность клеток крови человека и животных // *Электронная обработка материалов*. – 2001. – № 1. – С. 50-56.
21. *Хиженков П.К., Нецветов М.В.* К клеточному механизму реализации некоторых биологических эффектов солнечной активности и переменных магнитных полей // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 239-243.
22. *Хиженков П.К., Александрова Н.В., Нецветов М.В.* Проницаемость мембран клеток семян растений для ионов тяжелых металлов в условиях действия переменных магнитных полей // *Доп. НАН України*. – 1999. – № 8. – С. 166-169.
23. *Хиженков П.К., Нецветов М.В., Кисляк Т.П. и др.* Изменение проницаемости клеток семян ячменя для отрицательных органических ионов в зависимости от частоты действующего переменного магнитного поля // *Доп. НАН України*. – 2001. – № 3. – С. 179-180.
24. *Хиженков П.К., Добрица Н.В., Нецветов М.В. и др.* Влияние низко- и сверхнизкочастотных переменных магнитных полей на ионную проницаемость клеточных мембран // *Доп. НАН України*. – 2001. – № 4. – С. 161-164.
25. *Хиженков П.К., Кузик А.В., Нецветов М.В. и др.* Ионофоретическая активность низко- и сверхнизкочастотных электрических токов // *Доп. НАН України*. – 2001. – № 5. – С. 165-167.
26. *Ikehara T. et al.* Effects of ELF magnetic field on membrane protein structure of living HeLa cells studied by Fourier transform infrared spectroscopy // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – V. 24. – P. 457-464.
27. *Энглези А.П., Хиженков П.К., Титов Ю.Д. и др.* Влияние низко- и сверхнизкочастотных магнитных полей на ионный обмен и патоморфологию нервной ткани головного мозга при открытой проникающей черепно-мозговой травме // *Вісник проблем біології і медицини*. – 2002. – Вип. 2. – С. 86-93.
28. *Энглези А.П., Хиженков П.К., Нецветов М.В. и др.* Влияние низко- и сверхнизкочастотных магнитных полей и электрических токов на ионный обмен открытой проникающей черепно-мозговой травмы // *Электронная обработка материалов*. – 2002. – № 6. – С. 54-59.
29. *Энглези А.П., Хиженков П.К., Нецветов М.В.* Состояние ионного баланса очагов экспериментальной деструкции головного мозга под действием переменных магнитных полей низкой частоты // *Арх. клин. и эксп. медицины*. – 2003. – Т. 12, № 2. – С. 16.
30. *Энглези А.П., Хиженков П.К., Нецветов М.В. и др.* Применение физических факторов для уменьшения процессов эксайтотоксичности в очагах травматической деструкции головного мозга // *Мат. III з'їзду нейрохірургів України (г. Алушта, 23-25 вересня 2003 р.)*. – К., 2003. – С. 79.
31. *Костюк П.Г.* Кальций и клеточная возбудимость. – М.: Наука, 1986. – 255 с.

32. *Khizhenkov P.K. et al.* About a possible primary effect of alternating magnetic fields on the living organism // Int. Conf. on Magnetism 1997 (27 juli – 1 august 1997). – Cairus Convention Centre, Australia ICM, 1997. – K2-60.
33. *Хиженьков П.К., Макмак И.М., Миронова Г.И. и др.* К механизму действия переменных магнитных полей на живые организмы // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 1998. – Т. 7, № 2. – С. 148-150.
34. *Энглези А.П., Пономарева О.Ф., Верхоглядюв Ю.П. и др.* Водно-електролітний обмін в тканиях головного мозгу живих тварин при відкритій дозованій черепно-мозговій травмі і дії постійним магнітним полем // Вісник проблем біології та медицини. – 2003. – Вип. 6. – С. 45-49.

Нецветов М.В., Хиженьков П.К., Енглезі А.П. Магнітоіндуковані зміни іонного та водного балансу головного мозку при експериментальному пошкодженні. – Розглянуто експериментальні передумови застосування низько- та наднизькочастотних магнітних полів для корегування іонного та водного балансу в пошкодженій нервовій тканині. Проведено аналіз змін іонного складу в тканинах головного мозку мишей, на підставі якого виявлено збільшення концентрації іонів кальцію та зниження магнію. Показано, що магнітні поля ($H=30$ Е, $f=1,5-50$ Гц, час експозиції $t=30$ хвилин, тривалість експерименту 5 діб) мають кальцій-блокуючий та магній-накопичувальний ефект. Магнітне поле ($H=30$ Е, $f=1,6$ Гц, $t=30$ хвилин, тривалість експерименту 7, 14, 30 діб) сприяє більш швидкому відновленню водного балансу в осередку деструкції головного мозку пацюків.

Ключові слова: магнітне поле, іонний баланс, мозок, травма.

Netsvetov M.V., Khizhenkov P.K., Englesi A.P. Magnetically induced modifications of the injured nerve tissue ionic and water balance at the experimental conditions. – The extremely low frequency magnetic fields (ELFMF) stimulation of the nerve tissue is one of the top-interesting biological and neurobiological problems. We consider some theoretical and experimental prerequisites for injured brain treatment ELFMF application and based on ones for select the most appropriable parameters of magnetic fields. A one of 3 key results is the increase of $[Ca^{2+}]$ and bounded water fraction and decrease of $[Mg^{2+}]$ in a mouse injured brain. Secondly it is the ability of some magnetic fields ($H=30$ Oe, $f=1.5-50$ Hz, exposure time $t=30$ minutes, experiment duration 5 days) to kindly alter ionic flux in the intact and injured nerve tissue. And the third it is the ELFMF ($H=30$ Oe, $f=16$ Hz, exposure time $t=30$ minutes, eperiment duration 7, 14 and 30 days) ability to affect water balance in the rats nerve tissue destruction centers. By considering all the perspectives, we suppose the ELFMF action in human nerve tissue pathology.

Key words: magnetic fields, ionic balance, nerve tissue, injuring.

О.И. Доценко, Л.А. Курносова, В.А. Доценко
ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ МЕМБРАН
ЭРИТРОЦИТОВ МЫШЕЙ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Доценко О.И., Курносова Л.А., Доценко В.А. Влияние низкочастотной вибрации на состояние мембран эритроцитов мышей. – Мыши подвергались тридцатиминутной вибрации на частотах 2, 8, 16, 24, 32, 40 и 50 Гц с постоянным ускорением $5\pm 2g$ в течение пяти дней. В динамике эксперимента определяли каталазную активность эритроцитов, количество эритроцитов в крови и константы гемолиза клеток. Показано, что частота механических колебаний и длительность вибрации достоверно влияют на состояние мембран эритроцитов.

Ключевые слова: низкочастотная вибрация, эритроциты, каталазная активность, гемолиз эритроцитов.

Введение

Периодические движения, циклические процессы занимают главенствующее положение в природе. Механические колебания участвовали в создании биологических структур при истоках зарождения жизни. Они являются постоянно действующим фактором на нашей планете и наблюдаются во всех сферах [1].

В основе действия вибрации лежит биологический резонанс. Поэтому механические вибрации вызывают реакцию соответствующих рецепторов раздражением, которое по интенсивности едва превышает энергию теплового движения молекул. Диапазон резонансных частот для клеток и тканей теплокровных варьирует в зависимости от состояния их структуры. Особенно вредны колебания с частотой 6-9 Гц. Эти частоты близки к собственным колебаниям внутренних органов и приводят к резонансу, в результате которого могут происходить перемещения внутренних органов (сердце, легкие, желудок) и их раздражение [2].

Характер и выраженность рефлекторных реакций при действии механических вибраций на организм зависят от их локализации, интенсивности, продолжительности, частоты вибрации и исходного состояния организма. Таким образом, звук и вибрация являются одновременно и биологически вредными, и биологически необходимыми.

Изучение влияния низкочастотной вибрации на биологический объект макромолекулярного уровня дает возможность установить ряд закономерностей, касающихся механизма действия этого фактора.

Материалы и методы исследования

Опыты были проведены на белых беспородных мышах. Вибрацию животных осуществляли при помощи электромеханического преобразователя, подключенного к генератору Г6-27 [3]. Животные подвергались тридцатиминутной вибрации с частотами 2, 8, 16, 24, 32, 40, 50 Гц и постоянным ускорением $5\pm 2g$ в течение пяти дней.

В качестве характеристик, отражающих реакцию организма животного на вибрацию, нами использовались данные о состоянии мембран эритроцитов, так как, во-первых, мембрана эритроцитов чувствительна к любым изменениям в организме; во-вторых, собственные частоты автоколебаний биомембран находятся в диапазоне 0,02-8 Гц.

Кровь для анализа брали сразу после окончания вибрации из хвостовых вен и использовали для изучения кинетики кислотного (0,004 М HCl) гемолиза и каталазной активности мембран эритроцитов. Изучение динамики кислотного гемолиза проводили на длине волны 650 нм (длина волны, при которой оптическая плотность образцов зависит от светорассеяния эритроцитов). Измерения оптической плотности взвеси эритроцитов после добавления равного количества гемолитика производили на фотоэлектроколориметре КФК-2МП с временным интервалом 5 сек. Измерение вели до получения совпадающих показаний оптической плотности, т.е. до завершения гемолиза. По спектрам поглощения гемолиза рассчитывали первые производные спектров (эритрограммы), которые использовали для

определения константы гемолиза $\left(k_{t_{1/2}}\right)$ – величины, обратной времени полураспада клеток, анализа положения и интенсивности максимумов эритрограмм. Каталазную активность мембран эритроцитов определяли по Баху и Зубковой [4]. Подсчет количества эритроцитов в крови животных осуществляли в камере Горяева.

Статистический анализ полученных экспериментальных данных проводили в программе STATISTICA.

Обсуждение результатов

Для характеристики физиологических свойств эритроцитов существует группа показателей, характеризующих в определенной степени биохимические системы, ответственные за сохранение целостности этих клеток. К числу таких показателей относится активность фермента каталазы, разлагающего перекись водорода и препятствующего перекисному окислению липидов в мембранах клеток.

На рис. 1 А и 2 А показано как меняется каталазная активность клеток в зависимости от частоты и времени вибрации. В первый день вибрации на частотах 2, 8, 16 Гц каталазная активность намного выше контроля, затем проявляется тенденция к ее снижению (контролем была каталазная активность крови мышей, не подвергавшихся вибрации). На второй и третий день вибрации на частотах 8 и 16 Гц каталазная активность близка к контролю, после чего мы снова наблюдаем тенденцию к ее увеличению.

После вибрации на частотах 24, 32, 40, 50 Гц каталазная активность близка к контролю в течение первых трех дней, а в некоторых случаях даже ниже контроля. На четвертый день вибрации каталазная активность начинает возрастать.

Характеризуя каталазную активность эритроцитарных мембран, необходимо параллельно проанализировать изменение количества эритроцитов в крови, так как известно, что уменьшение эритроцитов в крови сопровождается ростом каталазной активности. Известно, что активность каталазы оказывается максимальной в эритроцитах тех особей, у которых уровень форменных элементов находится на нижней границе нормы [5]. В этом проявляются защитные функции организма.

Зависимость количества клеток в крови от частоты и времени вибрации показано на рис. 1 Б и 2 Б. Видно, что величина частоты вибрации по-разному влияет на количество клеток в крови, однако во всех случаях прослеживается стойкая тенденция к снижению содержания эритроцитов. Таким образом, вибрация индуцирует разрушение эритроцитов. При этом каталазная активность должна возрастать, а не уменьшаться. Только на пятый день, мы видим рост каталазной активности, что скорее связано с адаптацией организма мышей к вибрации.

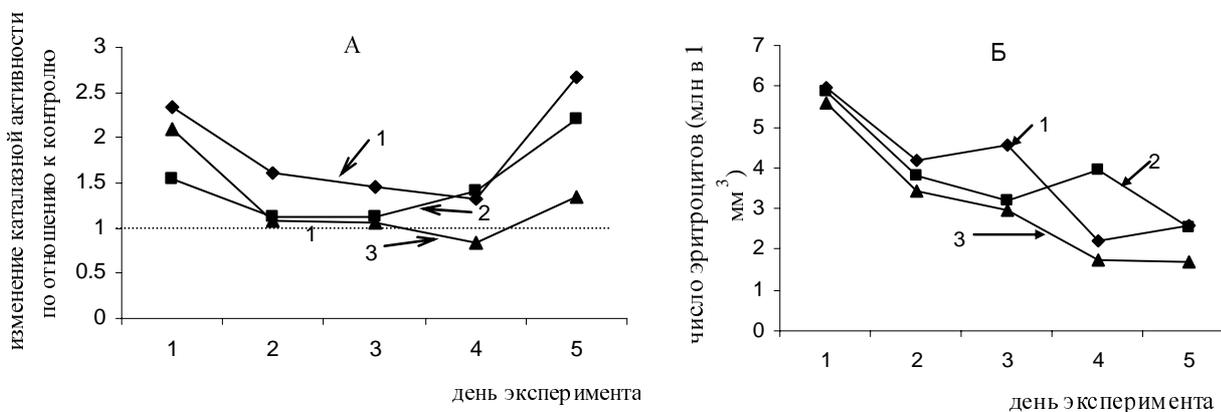


Рис. 1. Изменение каталазной активности крови по отношению к контролю (А) и количества эритроцитов в крови животных (Б), вибрировавших на частотах 2 (1), 8 (2), 16 (3) Гц

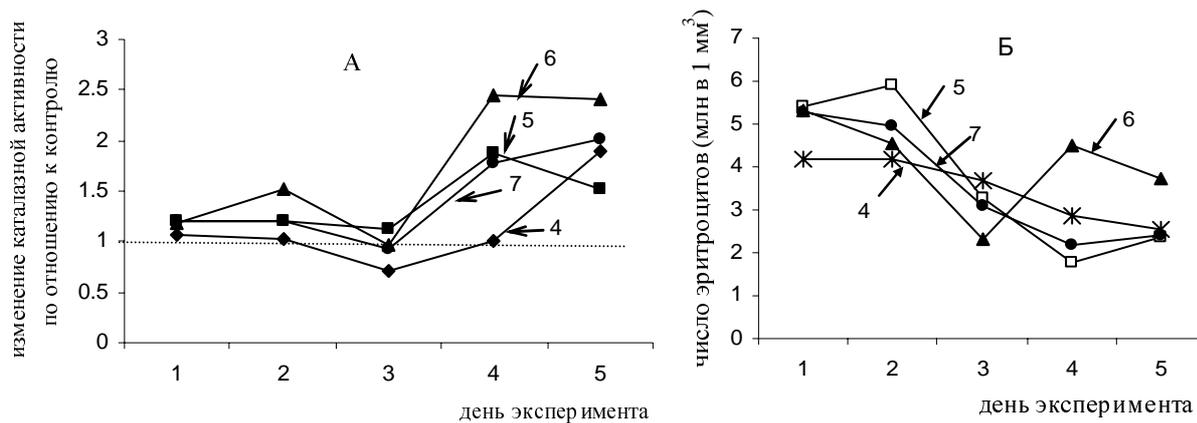


Рис. 2. Изменение каталазной активности крови по отношению к контролю (А) и количества эритроцитов в крови животных (Б), вибрировавших на частотах 24 (4), 32 (5), 40 (6), 50 (7) Гц

Результаты факторного дисперсионного анализа показали, что на каталазную активность мембран эритроцитов значимо влияют как временной фактор ($p < 0,004^*$), так и частота вибрации ($p < 0,04$). Зависимость каталазной активности от этих двух факторов показана на рис. 3.

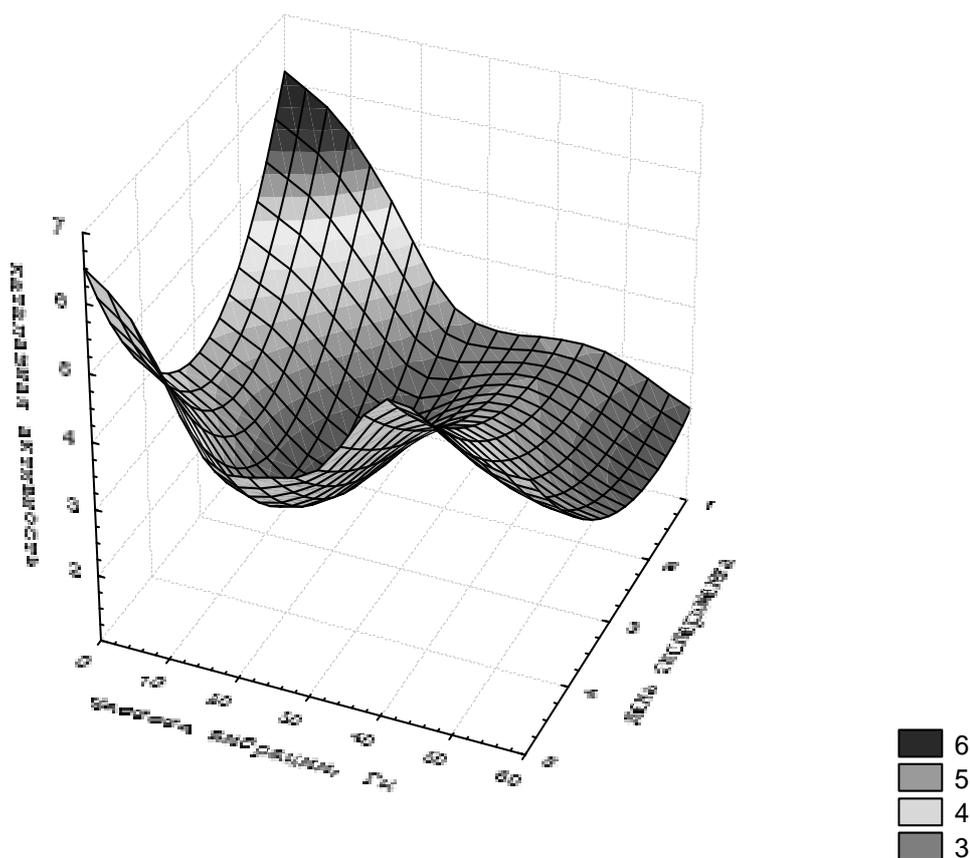


Рис. 3. Влияние временного фактора и частоты вибрации на величину каталазной активности мембран эритроцитов

Каталазная активность минимальна на 3-й и 4-й день вибрации на частотах 16 и 24 Гц и на второй день вибрации на частоте 50 Гц (см. рис. 3).

На основании данных о каталазной активности эритроцитов и количестве клеток в крови животных были рассчитаны каталазные индексы эритроцитов (индекс каталазной активности – каталазная активность эритроцитов отнесенная к количеству клеток в крови). Характер изменения каталазного индекса эритроцитов в зависимости от частоты и времени вибрации показан на рис. 4 А, Б. В ходе эксперимента у контрольных мышей индекс каталазной активности оставался на примерно одном уровне; он обозначен на рис. 4 прямой линией с надписью "к". На частотах 2, 8, 16 Гц индекс каталазной активности находился на уровне контроля в течение первых трех дней вибрации после чего наблюдался его рост. Индекс каталазной активности клеток животных, подвергавшихся вибрации на частотах 24, 32, 40 и 50 Гц в течение первых дней вибрации ниже контроля и затем также видна тенденция к его росту. На частотах 32 и 50 Гц (см. рис. 4 Б, зависимости 5, 7) на четвертый день вибрации наблюдался резкий рост каталазного индекса эритроцитов.

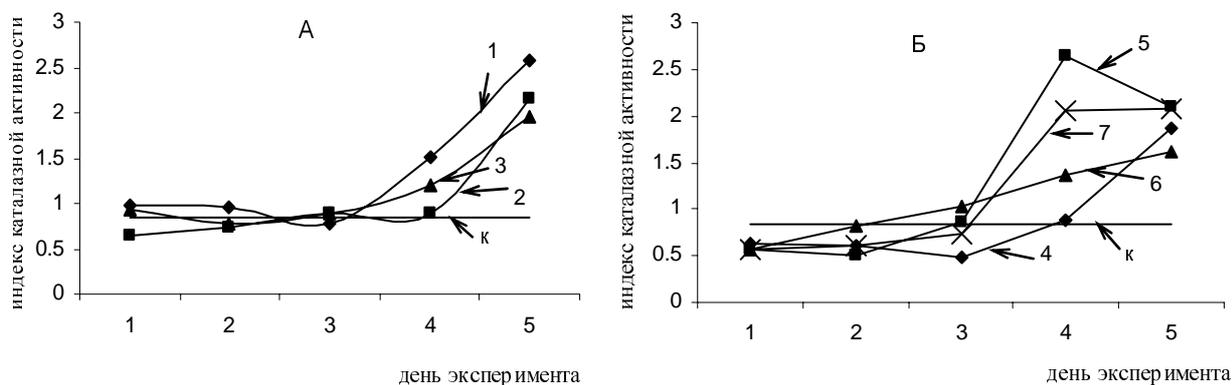


Рис. 4. Зависимость индекса каталазной активности эритроцитов от частоты и времени вибрации: 1 – частота 2 Гц, 2 – 8 Гц, 3 – 16 Гц, 4 – 24 Гц, 5 – 32 Гц, 6 – 40 Гц, 7 – 50 Гц, к – контроль

Индекс каталазной активности эритроцитов коррелирует с содержанием эритроцитов в крови ($r=-0,69$, $p=0,0001^*$) (рис. 5). Результаты факторного дисперсионного анализа показали, что на индекс каталазной активности эритроцитов и содержание этих клеток в крови значимо влияет только временной фактор и не влияет частота вибрации.

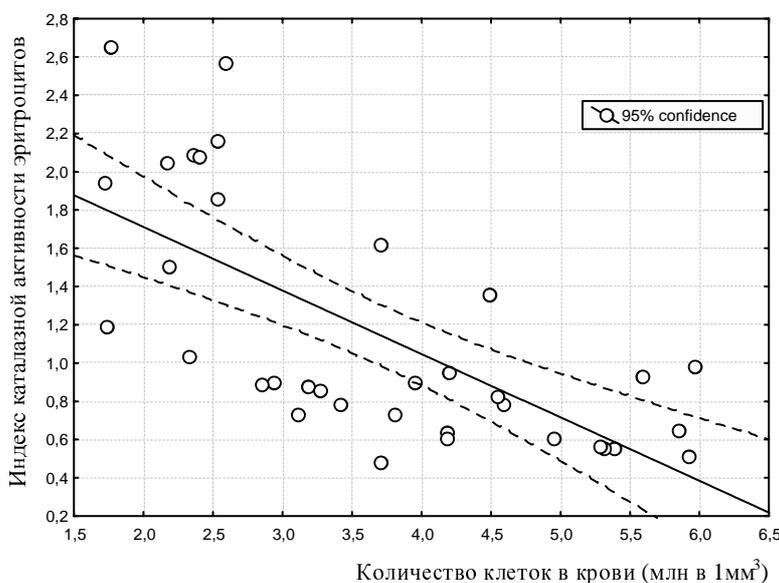


Рис. 5. Корреляционная зависимость между индексом каталазной активности эритроцитов и количеством клеток в крови

Снижение каталазной активности клеток должно понижать устойчивость эритроцитов к гемолизу. Поэтому следующим этапом работы явилось изучение зависимости гемолитической стойкости эритроцитов к кислотному гемолизу. На основании данных кинетики кислотного гемолиза были рассчитаны константы скорости гемолиза клеток – $k_{t_{1/2}}$.

Зависимости величин констант гемолиза от времени и частоты вибрации показаны на рис. 6, 7. Константа гемолиза для эритроцитов животных не подвергавшихся вибрации в течение 5-ти дней эксперимента оставалась на примерно одном уровне, обозначенном пунктиром на графике.

Константы гемолиза эритроцитов мышей, вибрировавших на частоте 2 Гц близки к контролю, и только на четвертый день константа скорости гемолиза возрастает. Для эритроцитов мышей, вибрировавших на других частотах, константа гемолиза выше контроля. На четвертый день вибрации константы гемолиза резко увеличиваются на частотах 8 и 32 Гц. На пятый день вибрации величина констант гемолиза клеток снижается, что согласуется с ростом каталазной активности.

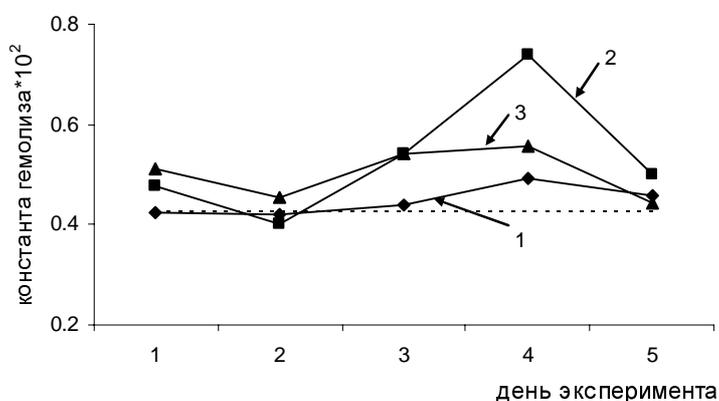


Рис. 6. Зависимость константы кислотного гемолиза эритроцитов ($k_{t_{1/2}}$) от частоты вибрации и времени эксперимента. 1 – частота вибрации 2 Гц, 2 – 8 Гц, 3 – 16 Гц

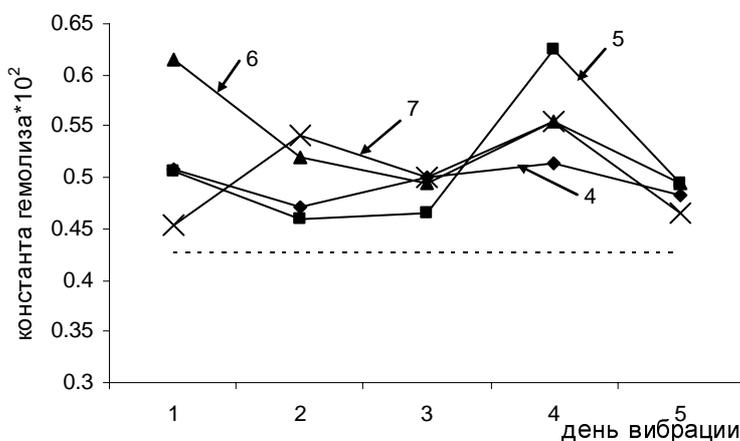


Рис. 7. Зависимость константы кислотного гемолиза эритроцитов ($k_{t_{1/2}}$) от частоты вибрации и времени эксперимента. 4 – частота вибрации 24 Гц, 5 – 32 Гц, 6 – 40 Гц, 7 – 50 Гц

Проведенный факторный анализ показал, что частота механических колебаний и временной фактор значимо влияют на величину константы кислотного гемолиза. Зависимость константы гемолиза от этих факторов показана на рис. 8. Максимальные значения констант гемолиза наблюдаются в течение первых трех дней вибрации на частоте 40 Гц и на третий день вибрации на частоте 8 Гц.

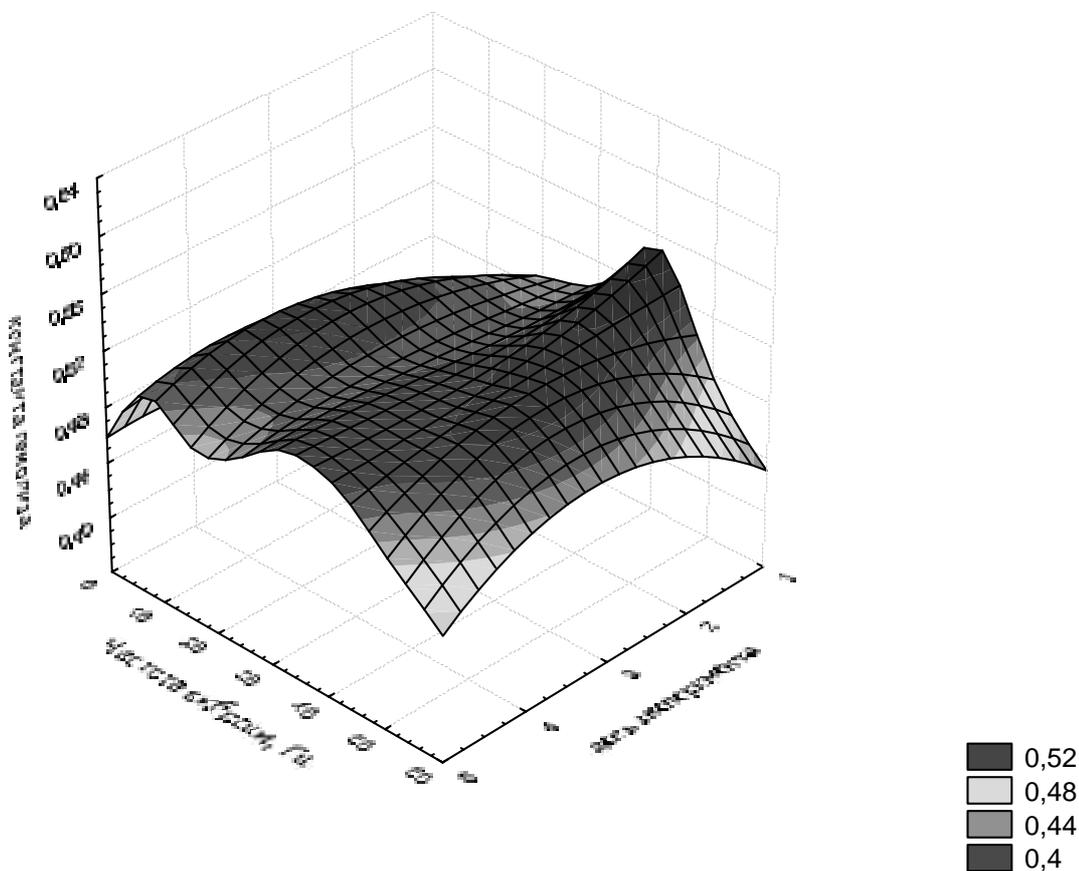


Рис. 8. Зависимость величины константы гемолиза ($k_{t_{1/2}}$) от частоты вибрации и времени эксперимента

Таким образом, механические колебания существенно влияют на состояние мембран эритроцитов, понижая их стойкость к гемолитическим агентам, и на каталазную активность крови. Это действие неоднозначно и сильно зависит от частоты механических колебаний и времени воздействия вибрации. Каталазная активность мембран эритроцитов может как увеличиваться, так и снижаться под действием вибрации. Что касается константы гемолиза, то под действием этих двух факторов наблюдается тенденция к ее увеличению по сравнению с контролем. Корреляция между каталазной активностью эритроцитарных мембран и стойкостью клеток к гемолизу, описанная в литературе [5], в условиях воздействия на организм низкочастотной вибрации отсутствует.

Список литературы

1. Романов С.Н. Биологическое действие механических колебаний. – Л.: Наука, 1983. – 355 с.
2. Хабарова О.В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 5.– С. 56-66.

3. *Энглези А.П., Хиженков П.К., Нецветов М.В., Титов Ю.Д., Самотой О.Н. и др.* Влияние низкочастотных физических факторов на морфологию и ионный обмен в очагах травматической деструкции головного мозга. 1. Механические колебания // *Вісник проблем біології і медицини.* – 2002. – Вип. 9-10. – С. 48-54.
4. *Руководство к лабораторным занятиям по биологической химии / Под ред. Т.Т. Березова.* – М.: Медицина, 1976. – 294 с.
5. *Клиорин А.И., Тиунов Л.А.* Функциональная неравнозначность эритроцитов. – Л.: Наука, 1974. – 148 с.

Доценко О.І., Курносова Л.О., Доценко В.А. Вплив низькочастотної вібрації на стан мембран еритроцитів мишей. – Миші піддавалися тридцятихвилинній вібрації на частотах 2, 8, 16, 24, 32, 40 і 50 Гц з постійним прискоренням $5\pm 2g$ протягом п'яти днів. У динаміці експерименту визначали каталазну активність еритроцитів, кількість еритроцитів у крові і константи гемолізу клітин. Показано, що частота механічних коливань і тривалість вібрації достовірно впливають на стан мембран еритроцитів.

Ключові слова: низькочастотна вібрація, еритроцити, каталазна активність, гемоліз еритроцитів.

Dotsenko O.I., Kurnosova L.A., Dotsenko V.A. Influence of low-frequency vibration on condition of mice erythrocytes' membranes. – Mice were exposed thirty minutes vibration on frequency 2, 8, 16, 24, 32, 40, 50 hertz with constant acceleration $5\pm 2g$ during 5 days. In dynamics of experiment the catalyses activity, the number of erythrocytes in blood and the constants of cell's hemolysis were determined. We have demonstrated, that quantities of frequencies vibration definitely influence conditions of erythrocytes' membranes.

Key words: low-frequency vibration, erythrocytes, catalyses activity, hemolysis of erythrocytes.

**В.М. Билобров², Н.М. Богдан², А.О. Елизаров¹, Е.В. Хомутова²,
Т.С. Блинкова¹, Н.В. Линник², М.С. Малыгин²**

**ПРОБЛЕМЫ ГОМЕОСТАЗА. 2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕТ СПЕЦИФИЧЕСКИХ И
НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В РАСТВОРАХ**

¹Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

²Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины

Билобров В.М., Богдан Н.М., Елизаров А.О., Хомутова Е.В., Блинкова Т.С., Линник Н.В., Малыгин М.С. Проблемы гомеостаза. 2. Количественный учет специфических и неспецифических взаимодействий в растворах. – Изложены современные представления о природе химических связей, а также внутримолекулярных взаимодействий в растворах. Рассмотрены электростатические теории, описывающие солевые эффекты. Проанализирована эвристическая сила некоторых теоретических положений теорий растворов на кинетику и термодинамику химических процессов в них.

Ключевые слова: биоминерализация, химическая связь, полярность среды.

Введение

Огромные (иногда принципиальные) расхождения экспериментальных и рассчитанных данных, а также тот очевидный факт, что диэлектрическая проницаемость среды в принципе не может исчерпать всё многообразие ее взаимодействия на ход обычно весьма сложных химических реакций, обусловили необходимость разработки различных полуэмпирических (и эмпирических) приемов и методов, связывающих динамические (и равновесные) параметры реакций с эмпирически найденными параметрами среды, отражающими ее полярные свойства.

Поэтому ниже последовательно рассмотрим два принципиальных вопроса, решение которых в свое время позволило описательную органическую химию преобразовать в количественную науку – "физико-органическую химию".

Ниже мы увидим, как исследователям в этой области удалось решить проблему количественного описания влияния полярных свойств среды на кинетику и термодинамику химических реакций (правило "линейности свободных энергий – ЛСЭ"). А в заключении нами будут кратко перечислены равновесные, кинетические и спектральные приемы и методы поиска эмпирических параметров среды, необходимых для применения правила ЛСЭ в области физико-органической химии и биохимии.

Правило линейности энергий (ЛСЭ). По существу оба наши экспериментальные приемы изучения коллоидной устойчивости структуры модельных растворов основных жидкостей организма основывались на эмпирически установленном правиле "линейности свободных энергий", (ЛСЭ), которое, в свою очередь, базируются на следующих постулатах:

1. Изменения изобарно- (и изохорно-) изотермических потенциалов, вызванные изменениями каких-либо термодинамических или кинетических факторов системы (например, заместителей в молекулах реагентов, особенностей среды, температуры и др.) могут быть представлены в виде простых (аддитивных) сумм независимых составляющих, отвечающих взаимодействиям определенного типа. Это могут быть, как внутримолекулярные взаимодействия (индуктивный эффект, резонансный, стерический и др.), как и межмолекулярные взаимодействия между растворенными частицами, обусловленные изменением полярных свойств среды, или модификации ее свойств, сопровождающиеся, например, возможностью образования новых связей.

2. Каждая составляющая полученной таким образом свободной энергии Гиббса (или Гельмгольца) может быть охарактеризована (в определенном приближении) константами скорости или равновесия, значения которых могут быть независимо измерены в ряду сходных реакций с достаточно легко и достоверно определяемыми характеристиками.

Если перечисленные условия выполняются, то далее можно использовать линейные корреляционные соотношения для поиска и последующего анализа взаимосвязей между

физико-химическими свойствами частиц (молекул, ионов, радикалов, их комплексов и агрегатов и др.) и условиями, в которых эти свойства определялись.

Так как изучаемыми свойствами химических исследований обычно являются константы скорости или равновесия между частицами реагентов и субстрата, измеренные в стандартных условиях, то по очевидным причинам в качестве реагента при таком подходе можно рассматривать и растворитель, а полученные в таких условиях корреляционные соотношения также будут отражать меру выполнимости правила ЛСЭ.

Рассмотрим, в каком случае для поиска взаимосвязей между физико-химическими свойствами реагентов и условиями, при которых они определялись и используются: а – константы скорости химических реакций; б – константы равновесий; в – полярные свойства растворителей.

а) Если в ряду реакций их кинетические характеристики относительно мало отличаются между собой и эти отличия связаны с изменениями структуры исходных реагентов (например, наличием в их молекулах различных заместителей). То между изменениями констант скоростей в одной реакции и изменениями этого параметра для других близких реакций существует простая зависимость, график которой может быть представлен прямой и описан уравнением:

$$\lg k_i^B = mk_i^A + C \quad (1)$$

Здесь k_i^A и k_i^B – константы скоростей реакций отдельных соединений (или в ряду соединений) А и В, соответственно, при условии, что в обеих реакционных рядах происходят одни и те же изменения структуры реагентов.

б) Когда взаимосвязь между константами равновесия реакций и разностями стандартных молярных энергий Гиббса продуктов реакции и реагентов ΔG^0 может быть выражена уравнением:

$$\lg k = -\frac{\Delta G^0}{\ln 10 \cdot RT} \quad (2)$$

Тогда аналогично и константы скоростей реакций k могут быть выражены через изменения стандартных молярных энергий активации ΔG^\ddagger с помощью уравнения:

$$\lg \left(\frac{k}{RT/N_A h} \right) = -\frac{\Delta G^\ddagger}{\ln 10 \cdot RT} \quad (3)$$

Отсюда следует, что уже первое уравнение из приведенной выше серии, по сути, описывает взаимосвязь между стандартными молярными энергиями Гиббса.

При этом линейную связь между энергиями Гиббса обычно удобнее выражать через отношения констант скоростей реакций (или химических равновесий) полученных в исследуемом структурном ряду, к константам (скоростей или равновесий) стандартных реакций этого ряда. Тогда уравнение 1 преобразуется в выражение:

$$\lg \left(\frac{k_i^B}{k_0^B} \right) = m \cdot \lg \left(\frac{k_i^A}{k_0^A} \right) \quad (4)$$

Здесь k_0^A и k_0^B – константы скоростей (или равновесий), соответствующие стандартному заместителю (или стандартному растворителю).

в) Такие линейные зависимости энергиями Гиббса позволяют рассчитывать константы скоростей (или растворителей) не только в зависимости от природы заместителей, но и полярности растворителей. При этом, в свете задачи стоящей перед нами, мы можем несколько усложнить процесс, отдавая себе отчет, что изложенный выше подход будет работать и в таком случае. Для этого рассмотрим реакцию между субстратом и реагентом в среде М, которая приводит сначала к образованию комплекса посредством специфических или неспецифических взаимодействий, а затем к продукту реакций. "Субстрат" и "реагент" выбираются в известной степени произвольно. Тем не менее, терминология весьма удобна, так как предполагает, что в данном ряду реакций изменениям всегда подвергается субстрат, а не реагент. Катализатор всегда относят к реагентам.



Из сказанного выше следует, что таким образом немного изменяя реакцию можно получить ряд реакций тремя независимыми путями:

1. Видоизменять субстрат, вводя в его молекулу различные заместители.
2. Аналогичным образом модифицировать реагент.
3. Наконец, можно изменять реакционную среду М, оставив все другие параметры без изменений.

Если данная реакционная серия достаточно чувствительна к природе растворителя то, таким образом, можно обосновать химическую методику поиска эмпирических параметров растворителей. То есть можно считать, что воздействие молекул сольватной оболочки на молекулы субстрата эквивалентно воздействию непрочно связанного заместителя. Однако между воздействием заместителей и растворителей на химическую реакционную способность есть существенное различие. Суть его в том, что изменять реактивность субстрата в первом случае можно только дискретно, тогда как растворители (путем формирования смесей) позволяют модифицировать реактивность субстрата непрерывно.

Эмпирические параметры полярности растворителей. Как отмечалось нами ранее под "полярностью растворителей" понимается "общая сольватирующая способность", которая обуславливается специфическими и неспецифическими взаимодействиями между растворителем и реагентами, а также способность активировать комплексы и молекулы последних как в основном, так и возбужденном состояниях. Исключаются лишь те процессы, которые приводят к определенным химическим изменениям молекул растворенного вещества (протонирование, окисление, восстановление, комплексообразование и др.)

Огромные расхождения энергий сольватаций, рассчитанных теоретически и измеренных экспериментально, стимулировали поиск эмпирических параметров полярности растворителей. Для этого обычно используются:

- а) равновесные эмпирические параметры полярности растворителей;
- б) кинетические эмпирические параметры;
- в) спектроскопические параметры.

Ниже для этих трех направлений определения полярных свойств растворителей, кратко рассмотрим результаты нескольких наиболее ярких, на наш взгляд, исследований. Рассмотрим их последовательно.

Равновесные эмпирические параметры полярности растворителей. Еще в 1914 г. для β-дикарбонильных соединений К.Х. Мейер [1] обнаружил, что изменения констант таутомерного (кето – енольного) равновесия (K_T), измеренных в ряду растворителей, описываются равновесием:

$$K_T = \frac{[\text{енол}]}{[\text{дикетон}]} = L \cdot E, \quad (6)$$

где E – некоторая "енольная постоянная", отражающая способность дикетонов к енолизации (для этилацетата $E = 1$), L – мера енолизирующей способности растворителей. Очевидно, что для стандартного соединения – этилацетата L будет также приравнено единице.

В 1966 г. Гутманн [2] в качестве эмпирического параметра льюисовской основности (электронодонорности) растворителей предложил "донорное число – ДП". При этом в качестве стандартного соединения нуклеофильности растворителей предложено $SbCl_5$ (пентахлорид сурьмы). Донорные числа растворителей определяются в этом случае калориметрически как молярная энтальпия образования аддукта $SbCl_5$ с растворителем (стандарт-1,2-дихлорэтан), измеренная при комнатной температуре. Измеренные значения ДП изменяются от 2,7 (нитрометан – слабый электронодонор) до 38,8 (гексаметилфосфортриамид – очень эффективный донор электронов).

Несколько позже для определения льюисовской основности растворителей использовалась стандартная молярная энтальпия образования аддукта с некоторыми стандартными соединениями, например, газообразным трифторидом бора – BF_3 . В этом случае параметр льюисовской основности охватывал большее число растворителей и поэтому представляется более надежным, чем параметр ДП Гутманна.

Более общий подход к определению взаимодействия доноров электронных пар (ДЭП) с акцепторами электронных пар (АЭП) предложил Драго [3]. Подход Драго позволяет учитывать не только взаимодействия между растворителем и реагентом, но и между двумя любыми реагентами.

В этой связи отметим также эмпирический параметр гидрофобности, который определяется из распределения веществ между несмешивающимися жидкостями. Один из параметров гидрофобности, служащий ее количественной мерой и оказывающийся весьма полезным в токсикологии, фармакологии и экологии, является коэффициент растворения в системе октанол-1 – вода ($K_{o/w}$).

$$K_{\%} = \frac{C_i(\text{октанол-1})}{C_i(\text{вода})} \equiv P_{\%} \quad (7)$$

Здесь C_i (октанол-1) и C_i (вода) – молярные концентрации растворенного i -го вещества в состоянии равновесия в несмешивающейся октанольной и водной фазах, соответственно. Иногда используется логарифмическая шкала гидрофобности – $\lg(P_{o/w})$. Например, $\lg(P_{o/w})$ для n -гексана означает, что он (растворитель) преимущественно концентрируется в октанольной фазе. Напротив, параметр $\lg(P_{o/w}) = 1,35$ для диметилсульфоксида свидетельствует о его высокой гидрофильности. В работе [4] приведены параметры гидрофобности 102 растворителей, а также корреляции $\lg(P_{o/w})$ с некоторыми сольватохромными (см. ниже) параметрами этих растворителей.

Измеренные таким образом коэффициенты распределения широко используются при количественном изучении взаимосвязи между структурой химических соединений (любой сложности) и их биологической активностью. Так как этот коэффициент распределения между двумя растворителями является довольно точной мерой участия растворенного вещества в липофильных или гидрофильных взаимодействиях, то он (коэффициент) непосредственно отражает "легкость" транспорта различных лекарственных препаратов через клеточные мембраны и их связывание с гидрофобными поверхностями. Известна (и хорошо изучена) также связь между $\lg(P_{o/w})$ и наркотическим эффектом различных веществ.

Отметим также, что сейчас уже известно довольно много различных шкал гидрофобности. Так Ганч предложил дифференцировать коэффициенты $\lg(P_{o/w})$, определяя их в замещенных бензолах и в бензолах незамещенном. Таким образом, коэффициенты гидрофобности Ганча – π_x определяются из уравнения:

$$\pi_x = \lg P_{\frac{C_6H_5X}{6}} - \lg P_{\frac{C_6H_6}{6}} \quad (8)$$

Менгер и др. предложили (см цит. лит. (Reichardt С., 2003)) метод определения микроскопической гидрофобности заместителей, которая измерялась путем количественного изучения скорости гидролиза определенных соединений. Шмидт – эмпирический параметр, позволяющий оценивать влияние растворителя на константы экстракции.

В заключение обсуждения этого вопроса отметим также метод Абрахама в котором предлагается стандартные молярные энергии Гиббса переноса неполярных (гидрофобных) веществ (X) из воды (W) в другие менее полярные растворители (S), описывать несколькими нелинейными уравнениями, общий вид которых:

$$\Delta G_t^o(X, W \rightarrow S) = MR_T + D \quad (9)$$

Здесь R_T – некоторый параметр растворенного вещества X, а M и D – некоторые характеристики растворителя. При этом параметры M для воды по определению будут равны "0", а для наиболее гидрофобного растворителя – н-гексана, $M = -4,2024$. Тогда сольвофобность других растворителей можно описать с помощью параметра S_p по уравнению:

$$S_p = 1 - \frac{M(\text{растворитель})}{M(\text{н-гексан})} = 1 + \frac{M(\text{растворитель})}{4,2024} \quad (10)$$

Принято считать, что параметр S_p для воды и н-гексадекана равен 1 и 0, соответственно.

Кинетические эмпирические параметры полярности растворителей. Уинстайн с сотр. (см. цит. лит. [5]) еще в 50-е годы предприняли попытку найти наиболее общий эмпирический параметр полярности растворителей исходя из их влияния на скорости некоторых химических реакций. Так они обнаружили, что некоторые реакции ускорялись в полярных и особенно протонных растворителях, путем введения определенных эмпирических параметров характеризующих полярность среды – их "ионизирующей способности", могут быть описаны следующим уравнением:

$$Y = \lg k_A^{\text{трет-BuCl}} - \lg k_0^{\text{трет-BuCl}} \quad (11)$$

Здесь Y – растворители, $k_0^{\text{трет-BuCl}}$ – константа скорости реакции первого порядка сольволиза трет-бутилхлорида при 25⁰C в стандартном растворителе – водном этаноле (80 об.% этанола, Y=0); $k_A^{\text{трет-BuCl}}$ – константа скорости той же реакции в изучаемом растворителе. Выбрав, таким образом, стандартную реакцию и стандартный растворитель мы можем записать зависимость в форме уже известной нам линейной связи свободной энергии Гиббса

$$\lg k_A - \lg k_0 = \lg (k_A/k_0) = mY \quad (12)$$

В этом уравнении m – параметр определяющий чувствительность нашего субстрата (реагента) к изменению "ионизирующей способности среды", а Y – параметр, характеризующий данный растворитель. Параметры многих чистых (как правило, протонных) растворителей в смесях с водой, или другим органическим растворителем,

табулированы). Показано, что между параметрами Y бинарных смесей и их составом обычно нет линейной зависимости.

Коппель и Паю в своем подходе формирования эмпирической шкалы полярности растворителей, учитывали только неспецифические взаимодействия растворителей с растворенным веществом. Ими обнаружена очень хорошая корреляция между измеренными скоростями сольволиза, использовавшегося предыдущими авторами третбутилхлорида и на основании этого сделаны определенные выводы о механизме сольволиза. Эти предположения позже были подтверждены экспериментально.

Приведенное выше уравнение 12 выполняется для довольно большого круга процессов, которые, как и стандартная реакция, протекают по механизму S_N1 . Несколько позже было предложено 4-х параметровое уравнение, которое учитывало нуклеофильное содействие растворителей.

$$\lg(k_A/k_0) = mY + \ell N \quad (13)$$

Здесь m и ℓ – параметры субстрата, Y – параметр ионизирующей способности растворителей, N – мера их нуклеофильности. Видно, что параметр ℓ описывает чувствительность субстрата к изменению нуклеофильности растворителей.

В работах [6, 7] был предложен другой вариант уравнения 13:

$$\lg(k_A/k_0) = (1-Q) \cdot \lg(k_A/k_0)_{CH_3OT_3} + Q \cdot \lg(k_A/k_0)_{2-AdOT_3}^1 \quad (14)$$

Оно содержит три параметра, из которых Q – зависит от природы субстрата. При определенных экспериментальных ограничениях уравнение 14 упрощается до:

$$\lg(k_A/k_0) = Q \cdot \lg(k_A/k_0)_{2-AdOT_3} = m \cdot Y_{2-AdOT_3} \quad (15)$$

которое, как видим, имеет форму аналогичную исходному уравнению 12 при условии что Q и m эквивалентны.

В отличие от реакций нуклеофильного замещения (см. выше), в работе [8] предложен параметр полярности растворителей, исходя из констант скорости реакции алифатического электрофильного замещения. Авторами предложено уравнение:

$$\lg(k_A/k_0) = pX, \quad (16)$$

где k_A и k_0 – константы скорости определенной электрофильной реакции в данном и стандартном растворителе (ледяная уксусная кислота, для которой параметр $X=0$ по определению). Параметр p для данной стандартной реакции равен 1. Кстати параметры X и приведенный выше Y не вполне эквивалентны в силу того, что электрофильный и нуклеофильный характеры растворителей по разному влияют на скорости одних и тех же реакций.

Спектроскопические эмпирические параметры полярности растворителей.

Спектроскопические эмпирические параметры полярности растворителей выведены их зависимостей спектроскопических характеристик спектров поглощения определенных стандартных соединений в ИК, УФ и видимой области спектров поглощения, а также спектров ПМР и ЭПР. Первая достаточно обширная спектральная шкала полярности растворителей была создана Косовером еще в 1958 г.. Для этого использовалось изменение положения полосы в УФ-спектре, отвечающей межмолекулярному переносу заряда (МПЗ) (отрицательный сольватохромный эффект) в стандартном соединении – 1-этил-4-метоксикарбонилпиридинийиодиде. Полоса МПЗ этого соединения при переходе от

¹ Реакция сольволиза метилтозилата (CH_3OT_3) и 2-тозилоксиадамантиана (2-AdOT₃)

пиридинового раствора к раствору в метаноле претерпевала гипсохромный (коротковолновый) сдвиг в 105 нм. Этот сдвиг (полосы растворенного вещества) обусловлен большей полярностью метанольного раствора ($\epsilon = 32$), по сравнению с раствором пиридина ($\epsilon = 12$). Метанол больше стабилизирует основное состояние (ионную пару) по сравнению с первым возбужденным состоянием (радикальной парой). Условия необходимые для этого частотного сдвига автором названы "параметром полярности растворителя – Z" вышеназванного стандартного растворенного вещества.

$$E_T(\text{ккал/моль}) = hc \tilde{\nu} N_A = 2,859 \cdot 10^3 \tilde{\nu} (\text{см}^{-1}) \equiv Z \quad (17)$$

Здесь h – постоянная Планка, $\tilde{\nu}$ – волновое число фотона, индуцирующего электронное возбуждение, N_A – число Авогадро. Значение Z для метанола равно 83,6 ккал/моль. Для пиридина значение $Z = 66$, то есть большая величина Z , характерна для более полярных сред. Однако, непосредственное определение значений Z возможно лишь для довольно малого числа растворителей, обладающих достаточно высокой полярностью, от хлороформа ($Z = 63,2$ ккал/моль) до 70 об. % этанола в воде ($Z = 86,4$ ккал/моль). Для более полярных растворителей (вода, формамид, замещенные этанола и др.) длинноволновая полоса, отвечающая переходу с МПЗ, настолько смещена в коротковолновую область, что ее перекрывает интенсивная полоса перехода $\pi \rightarrow \pi^*$ пиридилий-ионов. Кроме того, используемое в этом случае стандартное соединение (см. выше) плохо растворимо во многих малополярных растворителях.

Для этой же цели Браунштейн предложил уравнение аналогичное уравнению Гаммета, которое в общем виде может быть записано:

$$\lg k_A - \lg k_0 = \lg (k_A / k_0) = SR \quad (18)$$

Здесь k_A – константа скорости реакции равновесного превращения, или функция частотного сдвига определенной полосы поглощения в различных растворителях, k_0 – тот же параметр, но в стандартном растворителе – безводном этаноле ($S = 0,00$, по определению). Параметры S и R – параметры, характеризующие растворитель и вид зависимости измеряемого параметра от природы растворителя, соответственно. В качестве стандартного соединения использовался тот же сольватохромный краситель и стандартный процесс (стандартный растворитель – безводный этанол).

Димрот и Рейхард предложили параметр полярности растворителя, основанный на зависимости от растворителя энергии электронного перехода, отвечающего длинноволновой полосе поглощения т.н. "бетаинового красителя 44" – $E_T(30)$. Основное преимущество этого красителя заключалось в особенностях его УФ-спектра, которое позволяло качественно регистрировать сольватохромный эффект в чрезвычайно широком диапазоне длин волн. При этом большая часть этого диапазона находится в видимой области, что позволяло оценивать полярность среды при помощи красителя 44 даже визуально. Так раствор соединения 44 в метаноле имеет красный цвет, в этаноле фиолетовый, в ацетоне зеленый, в изоамиловом спирте голубой, в анизоле – желто-зеленый. Естественно, что в бинарных смесях различных растворителей можно получить растворы соединения 44 практически любого цвета видимой области спектра.

Параметры $E_T(30)$ табулированы для множества различных растворителей, а для их бинарных смесей можно достаточно точно их определить, используя двухпараметровые уравнения:

$$E_T(30) = E_D \ln(c_p / c^* + 1) + E_T^0(30) \quad (19)$$

В этом уравнение c_p – молярная концентрация более полярного компонента смеси (здесь с большим значением $E_T(30)$), $E_T^0(30)$ – этот же параметр индивидуального менее полярного компонента смеси, E_d и c^* – некоторые подгоночные коэффициенты. При низкой концентрации более полярного растворителя ($c^* > c_p$) приведенное уравнение с хорошим приближением упрощается до:

$$E_T(30) = E_d \left(\frac{c_p}{c^*} \right) + E_T^0(30) \quad (20)$$

При этом $E_T(30)$ линейно возрастает с ростом концентрации c_p (более полярного компонента смеси). При достаточно высокой концентрации последнего значения $E_T(30)$ линейно коррелируют с логарифмом c .

Здесь мы отметим, что уравнение 20 успешно применяется и для описания влияния солей на скорости реакций, если это влияние связано с изменением полярности среды. В этом случае (в растворах электролитов) добавляемую соль можно рассматривать как более полярный "растворитель".

Зависимость параметра $E_T(30)$ от состава бинарных смесей растворителей различной полярности может использоваться для спектроскопического (УФ, видимая область) определения воды в органических средах. Эти зависимости используются и для определения положения химического равновесия, при изучении поверхностей раздела между мицеллой и раствором, состояния микроэмульсий и фосфолипидных бислоев, модельных липидных мембран, параметров удерживания в хроматографии с обращенной фазой и т.п.

Отметим также, что положение длинноволновой сольватохромной полосы поглощения красителя 44 зависит не только от полярности среды, но и от температуры, давления и присутствия истинных электролитов. Ясно, что причина термосольватохромного эффекта заключается в различии стабилизации биполярного основного электронного состояния этого красителя растворителем при различных температурах. Аналогично можно объяснить и влияние давления на цветность растворов, а также на добавление в них истинных электролитов. Этот, последний, эффект называется "галосольватохромным" эффектом. Здесь примечательным является то, что гипсохромный сдвиг красителя зависит от природы электролита, возрастая с ростом плотности заряда на катионе. То есть, плотность заряда на катионе повышает полярность раствора. Зависимость полярности бинарных смесей растворитель – электролит от состава количественно описывается примерно так же, как и аналогичная зависимость полярности бинарных смесей двух растворителей. Все сказанное свидетельствует о чрезвычайно высокой чувствительности полос в УФ спектрах бетаиновых красителей даже к небольшим изменениям их окружения. В силу этого один и тот же краситель этого класса может служить стандартом при определении как кинетических, так и спектроскопических параметров, как заместителей, так и полярности растворителей.

Для оценки эмпирически установленной основности растворителей как акцепторов протона при образовании ими водородной связи (АВС), кислотности растворителей как доноров протонов в водородной связи (ДВС), а также полярности и поляризуемости растворителей, Камлетом, Тафтом и др. предложены параметры α , β , π^* , соответственно. Они также определялись из спектров поглощения сольватохромных соединений в УФ и видимой области. При этом определялся индуцированный АВС (или ДВС) растворителями сольватохромный сдвиг 4-нитроанилина по отношению к спектрам N,N-диэтил-4-нитроанилина – $\Delta\Delta\tilde{\nu}$. Измеренные таким образом значения $\Delta\Delta\tilde{\nu} = 2800 \text{ см}^{-1}$ для гексаметилфосфортриамида (сильнейшего акцептора протонов при образовании Н-связи) принимались за стандартную точку отсчета ($\beta_1=1$). Аналогично, определив $\Delta\Delta\tilde{\nu}$ для метанола (сильного ВДС), получали другую стандартную точку отсчета шкалы кислотности ($\alpha_1=1$).

Параметр полярности и поляризуемости π^* этих авторов отражает влияние растворителей на электронный переход $\pi \rightarrow \pi^*$ в различных нитроароматических соединениях, то есть характеризует их относительную способность стабилизировать или заряд или биполярную структуру за счет своей диэлектрической проницаемости. Нормированный параметр π^* в ряду растворителей изменяется от 0,00 (циклогексан) до 1,00 (диметилсульфоксид). Так как все три параметра нормированы и изменяются в диапазоне 0,00 – 1,00, то это позволяет их совместно использовать в многопараметровых корреляционных уравнениях.

Сольватохромные параметры α , β , π^* в настоящее время широко используются в различных сочетаниях в корреляционных уравнениях называемых "линейными зависимостями энергии сольватации", общий вид которых:

$$A = A_0 + vB + cC + dD \quad (21)$$

Эти же авторы предложили уравнение, отличающееся от (21) большей точностью и большей сферой применения:

$$A = A_0 + S(\pi^* + d\delta) + a\alpha + b\beta \quad (22)$$

Второй член модифицированного уравнения (22) этих авторов содержит параметр δ , который принимает несколько значений и поправочный коэффициент, учитывающий различную поляризуемость растворителей. Его значения меняются от 0,00 для алифатических растворителей, не содержащих хлора, до 0,5 – для алифатических растворителей, содержащих несколько атомов хлора и далее до 1,0 – для ароматических растворителей.

Параметры кислотности ДВС – α являются мерой льюисовской кислотности растворителей, а параметр β АВС-растворителей является мерой их льюисовской основности.

Кроме того, приведем еще модифицированное уравнение (23), которое в отличие от уравнения (22) содержит еще два члена. Параметр δ_H^2 – это квадрат параметра растворимости Гильденбранта, рассматривающийся как мера энтальпии (или энергии Гиббса), затрачиваемой на разделение молекул растворителей друг от друга в процессе образования полости, способной вместить молекулу растворенного вещества (более подробно см. выше). Как правило вклад параметра δ_H^2 достаточно велик лишь в случае высоко структурированных растворителей, таких как вода, формамид, этиленгликоль и др.

$$A = A_0 + S(\pi^* + d\delta) + a\alpha + b\beta + h\delta_H^2 + e\zeta \quad (23)$$

Параметр ζ – эмпирический коэффициент координационной ковалентности. Он изменяется и равен - 0,2 для Р=О связи (ГМФТ), 0,0 для С=О, и 0=S, 0,1 для С≡N (нитрилы) 0,2 для О – О (простые эфиры), 0,6- для sp^3 -гибридизованного атома азота (пиридина). Этот параметр – мера ковалентности координационной связи, образующейся между молекулой растворенного вещества и основным центром молекулы растворителя (см. выше).

Таким образом, из приведенного выше краткого обзора литературы о межчастичных взаимодействиях в растворах следует, что в жидкой фазе взаимодействуют частицы, по крайней мере, трех сортов: 1а) реагентов; 1б) субстратов; 1в) растворителей. Так как реакционная способность органических соединений определяется: 2а) константами скорости; 2б) константами равновесия; 2в) количеством потенциально возможных превращений частиц, то взаимодействия между ними обуславливаются: 3а) "строением" частиц (например, наличием заместителей, характеризующихся эмпирическими параметрами измеренными в стандартных условиях и нормированными по стандартным реакционным сериям;

Зб) отношениями констант скоростей реакций (или химических равновесий), полученных в исследуемых структурных рядах и константами (скоростей или равновесий) стандартных реакций, характерных для этих рядов; Зв) линейными зависимостями между энергиями Гиббса, константами скоростей (или равновесий) от природы заместителей или полярности среды.

Думаем, что есть все основания считать, что современная физико-органическая химия уже обладает довольно стройной, внутренне не противоречивой методологией количественного изучения "строения" и "реакционной способности" молекул реагентов и субстратов самых различных классов. В тоже время проблема определения "полярности растворителей" и их "общей сольбилизирующей способности" (обуславливающейся всеми специфическими и неспецифическими взаимодействиями растворителя с молекулами растворенных веществ), далека от окончательного решения. Достаточно сказать, что даже из приведенного выше весьма поверхностного и далеко не полного обзора существующих методов определения параметров полярности растворителей можно легко увидеть, что, несмотря на многолетние усилия многочисленных исследовательских коллективов, все исследования в этой области и сейчас стоят перед проблемой каким параметрам и каким характеристикам среды отдать предпочтение.

Эта проблема стала и перед нами.

При выборе параметров среды, необходимых нам для разработки количественной методики определения фазовой устойчивости растворов, моделирующих основные жидкости организма, мы руководствовались следующими соображениями:

1) Параметры должны максимально полно описывать "общую сольватирующую способность растворителей".

2) При этом их число должно быть предельно малым.

3) Все они должны иметь четкий, ясный и не сводимый физико-химический смысл.

После обстоятельного анализа этого мы остановились на предложенных Камлетом и Тафтом сольватохромных параметрах, являющихся мерой льюисовской кислотности (α), льюисовской основности (β) и полярности (полярности) – (π^*), а также параметрах Гильтенбранта (δ_H^2).

Список литературы

1. Meyer K.H. Rates and equilibria of organic reaction // Ber. Dtsch. Chem. Ges. – 1987. – Vol. 47. – P. 826-832).
2. Gutmann V., Wychera E. Electrophilic additions to unsaturated systems // Inorg. Nucl. Chem. Lett. – 1976. – Vol. 2. – P. 257-261.
3. Drago R.S., Wayland B.B. Solvolytic displacement reactions // J. Am. Chem. Soc. – 1965. – Vol. 87. – P. 35-71.
4. Taft R.W., Abraham M.H. Titrations in nichtwasserigen Lösungsmitteln // J. Pharm.Sci. – 1985. – Vol. 74. – P. 807-811.
5. Райхардт X. Растворители в органической химии: Пер. с нем. – Л.: Химия, 1973. – 152 с.
6. Bentley T.W., Schadt F.L. Effects of diffusion rates on chemical kinetics in progress in chemical kinetics // J. Am. Chem. Soc. – 1976. – Vol. 94. – P. 992-998.
7. Brooker L.G.S., Keyes G.H., Heseltine D.W. The kinetics of reaction in solution // J. Am. Chem. Soc. – 1951. – Vol. 73. – P. 50-53.
8. Gielen M., Nasielski J. Physico-chemical processes in mixed aqueous solvents // J. Organomet. Chem. – 1963. – Vol. 1. – P. 173-177.

Білобров В.М., Богдан Н.М, Єлізаров О.О., Хомутова К.В., Блінкова Т.С., Лінник Н.В., Малигін М.С. Проблема гомеостазу. 2. Кількісний облік специфічних і неспецифічних взаємодій у розчинах. – Викладено сучасні уявлення про природу хімічних зв'язків, а також внутрішньо молекулярних взаємодій у розчинах. Розглянуто електростатичні теорії, що описують сольові ефекти. Проаналізована

евристична сила деяких теоретичних положень теорій розчинів на кінетику і термодинаміку хімічних процесів у них.

Ключові слова: біомінералізація, хімічний зв'язок, полярність середовища.

Bilobrov V.M., Bogdan N.M., Jelisarov A.O., Khomutova E.V., Blinkova T.S., Linnik N.V., Malygin M.S.
Problems of homeostasis. 2. The quantitative registration of specific and nonspecific interactions in solutions. – The modern representations about a nature of chemical bonds, and also intramolecular interactions in solutions enunciated. The electrostatic theories featuring salt effects surveyed. The heuristic force of some theoretical positions of the theories of solutions on kinetics and thermodynamics of chemical processes in them is parsed.

Key words: biomineralization, chemical bond, polarity of medium.

С.Г. Панфилова, В.И. Соболев

ЭНЕРГЕТИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ГИПЕРТИРЕОЗЕ И СТИМУЛЯЦИИ АДРЕНАЛИНОМ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Панфилова С.Г., Соболев В.И. Энергетика мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе и стимуляции адреналином. – В экспериментах на белых крысах изучался температурный эффект сокращения переднеберцовой мышцы при экспериментальном гипертиреозе и стимуляции адреналином. Показано, что при гипертиреозе возрастает температурный коэффициент изометрического мышечного сокращения. Установлено, что трийодтиронин усиливает термогенное действие катехоламина адреналина.

Ключевые слова: биоэнергетика, скелетная мышца, гипертиреоз, адреналин.

Введение

В последние 20-30 лет особое внимание привлекают вопросы, связанные с экологической физиологией, в частности, адаптацией организма к различным температурам среды. Теоретическая и практическая значимость таких исследований очевидна. В лабораториях К.П. Иванова [3], Ю.И. Баженова [1], В.В. Хаскина [9], В.И. Соболева [4] и других открыт ряд основополагающих механизмов, лежащих в основе обеспечения температурного гомеостаза. Тем не менее, многие важные аспекты этой проблемы остаются недостаточно исследованными. Прежде всего, это относится к проблеме гормонального контроля механизмов, обеспечивающих состояние гомеотермности, в частности выяснению роли и механизмов действия тиреоидных гормонов и катехоламинов в реакциях поддержания постоянства температуры тела.

Важное место в современной медико-биологической науке уделяется и вопросам, связанным с проблемой взаимодействия тиреоидных гормонов и катехоламинов, в частности при реакциях образования тепла во время мышечного сокращения.

Исследование физиологических механизмов действия гормонов щитовидной железы и катехоламинов имеет важное значение и для понимания одного из фундаментальных явлений в биологии – способности к гомеотермии. В этом плане, несмотря на ряд решенных вопросов [3, 8], остается практически не изученной роль тиреоидных гормонов в реализации энергетических эффектов катехоламинов.

Целью настоящей работы явилось изучение характера влияния гормонов щитовидной железы и катехоламинов на механизмы, характеризующие энергетику организма.

Материалы и методы исследований

Эксперименты были проведены на двух взрослых группах белых крыс. У животных первой группы вызывался экспериментальный гипертиреоз путем подкожного введения гормона щитовидной железы трийодтиронина. Гормон вводился в дозе 50 мкг/кг. Число инъекций колебалось от 9 до 14 и определялось следующим условием: ректальная температура должна была достичь значения 39,0 ... 39,5⁰С. Группа гипертиреоидных крыс включала 12 животных. Вторая группа крыс (12 животных) являлась контрольной.

У животных двух групп исследовались следующие физиологические показатели: ректальная температура (электротермометр), скорость потребления кислорода (электронный газоанализатор "Radiometer"), сила изометрического мышечного сокращения и прирост температуры мышцы, вызванный ее сокращением.

Исследуемые физиологические параметры регистрировались дважды: до введения адреналина и после его инъекции. Гормон вводился внутримышечно (бедро) в дозе 0,2 мг/кг. Регистрация показателей проводилась через 15 мин после инъекции адреналина.

Среди многочисленных подходов, используемых при изучении биоэнергетики сокращения скелетных мышц, был выбран метод измерения так называемого температурного эффекта вызванного мышечного сокращения [3, 8]. Суть метода состоит в сопоставлении

прироста температуры сокращающейся мышцы в условиях *in situ* с развиваемой силой, либо выполненной внешней работой.

Экспериментальная установка состоит из двух измерительных каналов: термометрического и эргометрического. Первый из них представлен датчиком температуры (медь-константановая термопара), фотоусилителем типа Ф-116, цифровым вольтметром В7-21А с устройством преобразования относительных величин температуры термопары в абсолютные и самописцем Н3030-3. Термопара выполнялась из тонкой проволоки диаметром 50 мкМ и в ходе проведения опыта прошивалась через исследуемую переднюю большеберцовую мышцу. При анализе результатов измерения температуры сокращающейся мышцы получали абсолютное значение показателя ($+\Delta T^{\circ}\text{C}$).

Эргометрический канал представлен тензодатчиком. Сигнал разбаланса от системы датчика усиливался фотоусилителем типа Ф-359 и регистрировался параллельно с термограммой. Цифровая индикация измеряемого параметра проводилась вольтметром В7-21А. Сила сокращения выражалась в "Г".

Ход опыта был следующим. Животное наркотизировалось (этамилал натрия в/б в дозе 50 мг/кг внутривенно), а затем фиксировалось в станке установки. Далее отпрепаровывался малоберцовый нерв, который в дальнейшем помещался в погружной электрод. Без нарушения естественной теплоизоляции отсекалось дистальное сухожилие передней большеберцовой мышцы. Сухожилие жестко крепилось к тензодатчику. Во всех опытах величина электрического раздражения нервно-мышечного препарата (стимулятор ЭСЛ-1) выбиралась выше пороговой (1 В), что позволяло мышце сокращаться с предельной силой. В ходе обработки полученных данных вычислялась развиваемая сила (Г – граммы), величина прироста температуры мышцы ($+\Delta T^{\circ}\text{C}$), вызванная ее сокращением, и так называемый температурный коэффициент мышечного сокращения, численно равный отношению прироста температуры мышцы к развиваемой силе ($+\Delta T^{\circ}\text{C}/\text{Г}$).

При проведении исследований придерживались правил работы с лабораторными животными.

Результаты и обсуждение

На первом этапе анализа экспериментальных данных, полученных в настоящей работе, представляют интерес результаты исследования характера влияния экспериментального гипертиреоза на общие параметры энергетики организма. Такими параметрами, в первую очередь, являются показатели температуры тела и скорости потребления кислорода, измеренного в условиях термoneйтральной зоны.

Как видно из табл. 1, экспериментальная модель гипертиреоза, использованная в работе, характеризовалась существенными изменениями со стороны параметров энергетики организма. Так, скорость потребления кислорода у гипертиреоидных крыс составила $24 \pm 0,5$ мл/кг/мин, что было на 26% больше контрольного уровня. Более высокой была и ректальная температура ($+1,4 \pm 0,14^{\circ}\text{C}$, $P < 0,05$).

Одной из задач, решаемых в настоящей работе, было выяснение характера влияния катехоламина адреналина на параметры, характеризующие энергетику организма, в частности температуру тела и интенсивность основного обмена (скорость потребления кислорода в условиях термoneйтральной зоны). Как показали эксперименты (табл. 2), инъекция адреналина крысам контрольной группы вызывала некоторое увеличение температуры тела. Так, если в период "до инъекции адреналина" ректальная температура была равной $37,9 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, то после инъекции гормона она увеличилась на $0,3 \pm 0,14^{\circ}\text{C}$. Более высокий прирост температуры тела был отмечен у животных с экспериментальным гипертиреозом ($+0,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$).

Гипертермический эффект адреналина у животных обеих групп обусловлен стимуляцией уровня основного обмена. По данным табл. 2 следует, что у животных контрольной (эутиреоидной) группы калоригенный эффект адреналина был равен $+3 \pm 0,6$ мл/кг/мин, что в процентном отношении составило 15% ($P < 0,05$).

Таблица 1

**Значения температуры тела и уровня основного обмена у белых крыс
в условиях термoneйтральной зоны (30⁰С)**

Группа животных	Показатель	
	Ректальная температура, °С	Скорость потребления кислорода, мл/кг/мин
Гипертиреоз (n = 12)	39,3 ± 0,1	24 ± 0,5
Контроль (n = 12)	37,9 ± 0,1	19 ± 0,4
Разница к контролю	+1,4 ± 0,14 P<0,05	+5 ± 0,6 +26%, P<0,05

Таблица 2

**Влияние внутримышечной инъекции адреналина на некоторые параметры
общей энергетики организма белых крыс разных групп**

Группа	Условия опыта	Показатель	
		Ректальная температура, °С	Скорость потребления кислорода, мл/кг/мин
Контроль n = 12	До инъекции адреналина	37,9 ± 0,1	19 ± 0,4
	После инъекции адреналина	38,2 ± 0,1	22 ± 0,5
	Разница	+0,3 ± 0,14, P<0,05	+3 ± 0,6 +15%, P<0,05
Гипертиреоз n = 12	До инъекции адреналина	39,4 ± 0,1	24 ± 0,5
	После инъекции адреналина	40,2 ± 0,2	31 ± 0,6
	Разница	+0,8 ± 0,3, P<0,05	+7 ± 0,8 +29%, P<0,05

Экспериментальный гипертиреоз вызвал повышение чувствительности калоригенной системы животных к адренергической стимуляции адреналином. Так, по данным табл. 2 видно, что если в период "до инъекции адреналина" скорость потребления у крыс гипертиреоидной группы составляла 24 ± 0,6 мл/кг мин, то после инъекции гормона она возросла на 7 ± 0,8 мл/кг мин, что составило +29% (P<0,05).

Таким образом, инъекция адреналина в использованной дозе и выбранных условиях внешней температуры вызывали, во-первых, четкую стимуляцию общего энергетического обмена у крыс обеих групп, и, во-вторых, степень стимуляции была существенно выраженной у крыс с экспериментальным гипертиреозом. Следовательно, тиреоидные гормоны потенцируют (усиливают) калоригенной и термогенное действие одного из катехоламинов – адреналина.

На следующем этапе анализа экспериментальных данных представляют интерес результаты измерения параметров энергетики сокращающейся скелетной мышцы белых крыс обеих групп.

Первым параметром, отражающим энергетику вызванного изометрического сокращения скелетной мышцы явилась сила сокращения. Как видно из табл. 3, у животных контрольной группы сила, развиваемая мышцей при сокращении, составила 145 ± 4 Г. Экспериментальный гипертиреоз вызвал определенные изменения со стороны данного параметра. Действительно, у животных этой группы скелетная мышца развивала силу, равную 161 ± 5 Г. Видно, что сила мышцы гипертиреоидной группы возросла на 16 ± 6,4 Г, что составило 11%.

Таблица 3

**Параметры, характеризующие энергетику изометрического мышечного сокращения,
у белых крыс разных групп**

Группа крыс	Параметры энергетики мышечного сокращения	
	Сила, развиваемая мышцей, Г	Прирост температуры мышцы, $\Delta T^{\circ}\text{C}$
Контроль (n = 12)	145 ± 4	0,149 ± 0,011
Гипертиреоз (n = 12)	161 ± 5	0,196 ± 0,019
Разница	+16 ± 6,4 +11%, P<0,05	+0,047 ± 0,0222 +31%, P<0,05

Таким образом, экспериментальный гипертиреоз нашей модели вызывал вопреки распространенному мнению не снижение силы сокращения, а наоборот – возрастание (+11%).

Вторым показателем, отражающим энергетику вызванного мышечного сокращения, является прирост температуры мышцы во время сокращения. Как видно из представленных данных, у крыс контрольной группы прирост температуры мышцы при ее сокращении составил $0,149 \pm 0,011^{\circ}\text{C}$. У животных с экспериментальным гипертиреозом прирост температуры сокращающейся мышцы был выше на $+0,047 \pm 0,0222$, или на +31% (P<0,05).

Одним из важнейших параметров, характеризующих энергетику мышечного сокращения, является так называемый температурный коэффициент мышечного сокращения. Характер расчета названного показателя свидетельствует, что он отражает термогенную эффективность мышечного сокращения.

Как показали эксперименты (табл. 4), температурный коэффициент мышечного сокращений у крыс контрольной группы составил $[(10,27 \cdot 10^{-4})^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$.

Предварительное введение белым крысам в подготовительном периоде трийодтиронина (экспериментальный гипертиреоз) вызывало определенные изменения со стороны изучаемого показателя. Так, у животных с экспериментальным гипертиреозом его значение выросло до $[(12,17 \cdot 10^{-4})^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$, что было на $[(1,9 \cdot 10^{-4})^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ выше контрольного уровня (+18%, P<0,05).

Таблица 4

Температурный коэффициент мышечного сокращения у белых крыс разных групп

Группа крыс	Параметры энергетики мышечного сокращения		
	Сила, развиваемая мышцей, Г	Прирост температуры мышцы, $\Delta T^{\circ}\text{C}$	Температурный коэффициент мышечного сокращения, $^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma$
Контроль (n = 12)	145 ± 4	0,149 ± 0,011	$[(10,27 \pm 0,87) \cdot 10^{-4}^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$
Гипертиреоз (n = 12)	161 ± 5	0,196 ± 0,019	$[(12,17 \pm 0,93) \cdot 10^{-4}^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$
Разница: <i>гипертиреоз – контроль</i>	+16 ± 6,4 +11% P<0,05	+0,047 ± 0,0222 +31% P<0,05	+ $[(1,9 \pm 0,87) \cdot 10^{-4}^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ +18% P<0,05

Следовательно экспериментальный гипертиреоз нашей модели, сопровождающийся повышением ректальной температуры до $39,4^{\circ}\text{C}$, вызывал понижение коэффициента полезного действия мышечного сокращения, о чем свидетельствует существенное (+18%) повышение температурного коэффициента вызванного мышечного сокращения.

Одной из задач, поставленных в настоящей работе, явилось изучение характера взаимодействия тиреоидных гормонов и катехоламинов в реакциях теплообразования. С этой целью у животных контрольной и гипертиреоидной группы исследовался эффект инъекции адреналина на параметры, отражающие энергетику мышечного сокращения, в частности, на силу сокращения мышцы, прирост температуры, вызванный этим сокращением, и расчетный коэффициент температурный эффект мышечного сокращения (табл. 5).

Результаты наших экспериментов показали, что скелетная мышца контрольных крыс после инъекции животным адреналина, как можно было бы ожидать, не изменила такой свой параметр, как сила сокращения. Действительно, если до введения адреналина сила, развиваемая мышцей при изометрическом сокращении составляла 145 ± 4 Г, то после введения гормона сила сокращения не изменилась.

Аналогичная картина имела место и в отношении силы сокращения у крыс гипертиреоидной группы. Так, если в период до введения адреналина мышца развивала силу сокращения, равную 161 ± 5 Г, то после инъекции адреналина сила сокращения не изменилась ($+4 \pm 7$ Г, +2,5%, $P > 0,05$).

Таблица 5

Параметры, характеризующие силу изометрического мышечного сокращения у белых крыс разных групп, при введении адреналина

Группа крыс	Сила мышечного сокращения, Г		
	До введения адреналина	После введения адреналина	Разница
Контроль (n = 12)	145 ± 4	148 ± 3	$+3 \pm 5$ +1,4%, $P > 0,05$
Гипертиреоз (n = 12)	161 ± 5	165 ± 4	$+4 \pm 7$ +2,5%, $P > 0,05$
Разница: гипертиреоз – контроль	$+16 \pm 6,4$ +11% $P < 0,05$	$+17 \pm 5$ +11% $P < 0,05$	–

Таким образом, введение адреналина не отражалось на силе, развиваемой скелетной мышцей при изометрическом сокращении, как у крыс контрольной группы, так и животных с экспериментальным гипертиреозом.

Как указывалось в разделе методика, параллельно с силой, развиваемой скелетной мышцей, одновременно регистрировался прирост температуры мышцы. Цифровой материал, отражающий величины прироста температуры сокращающейся скелетной мышцы под влиянием инъекции адреналина, приведен в табл. 6. Как видно из представленных данных, у животных контрольной группы введение адреналина вызывало определенные сдвиги в значении регистрируемого параметра. Действительно, если в период опыта "до введения адреналина" прирост температуры мышцы при ее изометрическом сокращении составлял $0,149 \pm 0,011^{\circ}\text{C}$, то после введения гормона мышца повышала свою температуру уже $0,169 \pm 0,015^{\circ}\text{C}$, что составило прирост, равный 13% ($P < 0,05$). Как видно, катехоламин адреналин вызывал повышение выхода тепла при мышечном сокращении у крыс контрольной, эутиреоидной группы.

Таблица 6

Параметры, характеризующие термогенный эффект изометрического мышечного сокращения у белых крыс разных групп, при введении адреналина

Группа крыс	Прирост температуры мышцы, °С		
	До введения адреналина	После введения адреналина	Разница
Контроль (n = 12)	0,149 ± 0,011	0,169 ± 0,015	+0,020 ± 0,018 +13%, P<0,05
Гипертиреоз (n = 12)	0,176 ± 0,019	0,245 ± 0,023	+0,069 ± 0,029 +39%, P<0,05
Разница: <i>гипертиреоз</i> – <i>контроль</i>	+0,027 ± 0,0222 +18%, P<0,05	+0,076 ± 0,027 +45%, P<0,05	–

Еще более выраженный эффект на изучаемый параметр энергетики мышечного сокращения адреналин оказывал у животных с экспериментальным гипертиреозом. Так, если в экспериментах "до введения гормона" прирост температуры мышцы при ее сокращении составлял $0,176 \pm 0,019^{\circ}\text{C}$, то после введения адреналина величина данного показателя возросла до $0,245 \pm 0,023^{\circ}\text{C}$, или увеличилась на 39% ($P<0,05$). Следовательно, у крыс, которым в подготовительном период вводился гормон щитовидной железы трийодтиронин, температура мышцы при сокращении увеличивалась значительно больше, чем у животных контрольной группы.

Анализируя результаты измерения прироста температуры мышцы у крыс контрольной и гипертиреоидной групп под влиянием инъекции адреналина, можно прийти к предположению, что как адреналин, так и трийодтиронин, активируют процессы энергетического обмена в скелетной мышце. При этом важно подчеркнуть, что характер такого рода активации энергетического обмена свидетельствует о повышении энерготрат мышцы при развитии сокращения, что равнозначно снижению коэффициента полезного действия мышечного сокращения. Доказательством такого предположения являются, на наш взгляд, убедительные результаты расчета так называемого температурного эффекта мышечного сокращения (табл. 7).

Таблица 7

Значение температурного коэффициента мышечного сокращения у белых крыс разных групп под влиянием инъекции адреналина

Группа	Прирост температуры мышцы, °С		
	До введения адреналина	После введения адреналина	Разница
Контроль (n=12)	$[(10,27 \pm 0,87) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$	$[(11,42 \pm 0,99) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$	$+[(1,15 \pm 1,15) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ +11%, P<0,05
Гипертиреоз (n=12)	$[(12,17 \pm 0,93) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$	$[(14,85 \pm 1,01) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$	$+[(2,68 \pm 1,26) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ +22%, P<0,05
Разница: <i>гипертиреоз</i> – <i>контроль</i>	$[(1,9 \pm 0,87) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ +18%, P<0,05	$[(3,43 \pm 1,1) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$ +30%, P<0,05	–

Как видно из представленных данных, у животных контрольной группы температурный эффект мышечного сокращения в период перед введением адреналина соответствовал значению $[(10,27 \pm 0,87) 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}\backslash\Gamma]$. Инъекция катехоламина адреналина приводила к некоторому росту величины этого коэффициента (+11%, $P<0,05$).

Таким образом, адреналин у животных с эутиреоидным статусом повышал энергозатраты мышцы, необходимые для ее сокращения. Еще более выраженное действие на изучаемый показатель оказали инъекции адреналина у крыс с экспериментальным гипертиреозом. Так, до введения адреналина температурный коэффициент мышечного сокращения составлял $[(12,17 \pm 0,93) 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}\backslash\Gamma]$, а после инъекции гормона увеличился $+[2,68 \pm 1,26) 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}\backslash\Gamma]$, т.е. на +22%.

Таким образом, экспериментальный гипертиреоз усиливал эффект адреналина на тепловую эффективность мышечного сокращения ровно в двое.

Результаты наших экспериментов позволяют сделать общее заключение о гормонах щитовидной железы как естественных регуляторов энергетической стоимости температурного гомеостаза. Показано, что повышается "выход" тепла на единицу силу сокращения мышцы. Качественно в том же направлении действует и адреналин. При этом важно подчеркнуть, что у животных с экспериментальным гипертиреозом эффект адреналина на энергетику мышечного сокращения и тепловой выход мышечного сокращения становились выше, чем у контрольных, эутиреоидных крыс.

Представляет интерес обсуждение вопроса о механизмах, лежащих в основе изменения термогенной функции сокращающейся мышцы. Известно, что коэффициент полезного действия мышечного сокращения является одной из стабильных констант, поскольку обусловлен фундаментальными процессами, лежащими в основе аккумуляции энергии в макроэргических связях АТФ и хемо-механическим сопряжением. Однако в последние 15 лет появились публикации, показывающие, что к.п.д. мышечного сокращения может изменяться при ряде условий, например, при адаптации к холоду [3, 4, 8]. Результаты наших исследований позволяют говорить, что изменение термогенной эффективности мышечного сокращения может меняться и под воздействием тиреоидных гормонов. Действительно, температурный эффект вызванного мышечного сокращения был всегда более высоким у крыс с экспериментальным гипертиреозом. На наш взгляд, это свидетельствует, что под тиреоидным контролем находится одна из фундаментальных величин сократительного акта – его термогенная эффективность на единицу выполненной работы.

При обсуждении возможных механизмов, лежащих в основе подобного эффекта гормонов щитовидной железы, необходимо учесть, что тиреоидные гормоны в состоянии формировать структурно-функциональный след в калоригенно активных тканях [5–7, 10]. Можно полагать, что в результате экспериментального гипертиреоза и под влиянием адреналина могут изменяться многие стороны энергетического обмена в мышце. По-видимому, существует лишь несколько принципиально важных точек, действуя на которые тиреоидные гормоны могут менять термогенную эффективность сократительного акта. Такими точками могут быть в первую очередь процессы, связанные с фазами начальной и отставленной (по А. Хиллу) теплопродукции. Первичная фаза теплообразования преимущественно обусловлена процессами гидролиза АТФ, а вторичная – процессами его ресинтеза преимущественно в аэробных условиях [11]. Можно считать, что под влиянием гормонов щитовидной железы находятся именно процессы ресинтеза использованного при сокращении мышцы АТФ. В подобном случае при экспериментальном гипертиреозе должна автоматически изменяться фаза вторичной теплопродукции. Экспериментальное доказательство этому было получено В.И. Соболевым [8]: показано, что действие тиреоидных гормонов на тепловую эффективность мышечного сокращения проявляется при сокращении мышцы только в аэробных условиях; при отсутствии кислорода эффект гормонов щитовидной железы не наблюдался. Поскольку фаза ресинтеза АТФ невозможна без присутствия кислорода, было сделано предположение о вторичной теплопродукции как точке приложения действия гормонов щитовидной железы в мышцах.

Рассматривая механизм действия тиреоидных гормонов на к.п.д. мышечного сокращения, необходимо отметить, что могут существовать и другие процессы, приводящие к росту теплообразовательной функции сокращающихся скелетных мышц. Одним из таких механизмов может являться кальциевый насос. По некоторым данным, кальциевый насос в

принципе может находиться в разных энергетических условиях, отличающихся своей эффективностью [2, 11]. В основе разобщения кальциевого насоса могут лежать две причины: истинное разобщение в результате уменьшения эффективности каждого цикла гидролиза АТФ и увеличение выхода ионов кальция из везикул. В обоих случаях экспериментально установленные значения соотношения Са/АТФ будут меньше 2. С точки зрения повышения термогенной эффективности сократительного акта имеет значение первый путь. Так, в случае снижения соотношения Са/АТФ до 1 на 2 иона кальция, перекаченного из цитоплазмы в саркоплазматический ретикулум, будет затрачиваться не 1, а 2 молекулы АТФ. Понятно, что на уровне мышцы будет выделяться большее количество тепла. При этом "выход" тепла будет повышаться только в связи с собственно мышечным сокращением, и не будет затрагивать тепло покоя скелетной мышцы.

Таким образом, независимо от реальности существования того или иного из предполагаемых механизмов, можно твердо говорить, что тиреоидные гормоны и адреналин способны понижать физиологическую эффективность сократительного акта путем повышения теплового "выхода" любой мышечной работы. Следовательно, гормоны щитовидной железы и адреналин могут выступать в роли естественных эндогенных гормональных регуляторов энергетической эффективности биологической работы, в том числе и в качестве естественных регуляторов физиологической эффективности механизмов терморегуляции.

Выводы

1. Адреналин в использованной дозе (0,2 мг/кг) в условиях термонеutralной зоны вызывает четкую стимуляцию общего энергетического обмена у крыс контрольной и гипертиреодной групп; степень стимуляции была существенно выраженной у крыс с экспериментальным гипертиреозом. Делается заключение, что тиреоидные гормоны потенцируют (усиливают) калоригенной и термогенное действие одного из катехоламинов – адреналина.

2. Экспериментальный гипертиреоз нашей модели (50 мкг/кг трийодтиронина ежесуточно подкожно в течение 9-12 дней) вызывал возрастание (+11%) силы изометрического сокращения переднеберцовой мышцы белых крыс.

3. При экспериментальном гипертиреозе, сопровождающимся повышением ректальной температуры до 39,4⁰С, происходит существенное (+18%) повышение температурного коэффициента вызванного мышечного сокращения; данный факт рассматривается с точки зрения снижения коэффициента полезного действия мышечного сокращения.

4. Однократное введение адреналина (в/м в дозе 0,2 мг/кг) не отражалось на силе, развиваемой скелетной мышцей при изометрическом сокращении, как у крыс контрольной группы, так и животных с экспериментальным гипертиреозом.

5. У животных контрольной группы введение адреналина вызывало повышение теплообразовательной функции скелетной мышцы (+13%); экспериментальный гипертиреоз усиливал подобное действие адреналина, что выражалось в существенном росте (+39%) его термогенного эффекта.

6. Многократные инъекции белым крысам трийодтиронина приводили к повышению температурного коэффициента мышечного сокращения (+18%), что рассматривается с точки зрения повышения энергозатрат мышцы на единицу развиваемой силы.

Список литературы

1. *Баженов Ю.И.* Термогенез и мышечная деятельность. – Л.: Наука, 1981. – 104 с.
2. *Болдырев А.А.* Биологические мембраны и транспорт ионов. – М.: МГУ, 1985. – 207 с.
3. *Иванов К.П.* Основы энергетики организма: теоретические и практические аспекты. Т. 1. Общая энергетика. Теплообмен и терморегуляция. – Л.: Наука, 1990. – 307 с.

4. *Соболев В.И.* Катехоламины и химическая терморегуляция // Физиол. журн. АН УССР. – 1979. – Т. 25, № 5. – С. 593-603.
5. *Соболев В.И., Анохин В.А.* Влияние трийодтиронина и катехоламинов на стойкость следовых эффектов холодовой адаптации у крыс // Физиол. журн. СССР. – 1989. – Т. 75, № 1. – С. 110-116.
6. *Соболев В.И., Короткова Т.П.* Влияние многократных инъекций адреналина на энергетику мышечного сокращения // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2001. – Т. 10, № 2. – С. 216-217.
7. *Соболев В.И., Панько А.А., Панфилова С.Г.* Влияние тиреоидных гормонов на характер петли гистерезиса у белых крыс при глубокой гипотермии // Пробл. криобиологии. – 2001. – № 3. – С. 23-24.
8. *Султанов Ф.Ф., Соболев В.И.* Гормональные механизмы температурной адаптации. – Ашхабад: Ылым, 1991. – 216 с.
9. *Хаскин В.В.* Биохимические механизмы адаптации к холоду // Физиол. терморегуляции. Руководство по физиологии. – Л.: Наука, 1984. – С. 237-266.
10. *Edelman M.D., Ismail-Beigi F.* Thyroid thermogenesis and active sodium transport // Recent Progress in Hormone Res. – 1974. – V. 30. – P. 235-257.
11. *Wolege R.C., Curtin N.A., Hompshe E.* Energetic aspect of muscle contraction. – New York; London, 1983. – 290 p.

Панфілова С.Г., Соболев В.І. Енергетика м'язового скорочення при експериментальному гіпертиреозі та стимуляції адреналіном. – У експериментах на білих щурах вивчався температурний ефект скорочення переднього великогомілкового м'яза при експериментальному гіпертиреозі і стимуляції адреналіном. Показано, що при гіпертиреозі зростає температурний коефіцієнт ізометричного м'язового скорочення. Встановлено, що трийодтиронін підсилює термогенну дію катехоламіну адреналіну.

Ключові слова: біоенергетика, скелетний м'яз, гіпертиреоз, адреналін.

Panfilova S.G., Sobolev V.I. Energetic of muscle contraction at experimental hyperthyroidism and stimulations by adrenaline. – In the experiments on white rats the temperature effect of muscle contraction was studied at experimental hyperthyroidism and stimulations by adrenaline. It is shown that the temperature coefficient of muscle contraction increases at hyperthyroidism. It is set that triiodthyronine strengthens a thermogenic action of catecholamine adrenaline.

Key words: bioenergetic, skeletal muscle, hyperthyroidism, adrenaline.

Н.В. Пичурина

**ЭНЕРГЕТИКА ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕТАНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ
МЫШЦЫ ПРИ РАЗНЫХ МОДЕЛЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ГИПЕРТИРЕОЗА**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Пичурина Н.В. Энергетика изометрического тетанического сокращения мышцы при разных моделях экспериментального гипертиреоза. – В экспериментах на белых крысах изучалась сила мышечного сокращения и работоспособность мышцы. Показано, что экспериментальный гипертиреоз легкой степени выраженности увеличивает начальную силу мышечного сокращения, но уменьшает способность мышцы к длительной работе. Экспериментальный тиреотоксикоз средней степени выраженности повышает исходную силу мышечного сокращения, но негативно отражается на способности мышцы к многократным сокращениям.

Ключевые слова: биоэнергетика, скелетная мышца, гипертиреоз, катехоламины.

Введение

В современной медико-биологической науке проблеме гормонального контроля физиологических функций уделяется значительное внимание [1, 4, 7, 10]. Среди многочисленных аспектов названной проблемы не последнее место отводится вопросам, касающимся механизмов действия тиреоидных гормонов и катехоламинов, а также механизмов взаимодействия этих гормональных факторов [2, 8, 9, 13]. Несмотря на ряд успехов, достигнутых в последние годы, остается все еще малоисследованной проблема состояния адренергических физиологических реакций в зависимости от тиреоидного статуса. Большой интерес к этой проблеме обусловлен не только значением ее для понимания фундаментальных основ действия гормонов, но и для практики клинической эндокринологии [3, 6, 8, 9].

Исследование физиологических механизмов действия гормонов щитовидной железы имеет значение также для нервно-мышечной физиологии, поскольку энергетика мышечного сокращения является одной из проблем физиологии гомойотермии. Однако ряд аспектов данной проблемы остается мало изученным. В частности, представляет интерес вопрос о состоянии силовых параметров мышечного сокращения в процессе углубления экспериментального гипертиреоза [13, 15–17].

Целью работы явилось исследование силовых характеристик вызванного мышечного сокращения в условиях *in situ* при различных моделях тиреоидного статуса – от эутиреоза до тиреотоксикоза тяжелой степени выраженности, а также изучение характера влияния катехоламина изопропилнорадреналина на силу изометрического тетанического сокращения..

Материалы и методы исследования

Все эксперименты были выполнены на лабораторных белых крысах-самцах массой около 300 г.

Модель экспериментального гипертиреоза. Среди многочисленных способов выбора модели экспериментального гипертиреоза использовался метод ежедневного подкожного введения трийодтиронина. В экспериментах использовался экспериментальный гипертиреоз, выраженность которого оценивалась, как легкая. Основанием этого служила ректальная температура, скорость потребления кислорода и частота сердечных сокращений. При нашей модели ректальная температура у животных повышалась до $39,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (у контроля $38,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$), потребление кислорода увеличивалось до 28-30%, а тахикардия была умеренной. Степень выраженности главных симптомов гипертиреоза, как видно, была невысокой. Кроме того, у животных отсутствовали визуальные признаки тиреотоксикоза, такие как чрезмерное исхудание, выпадение шерсти, высокая смертность, апатия и др.

На практике такая модель формировалась при подкожном введении трийодтиронина в дозе 30 мкг/кг ежесуточно в течение 10-12 дней, либо в дозе 100 мкг/кг в течение 5-7 дней. Учитывая индивидуальную чувствительность к гормону, которая у белых крыс чрезвычайно

вариабельная, число инъекций в разных случаях колебалось в пределах 20-30%. Инъекции осуществлялись под постоянным контролем ректальной температуры и прекращались после достижения ее уровня $38,9 \dots 39,1^{\circ}\text{C}$. Однако в любом случае число инъекций не превышало 15. Для улучшения растворимости и соответственно процесса всасывания трийодтиронина в его водный раствор добавлялся NaOH.

Использованная модель экспериментального гипертиреоза применялась и в работах других исследователей [10, 13, 15].

Модель экспериментального тиреотоксикоза. Для более полной характеристики влияния тиреоидных гормонов на изучаемые в нашей работе процессы, физиологические функции и показатели была использована также модель выраженного гипертиреоза, или экспериментального тиреотоксикоза. Такое состояние вызывалось путем подкожного ежесуточного введения трийодтиронина в дозе 100 мкг/кг. Число инъекций в некоторых случаях достигало 25. Показателем наступления состояния тиреотоксикоза служила высокая ректальная температура и повышенная скорость потребления кислорода. Использовались две разновидности тиреотоксикоза. В первом случае тиреотоксикоз характеризовался ректальной температурой $40,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, а во втором – температура тела доводилась до уровня $41,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (у контроля $38,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Показателем степени выраженности тиреотоксикоза являются также типичные визуальные симптомы тиреотоксикоза – выпадение шерсти, измененные поведенческие реакции (животные переставали чистить свою шерстку, становились вялыми). Все это в совокупности служило доказательством развития у животных выраженного токсикоза, наступившего в результате введения высоких доз гормона щитовидной железы трийодтиронина.

С использованием животных всех 4 экспериментальных групп были выполнены эксперименты по изучению характера влияния различного тиреоидного статуса на силу вызванного изометрического сокращения скелетной мышцы. Для измерения силы сокращения мышцы была использована методика, разработанная на кафедре физиологии человека и животных [10, 13]. Суть метода заключалась в измерении силы вызванного сокращения мышцы путем электрического раздражения малоберцового нерва животного.

Эргометрический канал включал механодатчик (тензодатчик), усилитель и компьютер. Сигнал разбаланса от системы датчика усиливался фотоусилителем типа Ф-359 и регистрировался с помощью системы компьютера; имелась возможность и в цифровой индикации измеряемого параметра (вольтметр В7-21А).

Подготовка животного к опыту заключалась в следующем. Крыса наркотизировалась путем внутрибрюшинного введения этиминала натрия в дозе 50 мг/кг, а затем фиксировалась в станке установки. Далее отпрепаровывался малоберцовый нерв, который в дальнейшем помещался в погружной электрод. Без нарушения естественной теплоизоляции отсекалось дистальное сухожилие передней большеберцовой мышцы. При помощи стальной гибкой тяги сухожилие крепилось к механодатчику. С помощью микровинта устанавливалась исходная сила растяжения мышцы, равная 100 Г. Во всех опытах величина электрического раздражения (стимулятор ЭСЛ-1, длительность импульсов 0,5 мс, частота 60 Гц) выбиралась выше пороговой, что позволяло мышце сокращаться с предельной силой.

Режим сокращения мышцы был следующим: 1 с – сокращение в изометрическом тетанусе, 2 мин – отдых. Всего наносилось 10 раздражений. В ходе расчетов определялась сила изометрического тетанического сокращения, которая выражалась в "*Г-силе*".

После регистрации 10 изометрических сокращений животному внутривенно проводилась двухминутная инфузия катехоламина изопропилнорадреналина. Канюля вводилась в *v. dors. penis*, а инфузия осуществлялась с помощью перистальтического насоса. Доза изопропилнорадреналина соответствовал 2,0 мкг/кг мин и выбиралась, исходя из литературных данных [14]. После окончания периода инфузии сила сокращения измерялась вновь. Таким способом имелась возможность изучения характера влияния катехоламина на мышечное сокращение при различном тиреоидном статусе.

После завершения опыта животное умерщвлялось эфиром в соответствии с правилами работы с экспериментальными животными.

Результаты и обсуждение

Использованные экспериментальные модели исследования характеризуются рядом особенностей. Представление об этом можно получить, анализируя данные табл. 1. Известно, что наиболее важными показателями, характеризующими состояние тиреоидного статуса, являются температура тела, скорость поглощения кислорода, частота сердечных сокращений и масса тела. Регистрация значений основных физиологических показателей показала, что у крыс трех экспериментальных гипертиреоидных групп наблюдалось формирование четко выраженного экспериментального гипертиреоза нарастающей степени выраженности. Об этом свидетельствуют данные табл. 1.

Таблица 1

Влияние тиреоидного статуса на некоторые физиологические показатели у белых крыс

Группа	Физиологический показатель			
	Ректальная температура, °С	Потребление кислорода, мл/кг/мин	Частота сердечных сокращений, уд/мин	Масса тела, г
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n = 10	39,0 ± 0,1 +1,0 ± 0,14 P<0,05	26 ± 0,4 +5 ± 0,6 P<0,05	466 ± 6 +64 ± 8 P<0,05	302 ± 4 -18 ± 5 P<0,05
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n = 10	40,0 ± 0,2 +2,0 ± 0,3 P<0,05	28 ± 0,8 +7 ± 1,0 P<0,05	488 ± 8 +86 ± 10 P<0,05	306 ± 3 -14 ± 4 P<0,05
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n = 10	41,0 ± 0,2 +3 ± 0,3 P<0,05	33 ± 0,9 +12 ± 1,2 P<0,05	436 ± 7 +34 ± 9 P<0,05	269 ± 5 -51 ± 7 P<0,05
Контроль (К-группа) n = 12	38,0 ± 0,1	21 ± 0,4	402 ± 4	320 ± 3

Примечание. В таблице приведены также различия относительно аналогичных данных для крыс контрольной группы

По приведенным экспериментальным данным у крыс с нарастающей степенью выраженности экспериментального гипертиреоза значение ректальной температуры прогрессивно увеличивалось: у крыс "1Т₃-группы" на 1,0 ± 0,1⁰С, у животных "2Т₃-группы" на 2,0 ± 0,2⁰С и "3Т₃-группы" на 3,0 ± 0,2⁰С. Необходимо напомнить, что степень выраженности экспериментального гипертиреоза определялась заранее и в качестве тестового показателя использовалась температура тела трех уровней: 39,0, 40,0 и 41,0⁰С. Достижение последнего уровня вызывало определенные трудности. Они выражались в том, что не у всех животных удалось искусственно повысить ректальную температуру до уровня 41,0⁰С. Тем не менее для экспериментов отбирались только те животные, у которых значение температуры тела достигало заданного заранее определенного уровня.

Вторым важным показателем является скорость потребления кислорода (см. табл. 1), которая у крыс с экспериментальным гипертиреозом и тиреотоксикозом соответственно возрастала на 24% (1Т₃-группа), 33 (2Т₃-группа) и 57% (3Т₃-группа). Как видно, у животных последней группы интенсификация потребления кислорода при использованной модели экспериментального тиреотоксикоза была, по-видимому, близка к максимально возможной.

Таблица 2

Сила изометрического тетанического сокращения передней большеберцовой мышцы (Г) у белых крыс при экспериментальном гипертиреозе

Группа	Количество сокращений (номер сокращения)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n=10	167±2	169±2	179±3	168±3	164±4	147±3	141±2	136±2	122±2	116±3
Контроль (К-группа) n=12	150±3	153±2	155±4	159±2	153±3	148±2	140±3	139±3	132±2	126±3

Примечание. В скобках приведена разница относительно контрольного уровня

Многokратные инъекции трийодтиронина вызывали изменения и со стороны такого показателя, как частота сердечных сокращений. Результаты наших исследований показали, что у животных экспериментальных групп частота сердцебиений увеличивалась соответственно по сравнению с контролем на 64 ± 8 уд/мин (1Т₃-группа), 86 ± 10 уд/мин (2Т₃-группа) и 34 ± 7 уд/мин (3Т₃-группа). Вызывает интерес тот факт, что у крыс с тяжелой степенью выраженности экспериментального тиреотоксикоза (3Т₃-группа) частота сердечных сокращений возрастала в меньшей степени, чем у крыс других групп, получавших меньшее число инъекций трийодтиронина. На наш взгляд, это связано с развитием при тиреотоксикозе данной модели тяжелейших расстройств со стороны сердечно-сосудистой системы [6, 10].

Наконец, четвертым показателем, характеризующим степень выраженности экспериментального гипертиреоза и тиреотоксикоза, является масса тела. Так, по данным табл. 1 видно, что масса тела у крыс названных экспериментальных групп существенно падала соответственно на 18 ± 5 г (1Т₃-группа), 14 ± 4 г (2Т₃-группа) и 51 ± 7 г (3Т₃-группа).

Подводя итоги данной части анализа экспериментальных данных, можно с уверенностью сказать, что опыты были выполнены на животных с четко выраженными различиями в состоянии тиреоидного статуса – от эутиреоза до тяжелой степени тиреотоксикоза.

На следующем этапе работы исследовалась сила сокращения скелетной мышцы у крыс с экспериментальным гипертиреозом. Напомним, что у животных данной группы (1Т₃-группа) инъекции трийодтиронина продолжались до тех пор, пока ректальная температура не достигала значения $39,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Результаты опытов сведены в табл. 2 и иллюстрированы рис. 1 и 2.

Экспериментальный гипертиреоз легкой модели оказывал стимулирующее влияние на параметры силы мышечного сокращения.

Прежде всего, сказанное подтверждается сравнительной оценкой исходной силы мышечного сокращения у крыс гипертиреоидной и контрольной групп. Так, у крыс с экспериментальным гипертиреозом исходная сила сокращения мышцы составила 167 ± 2 Г, что было на 17 ± 4 Г больше контроля ($P < 0,05$).

Стимулирующее действие трийодтиронина проявилось и в отношении такого параметра силы, как максимальная величина на пике процесса вработываемости. По данным табл. 2 и рисунков видно, что максимальная величина силы мышцы у крыс гипертиреоидной группы составила 179 ± 3 Г, что было на 20 ± 4 Г больше, чем у контроля. Кроме того, время вработываемости у крыс гипертиреоидной группы было меньшим, о чем свидетельствует факт развития максимальной силы сокращения к 3-му сокращению (у крыс контрольной группы – к 4-му сократительному акту).

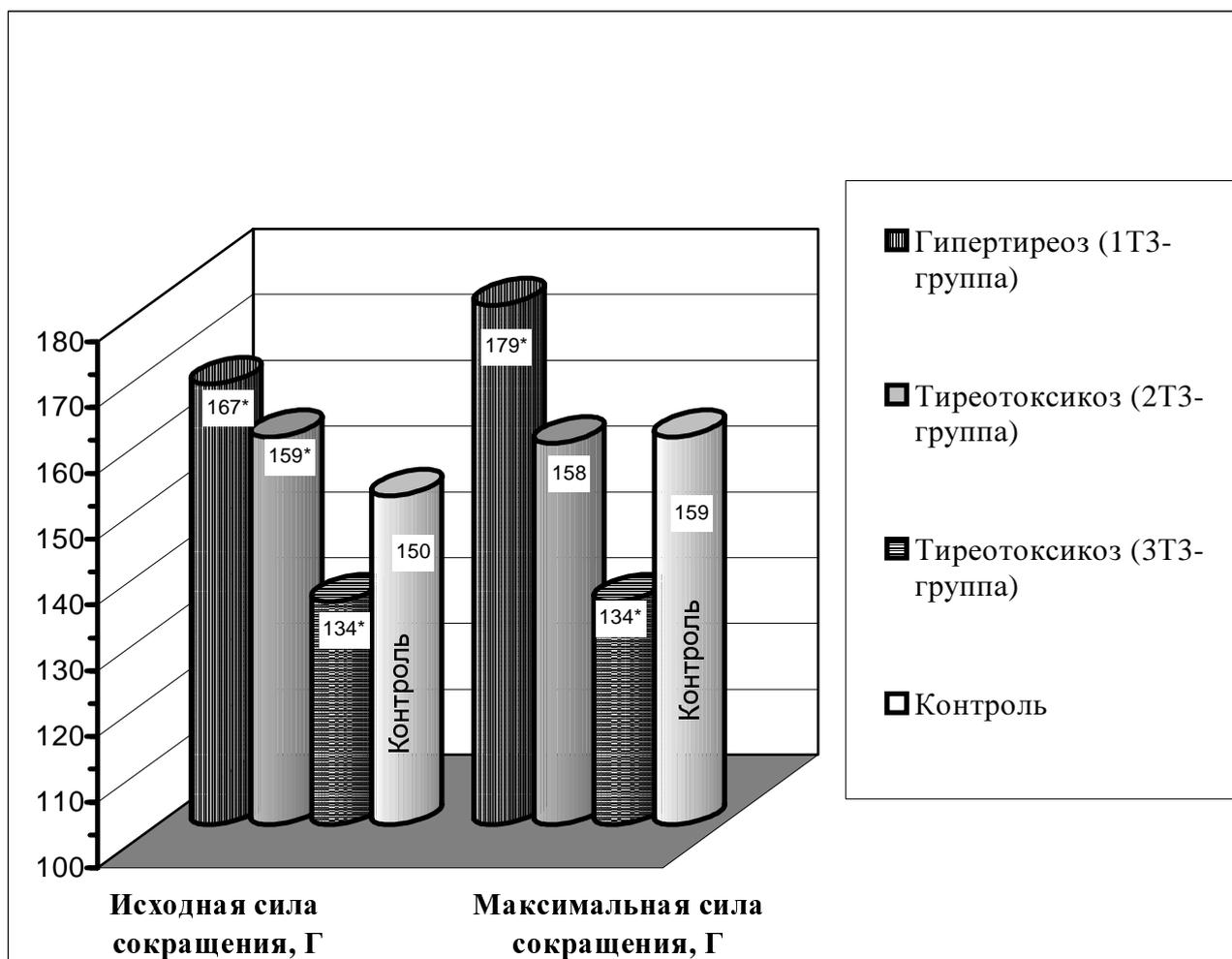


Рис. 1. Сравнительная характеристика исходной и максимальной силы
Примечание. * – различия статистически достоверны ($P < 0,05$) по отношению к контролю

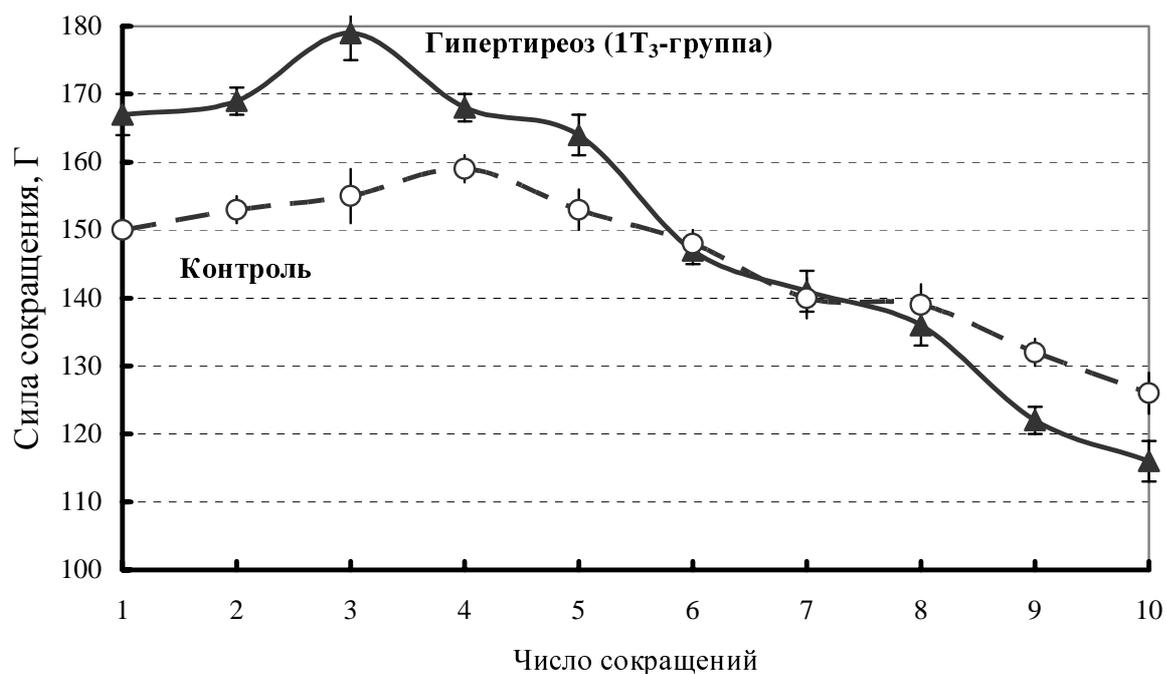


Рис. 2. Сила сокращения скелетной мышцы белых крыс контрольной и гипертиреотической групп

Продолжающиеся сокращения постепенно вызвали развитие процесса утомления скелетной мышцы. Так, к окончанию периода опыта (10-е сокращение) скелетная мышца гипертиреоидных крыс развивала силу сокращения равную 116 ± 3 Г, что было на 51 ± 4 Г меньше исходной величины.

Анализируя динамику параметра силы сокращения у крыс названных двух групп, видно, что кривые пересекаются в точке, соответствующей 6-му сокращению. В дальнейшем кривая силы опускалась ниже соответствующей кривой для контрольной группы крыс. Этот факт можно рассматривать с точки зрения более высокой скорости развития утомления мышцы животных с экспериментальным гипертиреозом. По-видимому, тиреоидные гормоны повышают расход энергии на сократительные акты у гипертиреоидных крыс, что закономерно вызывает уменьшение работоспособности скелетной мышцы. Последнее должно негативно отразиться на силе сокращения мышцы, что мы и наблюдали. Однако на первом этапе работы (первые 3-4 сокращения) мышца гипертиреоидных крыс сокращалась с большей силой. Данное обстоятельство можно рассматривать с точки зрения повышения возбудимости скелетной мышцы у животных под влиянием гормона щитовидной железы трийодтиронина.

Одной из задач работы явилось выяснение вопроса о характере влияния нарастающего гипертиреоза на силовые характеристики мышечного сокращения. С этой целью у животных последних двух групп вызывался экспериментальный тиреотоксикоз двух разных моделей. В первом случае трийодтиронин вводился до тех пор, пока ректальная температура не повышалась до $40,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (2Т₃-группа), а во втором – до значения $41,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (3Т₃-группа). Результаты определения силы сокращения мышцы у животных с экспериментальным тиреотоксикозом представлены в табл. 3 и иллюстрированы рисунками.

При анализе полученных данных обращают на себя внимание такие основные моменты. Экспериментальный тиреотоксикоз средней степени выраженности (2Т₃-группа) оказывал стимулирующее действие на исходную силу сокращения мышцы. Так, величина силы первого сокращения у крыс данной группы составляла 159 ± 2 Г, что было на 9 ± 4 Г больше ($P < 0,05$) контрольного уровня. Однако следует указать, что такая стимуляция была намного меньше, чем у крыс с экспериментальным гипертиреозом (1Т₃-группа).

Качественно иная картина имела место у крыс с выраженным тиреотоксикозом. Так, исходная величина силы сокращения мышцы у крыс "3Т₃-группы" составляла 134 ± 3 Г, что было на 16 ± 4 Г меньше контрольного значения у крыс контрольной группы. Это свидетельствует, что тиреотоксикоз выраженной степени существенно снижает силовые характеристики мышечного сокращения.

В процессе дальнейших сокращений сила, развиваемая мышцей крыс "2Т₃-группы", снижалась, а процесс вработывания отсутствовал (рис. 3). Так, кривая силы сокращения в процессе опыта у крыс этой группы неуклонно падала вниз, и к 10-му сокращению составляла 91 ± 5 Г, т.е. снижалась по сравнению с исходной величиной на 68 ± 6 Г (–43%).

Еще большие изменения наблюдали со стороны параметра силы сокращения скелетной мышцы у крыс с выраженной степенью тиреотоксикоза (3Т₃-группа). Как видно из табл. 3 и рис. 3, эффекта вработываемости у животных данной группы не отмечалось, и с каждым последующим сокращением сила мышцы неуклонно снижалась. К окончанию опыта (10-е сокращение) сила, развиваемая мышцей крыс "3Т₃-группы" составляла уже 51 ± 8 Г, т.е. снижалась на 83 ± 9 Г (–62%). Отметим, что у крыс контрольной группы к этому же периоду опыта сила сокращения составляла 126 ± 3 Г, то есть была на 75 ± 9 Г больше. На рис. 4 представлены значения конечной силы сокращения мышцы у крыс всех исследованных групп, т.е. силы 10-го сокращения.

Таким образом, углубляющийся экспериментальный гипертиреоз, от легкой степени выраженности до тяжелой формы тиреотоксикоза, существенно изменяет характер и значение силы сокращения передней большеберцовой мышцы белых крыс.

Сила изометрического тетанического сокращения передней большеберцовой мышцы (Г) у белых крыс при экспериментальном тиреотоксикозе

Группа	Количество сокращений (номер сокращения)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n = 10	159±2	158±3	150±3	142±3	113±4	107±4	101±5	99±5	97±5	91±5
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n = 10	134±3	132±4	115±4	103±5	100±5	96±5	91±5	84±7	75±7	51±8
Контроль (К-группа) n = 12	150±3	153±2	155±4	159±2	153±3	148±2	140±3	139±3	132±2	126±3

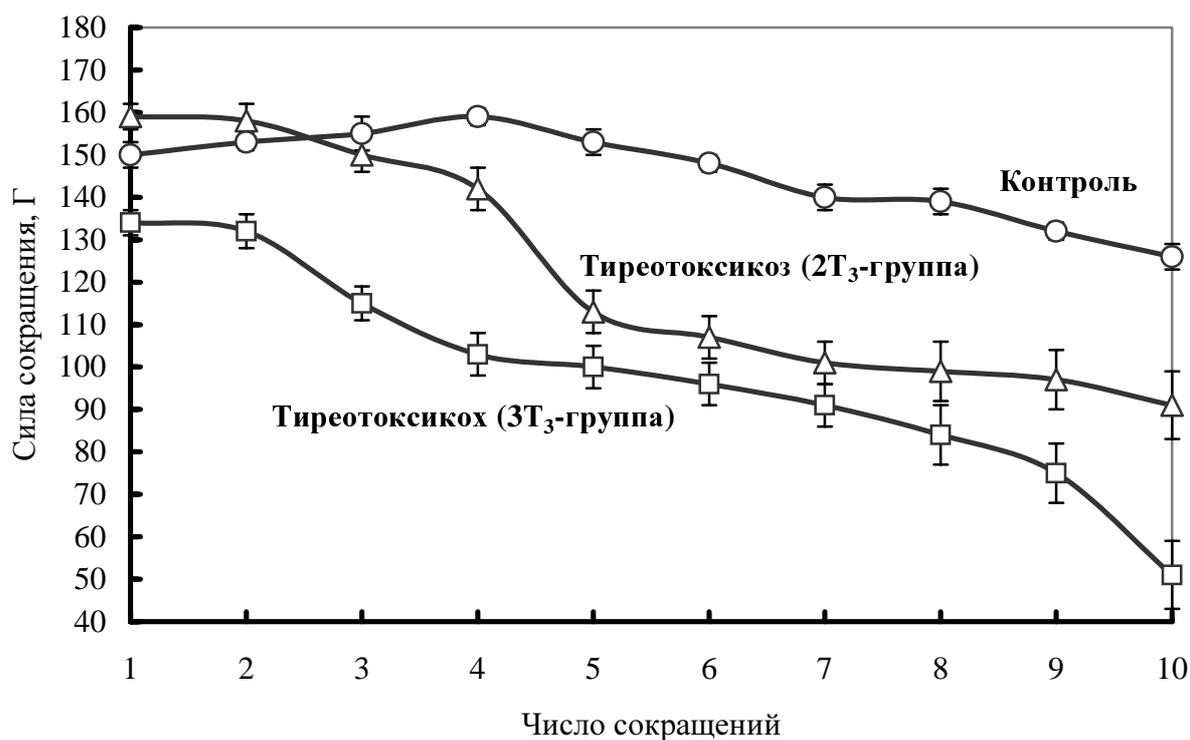


Рис. 3. Сила сокращения скелетных мышц крыс при экспериментальном тиреотоксикозе разной степени выраженности в процессе выполнения работы

При легкой степени гипертиреоза, сопровождающейся повышением ректальной температуры до $39,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (1Т₃-группа) начальная сила сокращения мышцы намного превышает силу сокращения мышцы контрольных, эутиреоидных животных. С углублением гипертиреоза (ректальная температура повышалась до $40,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$) исходная сила сокращения еще была выше контрольного уровня, однако мышца обладала низкой работоспособностью. Наконец, при тяжелой форме тиреотоксикоза (ректальная температура составляла $41,0 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$) скелетная мышца обладала низкой исходной силой сокращения, а процесс утомления стремительно возрастал, что отрицательно отразилось на силе мышечного сокращения в конце эксперимента. Одной из задач нашей работы явилось изучение характера действия одного из катехоламинов – изопрропилнорадреналина – на силовую характеристику мышечного сокращения у крыс с различным тиреоидным статусом. С этой целью через предварительно введенную канюлю внутривенно проводилась двухминутная инфузия изопрропилнорадреналина в дозе 2,0 мкг/кг мин.

По окончании периода инфузии сила сокращения мышцы определялась вновь. Таким способом возможно было оценить эффект адренергической стимуляции на силу мышечного сокращения в зависимости от тиреоидного статуса.

Результаты экспериментов приведены в табл. 4. Как следует из приведенных данных, инфузия катехоламина изопрропилнорадреналина на фоне развившегося после 10-го сокращения утомления оказывала у крыс разных групп не одинаковые эффекты. Так, у крыс контрольной групп катехоламина вызвал повышение силы сокращения мышцы с 126 ± 3 Г до 139 ± 3 Г, т.е. на 13 ± 4 Г. Подобный, но более выраженный эффект оказывал изопрропилнорадреналин у крыс с экспериментальным гипертиреозом (1Т₃-группа), у которых стимулирующее действие катехоламина проявлялось в повышение силы сокращения мышцы уже на 21 ± 4 Г, т.е. больше, чем у контроля. Экспериментальный тиреотоксикоз первой модели (2Т₃-группа) характеризовался высокой чувствительностью к адренергической стимуляции, что выразилось в возрастании силы мышечного сокращения на 13 ± 6 Г. Наконец, экспериментальный тиреотоксикоз тяжелой формы выраженности (3Т₃-группа) характеризовался отсутствием какой-либо чувствительности к катехоламину, что выразилось в отсутствии эффекта изопрропилнорадреналина ($+1 \pm 11$ Г, $P>0,05$).

Таблица 4

Влияние внутривенной инфузии катехоламина изопрропилнорадреналина на силу мышечного сокращения у крыс с различным тиреоидным статусом

Группа	Сила сокращения мышцы. Г		
	Сила сокращения мышцы (Г) перед инфузией изопрропилнорадреналина	Сила сокращения мышцы (Г) после инфузии изопрропилнорадреналина	Разница
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n = 10	116 ± 3	137 ± 3	$+21 \pm 4$ $P<0,05$
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n = 10	91 ± 5	104 ± 4	$+13 \pm 6$ $P<0,05$
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n = 10	51 ± 8	52 ± 7	$+1 \pm 11$ $P>0,05$
Контроль (К-группа) n = 12	126 ± 3	139 ± 3	$+13 \pm 4$ $P<0,05$

Обсуждая полученные данные, необходимо отметить, что использованный катехоламин изопропилнорадреналин обладает способностью стимулировать так называемые α -адренорецепторы. Через такие адренорецепторы реализуются многие эффекты катехоламинов, такие как субстратомобилизирующий, калоригенный и сердечно-сосудистый [5, 11, 14].

Введение животным всех групп изопропилнорадреналина должно было улучшить снабжение мышцы кислородом, субстратами окисления и др. Однако такое положительное влияние проявилось только у крыс гипертиреозной группы (1T₃-группа), животных с экспериментальным тиреотоксикозом второй модели (2T₃-группа) и контрольных. Полностью такой эффект изопропилнорадреналина отсутствовал у крыс с тяжелой формой тиреотоксикоза (3T₃-группа).

На наш взгляд, такие различия обусловлены неодинаковой чувствительностью физиологических систем к адренергической стимуляции. По-видимому, в последнем случае мышца обладала чрезвычайно низкой чувствительностью к адреностимуляции, в связи с чем катехоламин оказался неспособным к стимуляции ее функции.

Кроме того, при глубокой степени тиреотоксикоза вся сердечно-сосудистая система животных оказалась также не чувствительной к адреностимуляции. Подобная точка зрения базируется на данных ряда авторов [5, 11, 12, 14] о качественно низкой чувствительности физиологических систем животных и человека к адреностимуляции при тиреотоксикозах.

Таким образом, результаты наших экспериментов показывают, что тиреозидный статус неоднозначно влияет на такой параметр энергетики мышечного сокращения, как его сила. Выраженный тиреотоксикоз наносит существенный ущерб способности мышцы к сокращению, ослабляя при этом ее чувствительность к адренергической стимуляции.

Выводы

1. Экспериментальный гипертиреоз легкой степени выраженности (температура тела $39,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$) увеличивает начальную силу мышечного сокращения (+11%), но уменьшает способность мышцы к длительной работе (8%).

2. Экспериментальный тиреотоксикоз средней степени выраженности (температура тела $40,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$) повышает исходную силу мышечного сокращения (+6%), но негативно отражается на способности мышцы к многократным сокращениям.

3. Тиреотоксикоз тяжелой формы выраженности (температура тела $41,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$) существенно понижает начальную силу сокращения передней большеберцовой мышцы (-1%) и ее работоспособность.

4. Катехоламин β -адренергического типа действия изопропилнорадреналин, инфузируемый на фоне развившегося в мышце утомления, повышает силу ее сокращения у животных с экспериментальным гипертиреозом, а также крыс с тиреотоксикозом средней тяжести выраженности; у животных с тяжелой формой тиреотоксикоза катехоламин не оказывает стимулирующего действия на силу мышечного сокращения.

Список литературы

1. *Алешин Б.В.* Понятие о гормонах и их критериях в современной эндокринологии // *Успехи физиол. наук.* – 1987. – 18, № 4. – С. 19-36.
2. *Болезни щитовидной железы* / Под ред. Л.И. Браверман. – М.: Медицина, 2000. – 250 с.
3. *Бурумкулова Ф.Ф., Котова Г.А., Герасимов Г.О.* Сердечно-сосудистая система при диффузном токсическом зобе // *Пробл. эндокринолог.* – 1995. – № 5. – С. 41-46.
4. *Ганонг В.Ф.* *Фізіологія людини.* – Львів: Бак, 2002. – 784 с.
5. *Гольбер Л.М., Кандрор В.И.* Тиреотоксическое сердце. – М.: Медицина, 1972. – 344 с.
6. *Гольбер Л.М., Кандрор В.И., Крюкова И.В.* Гипертиреоз и симпатoadреналовая система. – М.: Изд-во АН СССР, 1978. – 100 с.

7. Дейвис П.Д., Дейвис Ф.Б. Негеномные эффекты тиреоидных гормонов // Болезни щитовидной железы. – М.: Медицина, 2001. – С. 18-34.
8. Кандрор В.И. Современные проблемы тиреологической патологии // Пробл. эндокринол. – 1990. – Т. 45, № 1. – С. 3-7.
9. Рачев Р.Р., Ещенко Н.Д. Тиреоидные гормоны и субклеточные структуры. – М.: Медицина, 1975. – 286 с.
10. Резник М.Е., Соболев В.И. Влияние изопрופןорадреналина на мощность мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе // Архив клин. экспер. мед. – 2001. – Т. 10, № 2. – С. 208.
11. Ром-Бугулавська О.С., Комарова І.В., Сомова О.В. Порівняльна реактивність еутиреоїдної та тиреотоксичної щитовидної залози до дії регуляторів тиреоїдної функції // Фізіол. журн. – 1996. – Т. 42, № 3–4. – С. 88-89.
12. Соболев В.И. Катехоламины и химическая терморегуляция // Физиол. журн. АН УССР. – 1979. – Т. 25, № 5. – С. 593-603.
13. Соболев В.И., Попова В.В. Энергетика мышечного сокращения при гипертиреозе // Тез. докл. Междунар. симп. "Механизмы терморегуляции и биоэнергетики: взаимодействие функциональных систем". – Иваново, 2002. – С. 50.
14. Султанов Ф.Ф., Соболев В.И. Гормональные механизмы температурной адаптации. – Ашхабад: Ёлым, 1991. – 216 с.
15. Чирва Г.И. Влияние многократных холодových воздействий на физиологические показатели терморегуляции человека // Архив клин. экспер. мед. – 2001. – Т. 10, № 3. – С. 277-280.
16. Чирва Г.И., Соболев В.И. Влияние острого охлаждения на физиологические механизмы терморегуляции человека // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природничі науки. – 2001. – Вип. 2. – С. 260-264.
17. Якименко М.А. Механизмы мышечного термогенеза // Тез. докл. съезда Всесоюз. физиол. общ-ва им. И.П. Павлова. – Кишинев, 1987. – Т. 1. – С. 242.

Пічуріна Н.В. Энергетика ізометричного тетанічного скорочення м'яза при різних моделях експериментального гіпертиреозу. – В експериментах на білих щурах вивчалася сила м'язового скорочення і працездатність м'яза. Показано, що експериментальний гіпертиреоз легкого ступеню виразності збільшує початкову силу м'язового скорочення, але зменшує здібність м'яза до тривалої роботи. Експериментальний тиреотоксикоз середнього ступеня виразності підвищує початкову силу м'язового скорочення, але негативно відображається на здібності м'яза до багатократних скорочень.

Ключові слова: біоенергетика, скелетний м'яз, гіпертиреоз, катехоламіни.

Pichurina N.V. Energy of isometric contraction of muscle at different models of experimental hyperthyroidism. – In the experiments on white rats the force of muscle contraction and capacity of muscle was studied. It is shown that experimental hyperthyroidism easy degree of expressed multiplies initial force of muscle contraction, but diminishes the capacity of muscle for the protracted work. Experimental thyreotoxicosis of middle degree of expressed promotes initial force of muscle contraction, but is negatively reflected on the capacity of muscle for frequent contractions.

Key words: bioenergetic, skeletal muscle, hyperthyroidism, catecholamines.

Е.Г. Ревякина, В.И. Соболев**ЭНДОКРИННЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ГИПОФИЗАРНО-ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМЕ
БЕЛЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ТЕРМОНЕЙТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ***Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Ревякина Е.Г., Соболев В.И. Эндокринные корреляции в гипофизарно-тиреоидной системе белых крыс в условиях термонеutralной зоны. – В условиях термонеutralной зоны и состояния относительного покоя в системе "ТТГ - T_4 общий - T_4 свободный" наиболее точно регулируется содержание в крови свободной формы тироксина; для указанной системы коэффициенты вариации соответственно равны 12,0%, 18,0 и 9,9%. В рамках физиологических колебаний уровня ТТГ крови четко выявляется положительная обратная связь ($r > +0,9$) между содержанием тиреотропного гормона гипофиза и всеми циркулирующими формами тироксина.

Ключевые слова: гипофиз, щитовидная железа, эндокринные корреляции.

Введение

Гормональные системы щитовидной железы и мозгового слоя надпочечников относятся к ряду гуморальных регуляторов эндокринной природы, определяющих становление и поддержание стратегически важных биологических процессов и констант [1-4]. Контроль физиологических функций, осуществляемый с помощью эндокринной системы, обеспечивается координированной работой многих эндокринных желез. Центральное место в нейроэндокринной системе, безусловно, занимает гипоталамус с его нейроэндокринной функцией. Как отмечает Б.В. Алешин [2], нейроэндокринная функция гипоталамуса демонстрирует эволюционно обусловленное единство нервных и гуморальных механизмов регуляции функций. Действительно, с одной стороны, гипоталамус является частью головного мозга, а с другой – частью нейроэндокринной системы.

Регуляция функции щитовидной железы осуществляется, как твердо установлено, через согласованную деятельность гипоталамо-аденогипофизарной системы. Структурная организация данного комплекса в настоящее время достаточно хорошо изучена [1, 2, 8]. Гипоталамические гормоны, управляющие функцией аденогипофиза и получившие название статинов и либеринов, вырабатываются преимущественно в так называемой тубероинфундибулярной области гипоталамуса, включающей медиобазальный гипоталамус и срединное возвышение (медиальная эминенция).

Важнейшими ядрами медиобазального гипоталамуса являются аркуатные, дорсомедиальные и вентрикулярные. Вместе с перивентрикулярным серым веществом, преоптической областью и супрахиазматическим ядром названные ядра образуют гипофизотропную зону гипоталамуса [8]. Аксоны нейронов туберальных ядер собираются в тубероинфундибулярный пучок и направляются к срединному возвышению, где заканчиваются на петлях первичного капиллярного сплетения, образуя аксовазальные синапсы. В дальнейшем гипоталамические нейrogормоны по портальным венам поступают в аденогипофиз, стимулируя "выход" его гормонов, в том числе и тиреотропного гормона. Согласно литературным данным [2], срединное возвышение является нейрогемальным органом для гипоталамо-аденогипофизарного комплекса. Значение медиальной эминенции чрезвычайно важно, так как в ней происходит не только передача гормонального стимула от гипоталамуса к гипофизу, но и обработка периферических гормональных сигналов. В связи с этим срединное возвышение можно рассматривать как важнейший нейроэндокринный интегратор.

Секреция гипоталамических нейrogормонов, в частности тиролиберина, контролируется сложными механизмами внутри гипоталамической регуляции. По данным ряда авторов [1, 3, 10] регуляция секреции тиролиберина осуществляется катехоламинами (норадреналином и дофамином), серотонином и ацетилхолином. Определенная роль отводится также β -эндорфину, а также нейропептиду Y [11]. Показано, что гипоталамическая секреция тиролиберина активируется норадреналином и угнетается серотонином и дофамином [9].

Аденогипофизотропная зона гипоталамуса имеет обширные связи с различными отделами центральной нервной системы, которые, по выражению Я.И. Ажипы [1], являются анатомической основой его интегративной деятельности. Такого рода связи гипоталамуса установлены со спинным мозгом, продолговатым и средним мозгом, таламусом, базальными ганглиями, гиппокампом, обонятельным мозгом, отдельными полями больших полушарий. Весьма обширны и эфферентные связи гипоталамуса. В связи с этим гипоталамус способен получать информацию практически от всех систем организма, и в то же время оказывать влияние на их функцию.

Существует множество путей регуляции секреции тиреотропного гормона гипофиза. В частности, она осуществляется путем, как активации его "выхода", так и торможения уровня секреции. Например, при электрическом раздражении медиальных ядер таламуса, ретикулярной формации ствола мозга и гиппокампа наблюдается значительная активация функции щитовидной железы (посредством усиления секреции тиреотропного гормона); в то же время подкорковые образования тормозят тиреотропную функцию гипофиза [2]. В регуляции функции щитовидной железы принимает участие и преоптическая область гипоталамуса. Так, при электрическом раздражении этой области содержание тиреотропного гормона в гипофизе уменьшалось при повышении его концентрации в крови; одновременно наблюдались все признаки активации функции щитовидной железы.

Таким образом, в настоящее время установлены основные принципы регуляции тиреотропной функции со стороны гипоталамо-аденогипофизарной системы. При этом необходимо подчеркнуть, что вопрос об эндокринных корреляциях между аденогипофизом и щитовидной железой изучен слабо [5-7]. В частности, остаются мало исследованными такие аспекты проблемы, как взаимовлияние между уровнем тиреотропного гормона крови и различными формами тироксина (связанной и свободной) и трийодтиронина крови.

Цель настоящей работы – проведение количественной оценки взаимоотношений между различными гормонами в аденогипофизарно-тиреоидной системе белых крыс в условиях термонеutralной зоны.

Материалы и методы исследования

Эксперименты были выполнены на взрослых белых крысах-самцах. Всего было использовано 18 животных. В крови крыс определялось содержание следующих гормонов: тиреотропного гормона гипофиза (ТТГ, мкМЕ/мл), связанного и свободного тироксина ($T_{\text{связан}}$ и $T_{\text{свободный}}$).

Определение гормонов проводилось с помощью метода радиоиммуноферментного анализа с использованием системы фирмы "Termolabsystems".

Полученные результаты обрабатывались с помощью общепринятых методов вариационной статистики с применением "Excel".

При проведении исследований придерживались правил работы с лабораторными животными.

Результаты и обсуждение

После измерения ректальной температуры ($37,9 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$) животные забивались, а пробы крови использовались для дальнейшего анализа на предмет определения концентрации исследуемых гормонов. Результаты определения содержания гормонов крови приведены в табл. 1, а в табл. 2 сведены некоторые показатели описательной статистики.

Как видно из представленных данных, содержание гормонов крови белых крыс характеризуется рядом особенностей, в частности, различиями в значении коэффициентов вариации. Известно, что данный показатель может отражать точность регуляции той или иной константы. По нашим данным, в условиях термонеutralной зоны, когда реакции терморегуляции "выключены" и животные находятся в состоянии относительного покоя, в системе " $T_{\text{ТТГ}}-T_{\text{связанный}}$ и $T_{\text{свободный}}$ " наиболее точно регулируется содержание в крови свободной формы тироксина. Так, для указанной системы он соответственно равен 12,0%,

18,0 и 9,9%. Следовательно, постоянная концентрация свободной формы тироксина поддерживается приблизительно в 1,8 раза лучше, чем неактивная, связанная с белками форма гормона.

Таблица 1

Содержание различных гормонов крови у экспериментальных животных

№ п/п	Концентрация гормонов крови белых крыс		
	Тиреотропный гормон гипофиза, мкЕД/мл	Тироксин связанный, пмоль/л	Тироксин свободный, нмоль/л
1	0,13	55	25,3
2	0,13	55	29,3
3	0,13	53	26,4
4	0,13	53	25,3
5	0,13	58	32,5
6	0,15	60	26,2
7	0,15	58	25,3
8	0,15	76	33,2
9	0,15	79	27,8
10	0,16	61	25,3
11	0,16	70	33,1
12	0,16	78	30,8
13	0,16	76	31,3
14	0,16	86	28,7
15	0,18	80	30,6
16	0,18	78	32,1
17	0,18	86	29,3
18	0,18	88	30,8
n = 18	0,154 ± 0,018	69,4 ± 12,6	29,1 ± 2,89

Как видно, наиболее точно среди указанных гормонов регулируется содержание свободной формы тироксина.

Такой результат можно объяснить с точки зрения существования относительно жесткой регуляции биологически активной формы гормона, поскольку физиологическим эффектом обладает свободные молекулы тироксина.

Обращает на себя внимание значение коэффициента соотношения между связанной и свободной формами тироксина. По нашим данным, это соотношение составило 2380,0. Следовательно, в крови белых крыс свободной, активной формы тироксина циркулирует на 2380% меньше, чем неактивной, связанной преимущественно с белками форме.

На следующем этапе анализа полученных данных представляют интерес результаты изучения характера связей между различными гормонами системы "аденогипофиз – щитовидная железа". Прежде всего, представлялось важным установления связи между циркулирующим тиреотропным гормоном гипофиза (ТТГ) и изучаемыми йодтиронинами.

Рис. 1 иллюстрирует связь между ТТГ и разными формами тироксина крови у белых крыс в состоянии покоя в условиях термонейтральной зоны.

Как следует из рис. 1, с увеличением в крови содержания ТТГ концентрация изученных форм тироксина (связанной и свободной) закономерно повышаются. Характер такой зависимости описывается уравнениями прямой линии при высоких коэффициентах корреляции ($r > 0,9$), которые выглядят следующим образом:

$T_{\text{связанный}} = 563 \text{ ТТГ} - 17,9$; $T_{\text{свободный}} = 62,8 \text{ ТТГ} + 19,2$. Приведенные коэффициенты регрессии в уравнениях регрессии статистически значимы ($P < 0,05$).

Таблица 2

Статистические показатели, характеризующие количественные показатели некоторых гормонов крови крыс с эутиреоидным статусом в условиях термонейтральной зоны

<i>Тип гормона и описательная статистика</i>		
Тиреотропный гормон гипофиза, мкМЕ/мл	Среднее значение	0,153889
	Стандартная ошибка	0,004364
	Медиана	0,155
	Мода	0,13
	Стандартное отклонение	0,018515
	Дисперсия выборки	0,000343
	Экссесс	-1,11916
	Асимметричность	0,04119
	Интервал	0,05
	Минимум	0,13
	Максимум	0,18
	Сумма	2,77
	Счет	18
Коэффициент вариации	12,0%	
<i>Тип гормона и описательная статистика</i>		
Тироксин связанный, нмоль/л	Среднее	69,44444
	Стандартная ошибка	2,975084
	Медиана	73
	Мода	55
	Стандартное отклонение	12,62221
	Дисперсия выборки	159,3203
	Экссесс	-1,68187
	Асимметричность	-0,00115
	Интервал	35
	Минимум	53
	Максимум	88
	Сумма	1250
	Счет	18
Коэффициент вариации	18,0%	
<i>Тип гормона и описательная статистика</i>		
Тироксин свободный, пмоль/л	Среднее	29,07222
	Стандартная ошибка	0,680292
	Медиана	29,3
	Мода	25,3
	Стандартное отклонение	2,886236
	Дисперсия выборки	8,330359
	Экссесс	-1,49245
	Асимметричность	-0,08513
	Интервал	7,9
	Минимум	25,3
	Максимум	33,2
	Сумма	523,3
	Счет	18
Коэффициент вариации	9,9%	

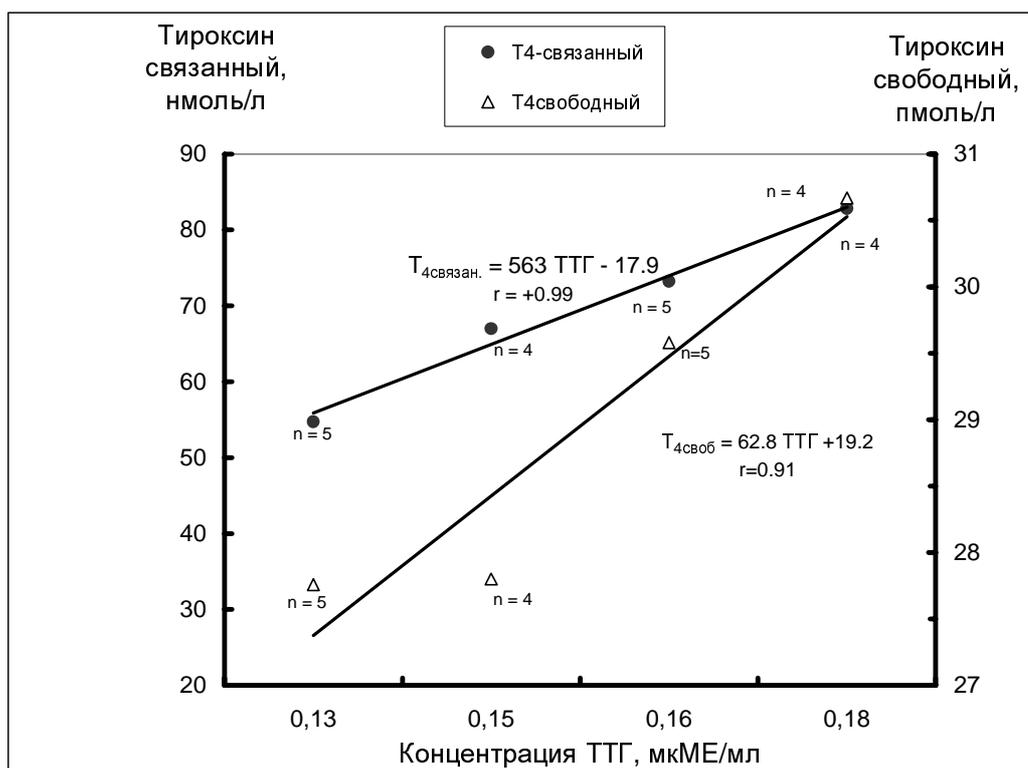


Рис. 1. Зависимость между концентрацией тиреотропного гормона гипофиза и разными формами циркуляторного тироксина

Таким образом, физиологические колебания ТТГ крови, диапазон которых, по нашим данным у белых крыс колеблется от 0,13 до 0,18 мкМЕ/мл, вызывают адекватные изменения в большую сторону концентрации как связанной, так и свободной форм тироксина.

Необходимо подчеркнуть, что отмеченная закономерность имеет место в условиях относительно покоя животных и при температуре комфорта (25–28⁰С). Следовательно, даже в состоянии покоя система "аденогипофиз – щитовидная железа" находится в активном состоянии, обеспечивая подстройку физиологических концентрации тироксина к некоему установочному уровню.

Характерно, что в рамках физиологических колебаний уровня ТТГ крови всегда отмечена положительная обратная связь между содержанием ТТГ и исследованными формами тироксина. Данный вывод, на первый взгляд, противоречит общим представлениям о так называемом принципе "плюс – минус" взаимодействия [7]. Однако следует подчеркнуть, что в нашем случае мы имеем дело с физиологическими колебаниями гормонов крови, которые, как отмечено в настоящих экспериментах, колеблются в относительно широких пределах (коэффициенты корреляции составляют 9-18%).

Следовательно, в физиологическом диапазоне колебаний уровня ТТГ крови регуляция в исследуемой эндокринной системе осуществляется по принципу положительной обратной связи.

Процесс эндокринной регуляции хорошо иллюстрируется при анализе зависимости между концентрацией связанной и свободной формами тироксина крови. Представление об этом можно получить из рис. 2. Так, зависимость между этими показателями описывается уравнением прямой линии при относительно высоком (+0,63) коэффициенте корреляции

$$T_{4\text{свободный}} = 0,133 T_{4\text{связанный}} + 19,6$$

при статистически значимом и высоком ($P < 0,05$) коэффициенте регрессии.

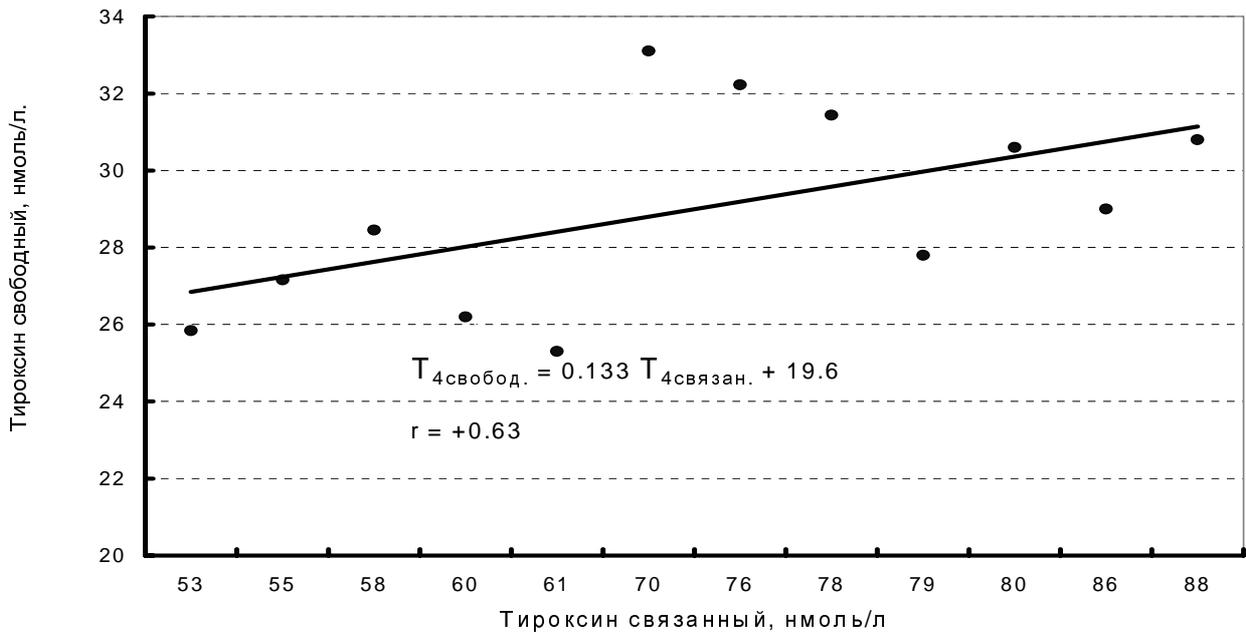


Рис. 2. Зависимость концентраций между разными формами тироксина

Полученные результаты свидетельствуют, что вместе с повышением уровня связанной формы тироксина в рамках исследуемого диапазона возрастает и концентрация свободной, активной формы тироксина.

Однако "сила" такой связи, хотя она и присутствует, относительно невысокая.

Одним из информативных показателей, отражающих состояние исследуемой гормональной системы является показатель соотношения между разными формами тироксина в зависимости от уровня ТТГ крови. При анализе полученного материала использовали два соотношения:

- $T_{4\text{связан}}/T_{4\text{свободный}}$ и
- $T_{4\text{свободный}}/T_{4\text{связан}}$.

Физиологическая значимость этих показателей выражается в возможности оценки "силы" указанной пары. По понятным причинам, чем выше значение показателя пары " $T_{4\text{свободный}}/T_{4\text{связан}}$ ", тем эффективнее действие йодтиронинов (поскольку биологической активностью обладает только свободная форма тироксина). Рис. 3 иллюстрирует эти закономерности.

Как следует из анализа приведенных данных, в рамках исследуемого диапазона концентраций гормонов зависимости имели следующий вид:

$$T_{4\text{связан}}/T_{4\text{свободный}} = 14,05 \text{ ТТГ} + 0,208 \quad (r = +0,97);$$

$$T_{4\text{свободный}}/T_{4\text{связан}} = -2,66 \text{ ТТГ} + 0,83 \quad (r = -0,95).$$

Коэффициенты в уравнениях регрессии статистически значимы ($P < 0,05$), но имеют разный знак. В частности, во втором случае зависимость между $T_{4\text{свободный}}/T_{4\text{связан}}$ и ТТГ носила отрицательный характер, т.е. чем больше в крови ТТГ, тем ниже "сила" йодтирониновой пары. Этот факт показывает существование итоговой обратной отрицательной связи в системе "аденогипофиз – щитовидная железа" [7].

Таким образом, результаты наших экспериментов позволяют говорить о существовании при физиологическом покое ряда особенностей в регуляторной деятельности системы "аденогипофиз – щитовидная железа".

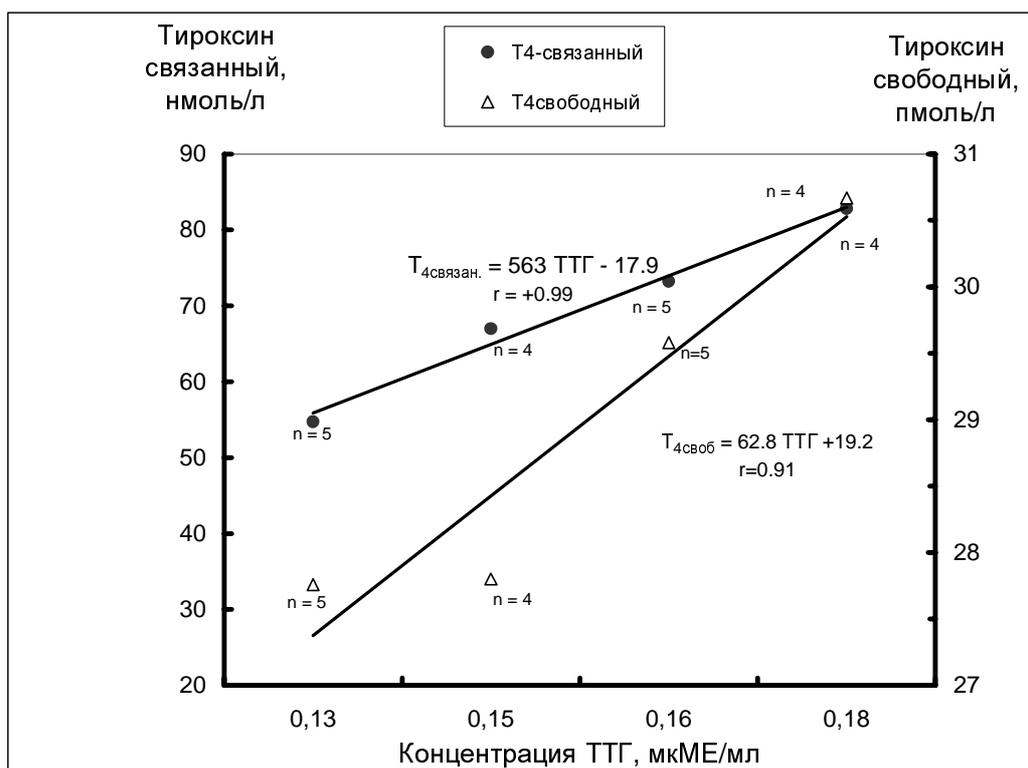


Рис. 3. Зависимость между циркулирующим ТТГ и соотношением между разными формами тироксина

Выводы

1. В условиях термонейтральной зоны и состоянии относительного покоя в системе "ТТГ - $T_{4\text{связанный}}$ - $T_{4\text{свободный}}$ " наиболее точно регулируется содержание в крови свободной формы тироксина; для указанной системы коэффициенты вариации соответственно равны 12,0%, 18,0 и 9,9%. Следовательно, постоянная концентрация свободной формы тироксина поддерживается приблизительно в 1,8 раза точнее, чем неактивная, связанная с белками форма гормона.

2. В рамках физиологических колебаний уровня ТТГ крови четко выявляется положительная обратная связь ($r > +0,9$) между содержанием тиреотропного гормона гипофиза и всеми циркулирующими формами тироксина.

Список литературы

1. Ажипа Я.И. Нервы желез внутренней секреции и медиаторы в регуляции эндокринных функций. – М.: Наука, 1981. – 504 с.
2. Алешин Б.В. Гистофизиология гипоталамо-гипофизарной системы. – М.: Медицина, 1971. – 440 с.
3. Алешин Б.В. Понятие о гормонах и их критериях в современной эндокринологии // Успехи физиол. наук. – 1987. – Т. 18, № 4. – С. 19-36.
4. Алешин Б.В., Губский В.И. Гипоталамус и щитовидная железа. – М.: Медицина, 1983. – 184 с.
5. Гайдарова Е.В. Морфофункциональные изменения в нейроэндокринной системе крыс при остром действии высоких и низких температур окружающей среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Симферополь, 1994. – 20 с.
6. Гайдарова Е.В., Соболев В.И., Сердюк А.Н. Реакция нейронов мелкоклеточной нейросекреторной системы гипоталамуса крыс на острое охлаждение организма // Тез. докл. X обл. науч. конф. морфологов. – Донецк, 1993. – С. 35.

7. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини. – Львів: Бак, 2002. – 784 с.
8. Гращенков Н.И. Гипоталамус. Его роль в физиологии и патологии. – М.: Медицина, 1964. – 210 с.
9. Стабровский Е.М. Роль дофаминергических и норадренергических терминалей гипоталамуса в регуляции функции эндокринных желез при действии холода // Криобиология. – 1985. – № 4. – С. 17-22.
10. Султанов Ф.Ф., Соболев В.И. Гормональные механизмы температурной адаптации. – Ашхабад: БІЛЫМ, 1991. – 216 с.
11. Ahren B. Neuropeptide Y and pancreatic polipeptide effects on thyroid hormone in the mouse // Sur. J. Pharmacol. – 1986. – V. 126, N 1–2. – P. 97-102.

Ревякіна О.Г., Соболев В.І. Ендокринні кореляції в гіпофізарно-тиреоїдній системі білих щурів в умовах термонейтральної зони. – В умовах термонейтральної зони і стані відносного спокою в системі "ТТГ - Т4 загальний - Т4 вільний" найточніше регулюється вміст у крові вільної форми тироксину; для вказаної системи коефіцієнти варіації відповідно рівні 12,0%, 18,0 і 9,9%. У рамках фізіологічних коливань рівня ТТГ крові чітко виявляється позитивний зворотний зв'язок ($r > +0,9$) між змістом тиреотропного гормону гіпофіза і всіма циркулюючими формами тироксину.

Ключові слова: гіпофіз, щитовидна залоза, ендокринні кореляції.

Revjakina E.G., Sobolev V.I. Endocrine correlations in the hypophys-thyroid system of white rats in the thermoneutral zone. – In the thermoneutral zone and state of relative rest maintenance in the blood of free form of thyroxine is most exactly regulated in the hypophys-thyroid system. Within the framework of physiological fluctuations of level of the TTG blood the positive feed-back ($r > +0,9$) between maintenance of thyroid hormone of hypophysis and all circulatory forms of thyroxin comes to light expressly.

Key words: hypophysis, thyroid, endocrine correlations.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!
Н О В Ы Е "ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ"

1. Для публикации в межведомственном сборнике научных трудов биологического факультета Донецкого национального университета "**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**" принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.).

В печать принимаются научные статьи на украинском, русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Каждый раздел следует выделять названиями (**Введение, Материал и методы исследований, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы**).

2. Статья набирается в редакторе MS Word 97, 2000, XP как текст в формате RTF (*.rtf) или документ Word (*.doc). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5–8 страниц (для обзорных статей – до 16 страниц).

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:
УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – **ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ**

*Полное официальное название учреждения и его почтовый адрес с индексом
(для каждого из авторов, если они представляют разные учреждения)
и адрес электронной почты*

4. Резюме (не более 50 слов) и ключевые слова (5–8) подаются на украинском, русском и английском языках по следующему примеру (размер шрифта – 10 пунктов):

Фамилия и инициалы автора (-ов). Название статьи. – Текст, который должен содержать краткое изложение предмета исследований, результатов и выводов.

Ключевые слова: ...

5. В тексте статьи выделяют разделы: **Введение, Материал и методы исследований, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы.**

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с правилами оформления библиографического списка по требованиям ВАК Украины.

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются в квадратных скобках.

Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке либо в порядке цитирования. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия родов и видов необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования (например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

8. В тексте, таблицах и списке литературы следует употреблять короткое тире (–), а не дефис (-). Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего одним пробелом. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических и стилистических ошибок.

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 97, 2000, XP. Их следует размещать в "книжном", а не в "альбомном" формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

10. Рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии в электронной форме должны быть вставлены в текст, сразу после ссылки на них (или на следующей странице). Подписи под рисунками делать в текстовом редакторе MS Word (*Рис. 1. Название*). Все элементы текста на графиках и диаграммах должны быть набраны шрифтом Times New Roman Cyt. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объем иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30% объема статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно даётся их расшифровка.

12. К статье на отдельных листах прилагаются: заявка с указанием для каждого автора фамилии, имени и отчества (полностью), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (обязательно!) и контактного телефона.

13. К статье также следует приложить две рецензии от специалистов (докторов или кандидатов наук) – внутреннюю и внешнюю.

14. Если статья подается на английском языке, то прилагается её украинский или русский вариант.

15. Поданные материалы не возвращаются. Редакция оставляет за собой право исправлять ошибки в тексте, а также возвращать рукопись на доработку в случае несоответствия статьи вышеизложенным правилам. Автор должен учесть все замечания редактора и прислать исправленный вариант в редакцию в указанные сроки, но не позднее, чем через 3 месяца.

16. Ответственность за содержание поданного материала несут авторы.

17. Окончательное решение о публикации принимает редакционная коллегия.

18. Автор (-ы) статьи получает 1 экз. сборника (стоимость сборника – договорная).

Все материалы направляйте по электронной почте: **ecology@dongu.donetsk.ua**

В редакцию также присылается один распечатанный экземпляр статьи, дискета (3,5") с материалами и рецензии.

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ, к. 310, ул. Щорса, 46, г. Донецк, 83050

Отв. секретарь – к.б.н. Штирц Артур Давыдович.

Тел.: (062) 335-69-29 (кафедра зоологии Донецкого национального университета).

Наукове видання

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону

МІЖВІДОМЧИЙ ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Вип. 5

(українською та російською мовами)

Редактор: Р.В. Щадько

Оригінал-макет: А.Д. Штірца

Обкладинка: М.В. Максимович

Відповідальність за зміст статей та якість рисунків несуть автори.

Адреса редакції: 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46, к. 310