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. 7

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ

Міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 7

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGEN REGION

The interdepartmental collection of scientific works

Iss. 7

www.donnu.edu.ua/bio

Донецк ДонНУ 2007

ББК ЕО*806.4 + ЕО*889 (437 УКР 5,5)
П 781

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий збірник наукових праць / Відп. ред. С. В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2007. – Вип. 7. – 283 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.

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, 2007. – Вып. 7. – 283 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.

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. Bespalova. – Donetsk: DonNU, 2007. – Iss. 7. – 283 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.

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

ББК ЕО*806.4 + ЕО*889 (437 УКР 5,5)

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

Затверджено до друку Вченою радою Донецького національного університету

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

Адреса в Інтернеті:
www.donnu.edu.ua/bio

Комп'ютерна верстка: А. Д. Штірц

ЗМІСТ

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

CONTENTS

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

ВВЕДЕНИЕ

Очередной выпуск межведомственного сборника открывает проект общегосударственной Программы, подготовленной сотрудниками биологического факультета Донецкого национального университета под руководством академика НАН Украины В. П. Шевченко и ответственного исполнителя проекта декана биологического факультета профессора С. В. Беспаловой.

Представлено обоснование, содержание, этапы выполнения и практический выход по всем направлениям планируемой научно-исследовательской работы, которая предполагает создать научную базу для устойчивого развития Украины. Одним из основных направлений внутри проекта является "Медицина", которым будет руководить ректор Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, академик НАМН Украины В. Н. Казаков, а ответственным исполнителем будет зав. лабораторией фундаментальной и прикладной нейрофизиологии, проф. Н. И. Тарапата. В их сообщении речь идет о проекте создания новых медицинских технологий на основе общебиологических закономерностей.

Следует отметить, что Программа не только одобрена Донецким отделением НАН Украины, но прошла апробирование по экологическому направлению. Об этом сообщается авторами-исполнителями указанного направления во второй статье сборника. Следует отметить, что большинство статей этого издания в той или иной мере концептуально подчинено предстоящему выполнению Программы. В этой связи редколлегия хотела бы обратить внимание читателей на методологические аспекты статей. Прежде всего, на дедуктивном и индуктивном подходах к решению поставленных задач и на приверженности авторов этим подходам. Редколлегия считает оба подхода правомерными, не опровергающими друг друга. Более того, в истории развития науки их симбиоз отмечался изначально и существует до наших дней. Если точные науки уже сейчас акцентированы на дедуктивность, о чем свидетельствуют необходимые и достаточные наборы аксиом и методы вывода из них следствий, то биология ещё в большинстве своем индуктивна, и находится в стадии накопления частных закономерностей. Однако в последнее время и в ней намечается тенденция перехода к дедуктивности. Двойственность этих подходов проявилась не только в статьях, а и в предшествовавших им научных семинарах и дискуссиях, на которых проф. С. В. Беспалова привела объективные философские аргументы для сближения приверженцев обоих подходов.

Ответственный секретарь сборника,
канд. биол. наук А. Д. Штирц

В. П. Шевченко, С. В. Беспалова, В. А. Максимович

ПРОЕКТ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ З РОЗРОБКИ БІОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецк, вул. Щорса, 46
e-mail: biophys@dongu.donetsk.ua

Шевченко В. П., Беспалова С. В., Максимович В. О. **Проект національної програми з розробки біологічних технологій. –** У проекті програми розглянуто чотири напрями: медицина, екологія, виробництво продукції, сільське господарство. Запропоновані етапи виконання та практичний вихід по етапам і в цілому по програмі.

Ключові слова: медицина, екологія, сталий розвиток, виробництво продукції, сільське господарство.

Створення Програми "Інноваційні біологічні технології контролю й управління в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції для сталого розвитку України" має дві підстави. По-перше, назріла світова суспільна необхідність у її розробці. По-друге, за минулі три роки була проведена перевірка за всіма елементами нашої дієздатності виконувати таку Програму на прикладі одного із самостійних розділів, присвячених біоіндикаційним технологіям.

Першою підставою є суспільна необхідність. Людство пройшло першу критичну точку – точку балансу між виробництвом добробуту й породженням шкідливих для біоти агентів. Асиметрія в цьому дисбалансі збільшується. Відбувається неухильне тяжіння у бік другої критичної точки – до глобального фазового переходу стану навколишнього середовища в безлюдність. Абіотичність наступає у всьому, не тільки в зміні клімату, але й токсичності навколишнього середовища, непридатності його до життя. Вже зараз у всіх виробничо-розвинених країнах смертність населення перевищує народжуваність. Але й це не головне. Відбуваються істотні генетичні зміни. У кожної п'ятої - сьомої людини спостерігається патологічна психіка, більше половини людей перебувають у прикордонному стані (на межі хвороби). Через фізичні та фізіологічні причини близько 90% юнаків нездатні служити в армії.

Таким чином, виникла нагальна необхідність розробити неординарні заходи для запобігання подальшого пагубного розвитку ситуації й поступового повернення стану навколишнього середовища до належного рівня.

Другою підставою є здатність й готовність нашого університету, у першу чергу, біологічного факультету, в співробітництві з іншими установами, виконати вказане цільове завдання.

У 2003 р. бюро Донецького наукового центру НАН України (ДНЦ) схвалило самостійну частину нинішньої Програми під назвою "Розробка комплексу інноваційних біологічних технологій діагностики, профілактики й відновлення екологічного стану Донбасу" [1]. Із самого початку її виконання, малося на увазі, що під час реалізації програми, крім вирішення предметних завдань, будуть відпрацьовуватися, всебічно вивчатися всі складові майбутньої Програми. Це вдалося. У дослідженнях брали участь фахівці всіх кафедр біологічного факультету, проводилися патентно-інформаційні пошуки, з'ясовано важливі наукові закономірності, отримано патенти на діагностичні заходи, створена й перебуває в стадії апробації технологія комплексної біоіндикації навколишнього середовища, включаючи людину й представників усього живого (біотичного) світу. Отже, констатуємо, що ми готові виконати презентовану Програму.

Яка ж склалася ситуація у світі й що вживає світове співтовариство, щоб запобігти зростаючій загрозі існування життя на планеті Земля? Відповідь така. Наукою доведено, що життєве благополуччя окремої людини й суспільства в цілому залежить від багатьох складових, але серед них є провідні й узагальнюючі, від яких в основному і залежить добробут. Насамперед це сільськогосподарське й промислове виробництво. У той же час, як у кожного явища, у виробництві, окрім бажаної позитивної сторони, є потужна негативна. Вона полягає у створюваному ним небезпечному промисловому та екологічному середовищах, що викликає професійні, промислово й екологічно обумовлені порушення здоров'я, передчасну смерть, дискомфортне існування й таке інше.

У балансі позитивного й негативного ще 30 років тому переважало позитивне. З 1970 р. фахівці встановили (Римський клуб), що баланс став негативним і загрозливим для людства. Перевірені прогнозні сценарії подальшої динаміки цього балансу, зроблені за кордоном під керівництвом Д. Медоуза [2-4] та багатьма іншими спеціалістами [5-8], не були втішними.

Проблема загрозливого розбалансування подальшого розвитку людства стосується не окремих країн, а, без перебільшення, всіх країн – членів ООН. Тому, починаючи з 80-х років, ООН почала формувати поняття необхідності й програми конкретних справ щодо втілення так званого "сталого розвитку" суспільства, тобто збалансованого об'єднання виробничої, екологічної й соціальної складових, які органічно співіснують. Але динаміка цього об'єднання повинна перестати бути погрозою існуючому й наступному поколінням [9].

У 1992 р. на основі підсумків Конференції ООН у Ріо-де-Жанейро щодо навколишнього середовища й розвитку рішенням 100 голів держав у ООН створена Комісія зі сталого розвитку. Такі ж об’єднання працюють більше ніж у 140 країнах: у Росії – Комісія Російської Федерації щодо сталого розвитку при федеральних зборах.

В Україні, відповідно до документів ООН, розроблено проект "Концепції переходу України до сталого розвитку" [10]. Такий перехід неможливий без корінної переорієнтації всіх наук з метою розкриття закономірностей, шляхів, способів і технологій переходу у стан сталості, а також визначення місця й ролі кожної науки в ієрархічній структурі створення сталого світу.

Одним із об'єктивних і головних важелів досягнення поставленої мети щодо сталого розвитку є впровадження біологічних й інформаційних технологій, як уже розроблених у світі, так і гіпотетично перспективних для розробки та використання. Біологічні технології для контролю та управління різноманітними процесами можуть бути застосовані майже всюди: в екології, медицині, сільському господарстві, виробництві різної продукції тощо. До того ж лише комплексне застосування таких технологій призведе до досягнення поставленої мети – сталого розвитку.

У запропонованій науковій програмі передбачається з урахуванням світового досвіду розробити й випробувати комплекс технологій на основі контролю й управління біологічними процесами в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції з метою досягнення збалансованого й сталого розвитку суспільства.

Тому пропонується Програма "Інноваційні біологічні технології контролю й управління в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції для сталого розвитку України", яка схвалена 2 квітня 2007 р. на засіданні ради Донецького наукового центру (Протокол № 2 від 2.04.2007 р.). Було вирішено:

1. Схвалити проект Програми "Інноваційні біологічні технології контролю управління в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції для сталого розвитку України" з урахуванням висловлених зауважень.

2. Залучити до співробітництва стосовно розробки та виконання Програми наукові установи НАН України, вищі навчальні заклади, галузеві наукові установи та інші організації.

3. Звернутись до Президії НАН України із проханням, підтримати включення Програми до переліку загальнонаціональних, бо позаяк заплановані в ній інноваційні технології мають загальнодержавну спрямованість.

4. Звернутись до Донецької обласної державної адміністрації з проханням підтримати Програму, тому що запропоновані в ній технології сприятимуть сталому розвитку регіону.

5. Затвердити головним виконавцем Програми Донецький національний університет МОН України.

6. Створити в Донецькому національному університеті на біологічному факультеті координаційний центр із формування й виконання Програми.

Оскільки програма не суто біологічна, а біофізична, то її основні положення обговорювалися на останньому IV з'їзді Українського біофізичного товариства, й одержали повну підтримку, а ініціатору проекту, професору С. В. Беспаловій, доручили очолити робочу групу з розробки комплексної науково-освітньої програми.

Запропоновану Програму спочатку передбачається впровадити в такому потужному й техногенно-трансформованому регіоні, як Донбас, а виправдані більш ефективні результати впроваджувати у країні. Під час попереднього обговорення Програми, зокрема у ДНЦ НАН України, на з'їзді Українського біофізичного товариства та ін., виявили бажання співпрацювати стосовно її розробки понад 100 наукових і прикладних закладів України [11]. Програма розрахована також на співпрацю із закордонними фахівцями й відповідними установами.

Таким чином, очікується, що розробка та впровадження результатів презентованої Програми може дати істотний науковий і соціально-економічний ефект для Донбасу й країни в цілому й слугувати об'єктом запозичення іншими країнами.

Попередньо, до рішення НАН України, відповідно до проекту Програми, рекомендовано наступний керівний склад:

Керівник Програми – Шевченко Володимир Павлович, перший заступник голови Донецького наукового центру НАН і МОН України, академік НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Відповідальний виконавець Програми – Беспалова Світлана Володимирівна, віце-президент Українського біофізичного товариства, доктор фіз.-мат. наук, професор (Донецький національний університет, м. Донецьк);

Керівник медичного напрямку – Казаков Валерій Миколайович, академік НАМН України, доктор мед. наук, професор (Донецький національний медичний університет ім. М. Горького, м. Донецьк);

Відповідальний виконавець – Тарапата Микола Іванович, доктор мед. наук, професор (Донецький національний медичний університет ім. М. Горького, м. Донецьк);

Керівник сільськогосподарського напрямку – Ткаченко Валентина Юріївна, доктор економ. наук, професор (Луганський національний аграрний університет, м. Луганськ);

Відповідальний виконавець – Алексєєв Олександр Веніамінович, кандидат техн. наук, доцент (Луганський національний аграрний університет, м. Луганськ);

Керівник виробничого напрямку – Барьяхтар Віктор Григорович, академік НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор (Інститут магнетизму НАН України, Київський політехнічний інститут, м. Київ);

Відповідальний виконавець – Горобець Світлана Василівна, доктор техн. наук, професор (Київський політехнічний інститут, м. Київ);

Керівник екологічного напрямку – Беспалова Світлана Володимирівна, доктор фіз.-мат. наук, професор (Донецький національний університет, м. Донецьк);

Відповідальний виконавець – Максимович Володимир Олександрович, доктор мед. наук, професор (Донецький національний університет, м. Донецьк).

Етапи виконання Програми, з її початком у 2008 р., проектуються у такий спосіб (табл. 1). За окремими напрямками плануються наступні етапи-завдання (табл. 2-5).

Таблиця 1

Етапи виконання програми "Інноваційні біологічні технології контролю управління в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції для сталого розвитку України"

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
1. На основі вітчизняного та світового досвіду обґрунтувати біологічні способи контролю за процесами розвитку екології, медицини, сільського господарства, виробництва продукції	Набір біологічних способів контролю
2. Розробити технології на основі біологічних способів контролю за процесами	Біологічні технології контролю
3. Випробувати технології контролю, скоригувати їх і запропонувати для використання	Відкориговані після випробування біологічні технології контролю
4. З використання вітчизняного й світового досвіду обґрунтувати біологічні способи управління процесами в екології, медицині, сільському господарстві, виробництві продукції	Набір біологічних способів управління
5. Розробити технології на основі біологічних способів управління процесами	Біологічні технології управління процесами
6. Випробувати біологічні технології управління процесами, відкоригувати їх і запропонувати для використання	Відкориговані після випробування біологічні технології управління процесами
7. Підготувати нормативне й правове забезпечення розроблених технологій для використання їх на практиці	Пакет документів (інструкції, норми, правові акти), який забезпечує використання технологій

Таблиця 2

Етапи виконання напряму Програми "Медицина"

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
1. На основі вітчизняного та світового досвіду через інформаційно-патентний пошук обґрунтувати способи контролю за нейроендокринною регуляцією та морфо-функціональними процесами виконавчих ланок організму для диференціальної діагностики стану здоров'я людини	Способи контролю за регуляторними та виконавчими процесами
2. Розробити, обґрунтувати й скорегувати технології контролю за здоров'ям людей для впровадження їх у диспансеризацію	Технології контролю за здоров'ям на основі способів із п. 1.
3. Підготувати нормативне й правове забезпечення технологій контролю за здоров'ям людей під час широкого використання	Проект пакета нормативних і правових документів, що супроводжують технології контролю за здоров'ям
4. З урахуванням вітчизняного й світового досвіду через інформаційно-патентний пошук обґрунтувати способи відновлення (лікування, реабілітації) і підтримки (профілактики) нормального стану нейроендокринної регуляції й проявів морфо-функціональних процесів	Способи управління здоров'ям

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
5. Розробити, обґрунтувати й відкоригувати технології управління здоров'ям людей для їх упровадження	Технології управління здоров'ям на основі способів із п. 4.
6. Підготувати нормативне та правове забезпечення впровадження технологій управління здоров'ям	Проект пакета нормативних і правових документів, які потрібні для безперешкодного впровадження технологій управління здоров'ям
7. Підготувати аналітичний звіт, який узагальнить досвід (успіхи та недоліки) роботи з напрямку "Медицина" для подальшого вдосконалення наукової та практичної діяльності	Звіт

Таблиця 3

Етапи виконання напряму Програми "Сільське господарство"

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
1. На основі вітчизняного й світового досвіду обґрунтувати біологічні способи контролю за стійкістю (чутливістю) с/г тварин і рослин до фізичних, хімічних і біологічних впливів	Набір біологічних способів контролю стійкості с/г рослин і тварин до шкідливих факторів
2. Розробити біологічні технології контролю за стійкістю с/г рослин і тварин до шкідливих факторів	Біологічні технології контролю стійкості с/г рослин і тварин до шкідливих факторів
3. Випробувати технології із п. 2, відкоригувати їх і запропонувати для використання в с/г практиці	Відкориговані біологічні технології контролю процесами
4. На основі вітчизняного й світового досвіду обґрунтувати біологічні способи управління процесами в сільському господарстві	Набір біологічних способів управління
5. Розробити біологічні технології управління із п. 4	Комплекс біологічних технологій управління
6. Випробувати технології із п. 5	Відкориговані технології
7. Підготувати нормативне і правове забезпечення розроблених технологій для використання їх на практиці	Пакет документів (інструкції, норми, правові акти), які забезпечують використання біологічних технологій

Таблиця 4

Етапи виконання напряму Програми "Виробництво продукції"

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
1. На основі вітчизняного й світового досвіду через інформаційно-патентний пошук обґрунтувати біологічні способи контролю за процесами у виробництві продукції, яку споживає суспільство	Набір біологічних способів контролю
2. Розробити біологічні технології контролю за процесами у виробництві продукції	Технології контролю на основі біологічних способів із п. 1.
3. Випробувати технології із п. 2, відкоригувати їх і запропонувати для використання на практиці	Відкориговані біологічні технології контролю

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
4. На основі вітчизняного й світового досвіду обґрунтувати біологічні способи управління процесами у виробництві та реалізації продукції, яку споживає суспільство	Набір біологічних способів управління процесами під час виробництва продукції
5. Розробити технології управління при використанні способів із п. 4	Комплекс біологічних технологій управління при використанні способів із п. 5.
6. Випробувати технології із п. 5, відкоригувати їх і запропонувати для використання	Відкориговані біологічні технології із п. 5.
7. Підготувати нормативне й правове забезпечення щодо впровадження біологічних технологій у практику	Пакет нормативних і правових документів

Таблиця 5

Етапи виконання напряму Програми "Екологія"

Назва етапу	Очікуваний результат виконання етапу
1. На основі вітчизняного й світового досвіду обґрунтувати біоіндикаційні технології контролю за біосферою техногенно-трансформованих регіонів	Технології біоіндикації
2. Розробити біологічні технології відновлення біосфери техногенно-трансформованих регіонів	Біологічні технології відновлення біосфери
3. Розробити біологічні технології профілактики порушень біосфери й подальшої підтримки її на належному рівні	Біологічні технології профілактики біосфери
4. Провести випробування технологій (із п.1-3), скоригувати їх і підготувати до практичного використання	Відкориговані біологічні технології діагностики, відновлення й профілактики біосфери
5. Розробити стандарти біостанцій для застосування комплексу біологічних технологій із п. 4	Проект біостанцій, що здійснюють біологічні технології
6. Розробити інформаційно-програмне забезпечення, нормативні й правові акти, що забезпечують функціонування запропонованих технологій	Пакет документів, який забезпечує використання технологій
7. Підготувати аналітичний і узагальнюючий звіт про виконання програми "Екологія" та вдосконалити її науковий та практичний напрямок	Звіт

Список літератури

1. *Беспалова С. В.* Биотехнологии для нормализации экологии (программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10-21.

2. *Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W.* The Limits to Growth. – New York: Universe Books, 1972.

3. *Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д.* Пределы роста. 30 лет спустя. – М.: Академкнига, 2007. – 342 с.

4. *Бут-Свини Л., Медоуз Д.* Сборник игр для развития системного мышления / Под ред. Г. Я.Ягодина, Н. П.Тарасовой. – М.: Просвещение, 2007.

5. *Беспалова С. В., Максимович В. А.* Интегральная экология // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 11-15.

6. *Беспалова С. В., Максимович В. А.* Биологическая экология: Моделирование жизнеспособных биотических организаций // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11-18.

7. *Беспалова С. В.* Биология для экологии: наука и образование // Все. Обществ. научн.-произв. журн. – Донецк, 2004. – № 1-2 (31-32). – С. 85-86.

8. *Беспалова С. В.* Первостепеннейшее в экологии – биота: и в науке, и в практике // Энергия инноваций. – Донецк, 2005. – № 4. – С. 51-53.

9. *Повестка* дня на XXI век // Конф. ООН по окружающей среде и развитию (РИО-92). – (г. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г.). – A/CONF.151/26/REV.1(VOL.1).

10. *Ландик В. И., Семенець С. В., Яхеєва Т. М.* Концепція переходу України до сталого розвитку (проект). – Донецьк, 2004. – 64 с.

11. *Беспалова С. В., Максимович В. А.* Биофизика в новой эпохе // Тези доп. IV з’їзду Укр. біофіз. тов-ва (м. Донецьк, 19-21 грудня 2006 р.). – Донецьк: ДонНУ, 2006. – С. 20-22.

***Шевченко В. П., Беспалова С. В., Максимович В. А.* Проект национальной программы по разработке биологических технологий. –** В проекте программы рассмотрены четыре направления: медицина, экология, производство продукции и сельское хозяйство. Представлены этапы выполнения и практический выход по этапам и в целом по программе.

Ключевые слова: медицина, экология, устойчивое развитие, производство продукции, сельское хозяйство.

***Shevchenko V. P., Bespalova S. V., Maksimovich V. A.* The project of the national program on working out of biological technologies. –** In the program project four directions are considered: medicine, ecology, production and agriculture. Stages of performance and a practical exit on stages and a whole under the program are presented.

Key words: medicine, ecology, sustainable development, production, agriculture.

С. В. Беспалова, О. С. Горецький, М. В. Говта, Н. М. Лялюк, В. О. Максимович, О. З. Злотін, Т. Ю. Маркіна, К. М. Маслодудова, А. І. Сафонов, О. В. Фєдотов

РОЗРОБКА СПОСОБІВ БІОІНДИКАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОНБАСУ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: biophys@dongu.donetsk.ua

Беспалова С. В., Горецький О. С., Говта М. В., Лялюк Н. М., Максимович В. О., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Фєдотов О. В. **Розробка способів біоіндикації екологічного стану Донбасу. –** Розглянуто результати дослідження біоіндикаційних можливостей різних рослин, тварин, грибів та людини. На підставі цього розроблені охороноспроможні способи біоіндикації екологічного стану Донбасу.

Ключові слова: екологія, способи біоіндикації.

Вступ

Сучасні умови життя населення в більшості країн світу, у тому числі в Україні, особливо в Донбасі, характеризуються прогресуючим погіршенням якості навколишнього середовища. На території Донбасу зосереджена п'ята частина промислового потенціалу Україны. Концентрація промислового та сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури зробила високе навантаження на природне середовище в Донецькій області. Техногенне навантаження з шкідливими та небезпечними факторами в 5-7 разів перевищує середні показники по Україні. Донецька область, наприклад, "загрузла" в токсичних відходах виробництв, лише за 2004-2006 рр. їх утворилося 25,5 млн. т, а знешкоджено або знищено тільки 7% [12].

У структурі промислового потенціалу Донбасу 78% припадає на екологічно небезпечні виробництва: металургії – 42%, видобувної промисловості – 16%, електроенергії – 11%, хімічної й нафтохімічної промисловості – 9%. Підприємства саме цих галузей найбільше впливають на навколишнє природне середовище [1, 29, 300].

Існуюча система надзору за станом навколишнього середовища має ряд суттєвих недоліків: санітарний контроль атмосферного повітря трудоємкий, складний та дорогий, тому проводиться не в усіх населених пунктах і не за всіма необхідними інгредієнтами. Підконтрольні речовини не відображують дійсний стан ступеню забруднення атмосферного повітря міст Донецької області, оскільки як правило не ведеться контроль за вмістом канцерогенів, алергенів, тяжких металів та інших речовин специфічної дії, які можуть бути присутні в атмосферному повітрі. Крім того, більш об'єктивними є не максимально разові, а середньодобові концентрації шкідливих речовин у повітрі. Проте багатьом речовинам властивий ефект сумації і якщо в атмосферу виділяється досить складна суміш речовин, то їх необхідно визначати на іншому рівні, що є досить складною науковою і технічною проблемою [19].

Враховуючи існуючі системи контролю та моніторингу за станом навколишнього середовища, перспективним представляється оцінювання екологічного стану територій за допомогою біоіндикаторів. Біоіндикація базується на здатності організмів або біологічних систем чутливо реагувати на найменші зміни екологічних факторів (дози), або давати адекватну реакцію на дію комплексу факторів, змогу виявити синергізм, інгібування дії факторів, тощо. Вона має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення [15].

Внаслідок промислового забруднення відбувається різке зростання дії шкідливих факторів та патогенних навантажень на людину, що визначає її фізичне та психічне здоров'я. У наслідок цього порушуються біологічні та соціальні ритми, погіршується стан її здоров'я, виникають хвороби цивілізації, крім звичайно спостережуваної патології.

Враховуючи велику небезпечність забруднення довкілля викидами техногенного походження більш ефективним є розробка експрес-методів біоіндикації стану довкілля. Однак такі методи ще недостатньо поширені в практиці біоіндикації і стану забруднення довкілля і стосуються переважно використання як біоіндикаторів мікроорганізмів, диких тварин, вищих рослин.

Вище зазначене та результати власних досліджень, що були отримані раніше, стали основою щодо формування науково-практичної програми створення комплексу біотехнологій для нормалізації екологічного стану в техногенно трансформованих регіонах, на прикладі Донбасу. Найважливішим доказом її актуальності є те, що захворюваність і смертність населення Донбасу досягли найвищих рівнів в Україні.

Тому, метою дослідження було вивчення залежності структурно-функціонального стану різних представників біоти від рівня екологічної шкідливості довкілля і на цій основі розробити способи біоіндикації екологічного стану Донбасу.

Матеріали та методи дослідження

Оцінку техногенного навантаження на території за показниками вмісту деяких токсичних металів проводили методом картографічної візуалізації за отриманими даними хіміко-аналітичного визначення вмісту металів у ґрунтах та фітооб'єктах. Для оцінки екологічного стану Донецької області була задіяна група експертів-фахівців, які розробили експертну таблицю екологічної шкідливості територій Донбасу за відповідною шкалою [7]. Були проаналізовані морфо-функціональні властивості рослин, проведено альгоіндикацію, яка включала ряд етапів поступового відбору, концентрування, фіксації та камеральної обробки проб водоростей [6, 18, 26]. Проводили виділення чистих культур грибів і визначення вмісту продуктів перекисного окиснення ліпідів [14] та каталазної активності [17, 24] у базидіоміцетів. Визначали тест-види забруднення середовища серед нижчих і вищих рослин, тварин та вивчали у них морфо-функціональні зміни. Реєстрували показники психофізіологічного стану людей [2, 3, 5, 8, 10, 11], які довгий час мешкали на техногенно трансформованих територіях.

Матеріали обробляли за допомогою математико-статистичних методів дослідження, зокрема за допомогою програми Statistica V 5.5.

Результати досліджень

За результатами дослідження було встановлено, що існують певні реакції рослин на забруднення антропогенно трансформованого середовища важкими металами. Більш вдалими, а відтак перспективними при екстраполяції методів фітоіндикації, виявлено *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Plantago major* L. та *Tanacetum vulgare* L. Ці види є індикаторними не завдяки частоті трапляння у природних та трансформованих екотопах, а саме завдяки морфологічній пластичності, що виявляється інформативною в умовах метало пресингу, здебільшого антропогенного походження. Найбільший діапазон акумулювання у коренезаселеному шарі ґрунтів мають Zn та Pb (до 900-1000 мг/кг), найменший – Cd (до 10 мг/кг) та Hg (до 3 мг/кг), що узгоджується із загальними тенденціями біогеохімічного циклу важких металів у ґрунтах індустріального регіону. Визначені взаємодії металів у групах (антагоністичні – Zn-Cd, Zn-Ni, Cd-Ni; синергічні – Pb-Ni, Cu-Zn, Cu-Ni, Zn-Pb, Pb-Cd, Pb-Ni та змішані – Cu-Pb, Cu-Cd) певною мірою корегували остаточні висновки щодо дії того чи іншого металу (або групи металів) на виразність ознак, що перевірялись як можливі індикаторні. Щодо забруднення субстрату металами виявлено найчутливіші тест-об'єкти: Cu – *Tripleurospermum inodorum*, Zn – *Tragopogon major* Jacq., Pb – *Plantago major* та *Reseda lutea* L., Cd – *Cichorium intybus* та Ni – *Reseda lutea*. За транслокаційними коефіцієнтами важких металів у рослинах встановлено можливість проведення моніторингових досліджень та визначення рівнів забруднення техногенного середовища. Прояв індикаторного поліморфізму є видоспецифічним, що встановлено за: будовою листкових пластинок *Cichorium intybus* та *Plantago major;* ступенем дефектності пилку *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Tanacetum vulgare, Berteroa incana* (L.) DC. та *Echium vulgare* L.; індексами структурної пластичності плодів *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Tanacetum vulgare* та ін. До того ж у різних видів рослин змінюються різні структури (елементи будови пилкових зерен *Cichorium intybus, Reseda lutea, Plantago major*). Останні ствердження говорять на користь положення про регіональну специфічність не тільки забруднення середовища токсикантами, а й складу тест-об’єктів певної території [4, 9, 25, 311]. На підставі результатів досліджень і їх апробації розроблено спосіб оцінки токсичного навантаження на природні та техногенні системи за допомогою показників структурної фітоіндикації. Спосіб базується на диференціальному та інтегральному підходах аналізу ступеня структурної трансформації рослин-індикаторів, що характеризуються широкою екологічною амплітудою та пластичністю в контрастних геохімічних умовах зростання за умов дії чинників специфічного та неспецифічного стресів. Інформативні фітоіндикаційні індекси відображають специфіку або сумаційний ефект токсичного навантаження на екосистеми. Оцінку токсичного навантаження на системи проводять за 10-бальними індикаційними шкалами на основі паратипової пластичності рослин природної флори південного сходу України.

Із метою розробки біологічного способу визначення стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання визначали рівень каталазної активності (КА) міцелію дикорослих плодових тіл їстівних лікарських базидіоміцетів *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. і *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. з різних, за екологічними умовами, місць зростання та міцеліальних культур цих грибів при штучному культивуванні в оптимальних умовах і за дії температурного фактору. Результати дослідження КА культур базидіоміцетів показали, що несприятливі екологічні умови зростання ведуть до значного підвищення активності каталази дикорослих плодових тіл та міцелію штамів грибів *Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus*. Запропонований спосіб визначення стресового стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання відрізняється новизною, технічно простий та дає можливість отримати достовірні діагностичні дані. Забруднення довкілля призводить до біохімічної адаптації базидіоміцетів щодо екологічних умов зростання і характерного прискорення процесів окислення ліпідів, та як наслідок – накопичення продуктів ПОЛ у міцелії і культуральному фільтраті. Тому в основу іншого способу покладено визначення вмісту продуктів ПОЛ екзо- та ендогенного походження базидіальних макроміцетів із різних місць зростання та умов культивування за індикаторною шкалою. Способом оцінки екологічного стану місця зростання базидіоміцетів за вмістом продуктів перекисного окиснення ліпідів визначають вміст активних продуктів тіобарбітурової кислоти в культурах грибів. Визначення їх вмісту проводять в дикоростучих плодових тілах базидіоміцетів з різних за екологічними умовами місць зростання та міцеліальних культурах цих грибів при штучному культивуванні в оптимальних умовах і за дії температурного фактору [23].

Для оцінки забруднень води використовували систему сапробності води, яка за видами-індикаторами дозволяє оцінювати ступінь її забруднення органічними речовинами та продуктами їх розпаду. В системі виділяють зони та підзоні забруднення (сапробності) за наявністю видів-індикаторів, станом органічної речовини, продуктів її розкладу, наявністю метану, сірководню. Види-індикатори звичайно в зонах розвиваються у великій кількості. Для більш детального аналізу пропонована середня сапробність біоценозу [18]. Альгологічний аналіз дозволив встановити наявність водоростей систематичних відділів: Cyanophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Chlorophyta. З’ясовано, що 42% водоростей фітопланктону є індикаторами сапробності. З числа показникових видів 18 були індикаторами β-мезосапробності, 6 – α-мезосапробності, 4 – оліго-β-мезосапробності, 3 – олігосапробності, 2 – ксеносапробності; показники β-α-мезосапробності, полі-α-мезосапробності, полі-олігосапробності й оліго-α-мезосапробності – по одному виду кожна група. Так, багаторічний моніторинг здійснювався для фітопланктону р. Сіверський Донець. Зібрано більше 300 проб фітопланктону. Встановлено видовий склад водоростей, систематичну структуру угруповань, домінуючі види, сезонну динаміку розвитку. Результати біоіндикації показали, що в фітопланктоні р. Сіверський Донець біля 50% видового складу водоростей є індикаторними. Розрахований індекс сапробності становив 1,9 (β-мезосапробна зона), відповідно умови існування гідробіонтів – нормальні. Максимально відмічене погіршення умов – до субнормальних. Розрахована сапробна валентність показала однакову тенденцію змін сапробності як у сторону поліпшення (олігосапробна зона, умови нормальні – сприятливі), так й погіршення (альфа-мезосапробна зона, умови субнормальні – несприятливі). Таким чином, біоіндикаційний аналіз показав нестабільність умов в аналізованому об’єкті (р. Сіверський Донець). Встановлено основні параметри проведення оцінки забруднення водойм за видовим складом водоростей для застосування їх у комплексній біоіндикаційній технології контролю екологічного стану Донбасу.

Сучасні породи шовковичного шовкопряда мають високу чутливість до токсичних сполук. Високопродуктивні білококонні породи шовковичного шовкопряда мають нижчу стійкість до захворювань і несприятливих факторів середовища ніж дикі предки [13, 16]. Шовковичний шовкопряд (*Bombyx mori* L.) відноситься до комах із повним перетворенням, проходить у своєму розвитку стадії яйця, гусені, лялечки та метелика. Враховуючи переваги тест-об'єкту перед іншими видами комах були проведені дослідження, спрямованні на розробку експрес-методів біоіндикації ступеня забруднення довкілля викидами техногенного походження з використанням в якості тест-об'єкта індикації шовковичного шовкопряда. У весняний сезон року вивчали можливість біоіндикації забруднення довкілля за допомогою гусениць-"мурашів". Результати дослідів з розробки експрес-методів біоіндикації забруднення довкілля (повітря та води) проведені навесні не дали позитивних результатів. Загибель гусениць у контролі та варіантах використання листя з дерев шовковиці, що розташовані вздовж траси, а також змочування листя водою з різним ступенем її забруднення при одноразовій годівлі гусениць достовірно не відрізнялась. На нашу думку, це пов’язано з тим, що навесні спостерігається менш інтенсивне забруднення довкілля викидами техногенного походження, ніж улітку та восени, і також з тим, що разова годівля гусениць-"мурашів" недостатня для отримання ефекту отруєння. До того ж, змочування листя водою, яка може містити забруднювачі техногенного походження не ефективне, бо вода, що містить солі важких металів, набуває додаткових властивостей зкочуватися з листа та не надходити з їжею до шлунку гусениць. Тому в літку до методики проведення робіт було внесено відповідні корективи та введено нові варіанти дослідів. В зв’язку з тим, що при оцінці якості води враховується принцип адитивності – однонаправленості дії, коли речовини, що мають один напрямок дії, проявляють сумарну дію, в дослідах були використані проби води з джерел, що містили солі важких металів: кобальт, цинк, кадмій, мідь, а також зразок із вмістом суміші цих солей. У контролі використовували питну воду. Таким чином, запропонований новий спосіб біоіндикації забруднення води солями важких металів, що відрізняється простотою виконання, високою точністю та може використовуватися протягом всього року (існуюча технологія отримання гусениць-"мурашів" розроблена, а пагони з листям шовковиці можна виростити і взимку, використовуючи тепличні рослини, або пагони з плантацій, які "вигоняють" у лабораторії взимку при +20ºС, вміщуючи їх у відра з водою). В основу методів активної біоіндикації (експрес-методів) покладена висока чутливість тест-об’єкта до мінімальної дії стрес фактора, яка визначається за виживанням частини, або всієї популяції. Головна перевага активної біоіндикації полягає в можливості визначення забруднення вже на субнормальному рівні. В системі комплексної біоіндикаційної оцінки екологічного стану середовища гусениці-"мураші" шовковичного шовкопряда можуть бути використані як тест-об'єкт (біоіндикатор для визначення солей важких металів та інсектицидів). При чому у випадку самостійного визначення (при підозрі на забруднення солями важких металів та інсектицидів), так і для підтвердження їх присутності у випадку біоіндикації іншими тест-об'єктами для інтегральної оцінки стану забруднення середовища на будь-який території в період вегетації шовковиці. Оцінку екологічного стану довкілля можна проводити за 5-бальною шкалою: стан, при якому не відбувається загибель гусениць-"мурашів" – сприятливий – 1 бал; стан, при якому спостерігається незначна загибель гусениць (1-5%) – нормальний – 2 бали; стан, при якому загибель гусениць складає 6-20% – субнормальний – 3 бали; стан, при якому загибель гусениць складає 21-80% – несприятливий – 4 бали; стан, при якому загибель гусениць складає 81-100% – украй несприятливий – 5 балів.

На підставі результатів проведеного інформаційно-патентного пошуку засобів контролю екологічних умов середовища за функціональним станом організму людини вивчали залежності змін психофізіологічних показників від рівня екологічної шкідливості. Для цього було обстежено 400 студентів, які довгий час проживали на території Донецької області з різним рівнем екологічної шкідливості. При цьому 300 студентів становили дослідну групу, а 100 студентів – контрольну. Дослідну групу було поділено на 2 підгрупи. До першої увійшли 180 студентів, які мешкали більше 10 років на територіях з несприятливими екологічними умовами. В другу підгрупу увійшли 120 студентів, які мешкали на відносно чистих екологічних територіях. Аналіз результатів психофізіологічного дослідження показав, що більшість психофізіологічних показників у обстежених, які мешкали в екологічно забруднених районах Донецької області, достовірно ($p<0,05$) погіршились. Для ґрунтовнішого аналізу одержаних результатів було проведено формування основних векторів прояву психіки (психофізіологічні функції, властивості та процеси). Справа в тому, що кожний функціональний прояв психіки, наприклад, увага може мати декілька способів виміру, які відрізняються методично та за змістом. Серед них потрібно було залишити лише ті показники, що були б незалежні один від одного й тим самим характеризували б різні грані досліджуваного функціонального процесу. Так, для характеристики функції уваги були відібрані наступні базові компоненти: концентрація, перемикання, розподіл, стійкість. Інші показники, які фігурують у літературі, мають високу кореляцію з одним із наведених вище базових компонентів. Із цих чотирьох базових компонентів було побудовано вектор функції уваги. Аналогічно були підібрані компоненти й побудовані відповідні вектори для різних функціональних проявів психіки. Із застосуванням факторного аналізу (метод головних компонент з ортогональним обертанням за варимакс-критерієм за п'ять ітерацій) були відібрані та згруповані вектори, які віддзеркалювали загальну психофізіологічну діяльність людини, яка мешкала понад 10 років у несприятливих екологічних умовах. У результаті такого аналізу залишилось дев'ять значимих векторів, що були згруповані в три фактори. До першого фактора увійшли вектор психофізіологічної адаптивності та пам'яті. Перший комплексний фактор було позначено як адапто-мнемічний. До другого фактора увійшли вектор уваги, прийняття рішень і вектор безпомилковості відповідей на психічне навантаження. Цей фактор позначено як психодинамічний. До третього фактора увійшли вектори поточної та генеральної домінуючої мотивацій. Цей фактор позначено як мотиваційний. Коефіцієнт детермінації (причинності) впливу несприятливих екологічних умов на досліджувані психофізіологічні вектори склав 52% при $p<0,05$. Отже, решта впливу (48%) екологічних умов проявляється в інших функціональних системах організму людини.

За результатами досліджень розроблено спосіб для оцінки впливу екологічних умов за психофізіологічним станом людини. Цей спосіб включає визначення інтегрального показника стану організму та його оцінку за індикаторною шкалою і відрізняється тим, що на людину діють навантаженням, яке включає подавання у випадковій послідовності 5 світлових сигналів, чисел, слів та геометричних фігур у різних місцях екрана, з тривалістю подавання 15 с, інтервалом між подаваннями 30 с і загальною тривалістю навантаження 135 с, та одночасно визначають психофізіологічні показники, а психофізіологічний стан визначають за формулою

$$П_с = 0,029 \cdot У_1 + 0,022 \cdot У_2 + 0,024 \cdot У_3 + 0,027 \cdot У_4 + 0,035 \cdot У_5 - 0,54,$$

де $П_с$ – інтегральний показник психофізіологічного стану організму, ум. од.; $У_1$ – обсяг уваги, %; $У_2$ – короткочасна пам'ять, %; $У_3$ – психофізіологічна адаптивність, ум. од.; $У_4$ – вибір з альтернатив, %; $У_5$ – безпомилковість відповідей на навантаження, ум. од., при цьому вплив екологічних умов оцінюють за індикаторною шкалою.

Таким чином, на підставі отриманих результатів встановлена залежність між біоіндикаційними показниками, що характеризують функціонально-морфологічні ознаки вищих грибів, вищих і нижчих рослин, комах та психофізіологічні детермінанти людини, і рівнем екологічної шкідливості середовища. Складено шкалу екологічної шкідливості територій Донецької області за даними провідних експертних організацій. Розроблено способи біоіндикації для контролю екологічного стану техногенно трансформованих територій Донбасу і технологію їх застосування.

Висновки

1. Встановлена залежність від рівня екологічної шкідливості довкілля: а) вмісту продуктів ПОЛ та рівня міцеліальної активності каталази у дикоростучих плодових тілах базидіоміцетів; б) ступеня сапробності води; в) ступеня структурної трансформації рослин-індикаторів; г) виживання гусені комах при дії забруднювачів; д) величини показників психофізіологічного стану людини.
2. На екологічно забруднених територіях спостерігається значний вміст продуктів ПОЛ та високий рівень активності каталази в плодових тілах базидіоміцетів; висока ступінь сапробності води; значна структурна варіабельність у вищих рослин-індикаторів; низьке виживання гусені комах при дії забруднювачів; значне зниження величин показників психофізіологічного стану людини.
3. На територіях Донбасу забруднення техногенних ґрунтів токсичними елементами характеризується високим рівнем вмісту Cu, Zn, Pb, Cd, Hg та Ni (перевищує ГДК у 5-40 разів), що є принципово важливим обґрунтуванням для розробки способів біоіндикаційної оцінки стану довкілля.
4. Розроблено шкалу рівня екологічної шкідливості територій Донецької області. Рівень екологічної шкідливості за цією шкалою відповідає рівню захворюваності населення за головними нозологіями.
5. Розроблено способи визначення екологічного стану місця зростання базидіоміцетів за інтенсивністю процесів ПОЛ і активністю міцеліальної каталази, які захищено патентами України.
6. Розроблено й апробовано методику біоіндикації і систему оцінки екологічного стану водних об’єктів Донбасу з використанням водоростей, що дозволяє визначати і прогнозувати погіршення екологічного благополуччя у водоймах на ранніх стадіях їх забруднення.
7. Розроблено спосіб оцінки токсичного навантаження на природні та техногенні системи за показниками структурної фітоіндикації (підготовлено заяву на винахід), за допомогою якого проведено фітоіндикаційний моніторинг забруднення середовища деякими підприємствами Донецької області.
8. Розроблено спосіб біоіндикації забруднення середовища інсектицидами і спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів за допомогою гусені-"мурашів" шовковичного шовкопряда, на які подано заяви на винахід.
9. Розроблено спосіб оцінки впливу екологічних умов на людину за психофізіологічним станом організму, який захищено патентом України.
10. Розроблено проект технології комплексної оцінки екологічного стану техногенно трансформованих територій за біоіндикаційними показниками, яку пропонується для подальшого застосування в системі екологічного моніторингу.

Список літератури

1. *Агарков В. И., Грищенко С. В., Грищенко В. П.* Атлас гигиенических характеристик экологической среды Донецкой области. – Донецк: Донеччина, 2001. – 167 с.
2. *Анастази А.* Психологическое тестирование. Кн. 2: Пер. с англ. / Под ред. К. М. Гуревича, В. И. Лубовского. – М.: Педагогика, 1982. – 234 с.
3. *Блейхер В. М., Крук И. В., Боков С. Н.* Практическая патопсихология: Руководство для врачей и медицинских психологов. – Ростов-н/Д.: Феникс, 1996. – 448 с.
4. *Большаков В. А., Кахнович З. Н., Сорокин С. Е.* Методы анализа растительных проб на содержание тяжёлых металлов // Агрохимия. – 1997. – № 9. – С. 78-86.
5. *Бурлюк А. В.* Компьютерный тест "Внимание". – ЗАО "Нейроком", 2000.

6. *Водоросли*. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 608 с.

7. *Говта М.* Вплив екологічно забрудненого довкілля на психічний стан студентів Донбасу // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. – Донецьк: Східний видавничий дім. – 2006. – Т. 14. – С. 40-45.

8. *Дюк В. А.* Проблемы применения формальных методов формирования метапонятий при концептуальном анализе знаний // Методы и системы принятия решений. Системы поддержки процессов проектирования на основе знаний. – Рига: Изд-во Рижского ун-та, 1991. – С. 90-95.

9. *Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П.* Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 429 с.

10. *Завалишина Д. Н.* Психологический анализ оперативного мышления. – М.: Наука, 1985. – 182 с.

11. *ЗАО "Нейроком"*: Тест интеллекта, 2001.

12. *Земля* тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього середовища в Донецькій області у 2000-2005 році / Під ред. С. Куруленка. – Донецьк: "Новый мир", 2005. – 136 с.

13. *Злотин А. З.* Теоретическое обоснование массового разведения насекомых // Энтомол. обозр. – 1981. – 60, № 3. – С. 494-510.

14. *Капич А. Н., Гвоздкова Т. С.* Содержание в грибах продуктов перекисного окисления липидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой // Микол. и фитопатол. – 1998. – Т. 32, вып. 4. – С. 30-36.

15. *Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М.* Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2006. – 359 с.

16. *Ковалев П. А., Шевелева А. А.* Гренаж и селекция тутового шелкопряда. – Ташкент: Учитель, 1966. – 191 с.

17. *Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г., Токарев В. Е.* Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16-18.

18. *Макрушин А. В.* Биологический анализ качества вод. – Л.: Изд-во Зоол. ин-та АН СССР, 1974. – 59 с.

19. *Мэннинг У. Дж., Федер У. А.* Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. − Л.: Гидрометеоиздат, 1985. − 142 с.

20. *Назаренко Г. С.* Тератоморфи рослин в умовах антропогенно трансформованого середовища на південному сході України: Автореф. дис. … канд. біол. наук: 03.00.05 / Нікітський ботанічний сад – Національний науковий центр УААН. – Ялта, 2004. – 20 с.

21. *Огарь Н. П., Рачковская Е. И.* Подходы к созданию экологических карт оценочного и прогнозно-рекомендательного типа // Геоботаническое картографирование. – 1999. – № 3. – С. 14-27.

22. *Павловская Н. Е., Голышкин Л. В., Дегтярева С. И.* Реакция устьичного аппарата листьев гречихи и гороха на загрязнение тяжелыми металлами // Сельскохоз. биол. – 1997. – № 5. – С. 48-52.

23.*Пат.* 26736 України. Спосіб визначення стресового стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання за рівнем активності каталази / Федотов О. В. Заявка № 200703598, від 02.04.2007, МПК (2006), кл. A01H15/00, Бюл. № 16, від 10.10.2007.

24. *Паушева З. П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.

25. *Работнов Т. А.* К методике составления экологических шкал // Ботан. журн. – 1958. – Т. 43, № 4. – С.518-527.

26. *Устойчивость* к тяжелым металлам дикорастущих видов / Под ред. Н. В. Алексеевой-Поповой. – Л., 1991. – 214 с.

27. *Федотов О. В.* Вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів у міцелії грибів родів *Pleurotus* (Fr.) Kumm. та *Lentinus* (Berk.) Sing. / Зб. наук. праць Луганського нац. аграрного

ун-ту. – Луганськ: ЛНАУ, 2003. – № 22 (34). – С. 79-81.

28. *Царенко П. М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. – К.: Наук. думка, 1990. – 208 с.

29. *Шуберт Р.* Возможности применения растительных индикаторов в биолого-технической системе контроля окружающей природной среды // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды. – Л.: ГМИ, 1982. – Вып. 1. – С. 104-111.

30. *Baker E., Young F. W., Takane Y.* Psychometric model. – Dave Hall 13a, University of North Carolina, Chapel Hill, NC 27514, 1988.

31. *Fedotov O. V.* Antioxidizing activity of mycelium of mushroom stocks *Pleurotus* (Fr.) Kumm. and *Flammulina* (Curt.: Fr.) Sing. // IJMM. – 2001. – Vol. 3, N 2-3. – P. 143-144.

Беспалова С. В., Горецкий О. С., Говта Н. В., Лялюк Н. М., Максимович В. А., Злотин А. З., Маркина Т. Ю., Маслодудова Е. Н., Сафонов А. И., Федотов О. В. **Разработка способов биоиндикации экологического состояния Донбасса. –** Рассматриваются результаты исследований биоиндикационных возможностей различных растений, грибов, животных и человека. На основании этого разработаны охраноспособные способы биоиндикации экологического состояния Донбасса.

Ключевые слова: экология, способы биоиндикации.

Bespalova S. V., Goretsky O. S., Govta N. V., Ljaljuk N. M., Maksimovich V. A., Zlotin A. Z., Markina T. Y., Maslodudova E. N., Safonov A. I., Fedotov O. V. **Bioindication of an ecological condition of Donbass. –** Results of researches of bioindicator possibilities of various plants, mushrooms, animals and the person are considered. On the basis of it are developed охраноспособные ways of bioindication of an ecological condition of Donbass.

Key words: ecology, ways of bioindication.

В. Н. Казаков, Н. И. Тарапата

ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕМ ЧЕЛОВЕКА

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького;
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16

***Казаков В. Н., Тарапата Н. И.* Общебиологические основания инновационных медицинских технологий контроля и управления здоровьем человека.** – Нормализация экологической обстановки гигиенических условий труда и, главное, здоровья населения стало острейшей проблемой в нашей стране. Для её решения необходимо научно обосновать комплекс способов диагностики, профилактики, лечения и реабилитации.

Ключевые слова: экология, медицина, здоровье, нервная, эндокринная, иммунная системы.

Экологическая ситуация и условия труда на предприятиях Донбасса негативно повлияли на состояние здоровья его населения. Согласно исследованиям ученых Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, в регионе значительно повысился уровень общей и профессиональной заболеваемости, инвалидности, смертности (рис. 1).

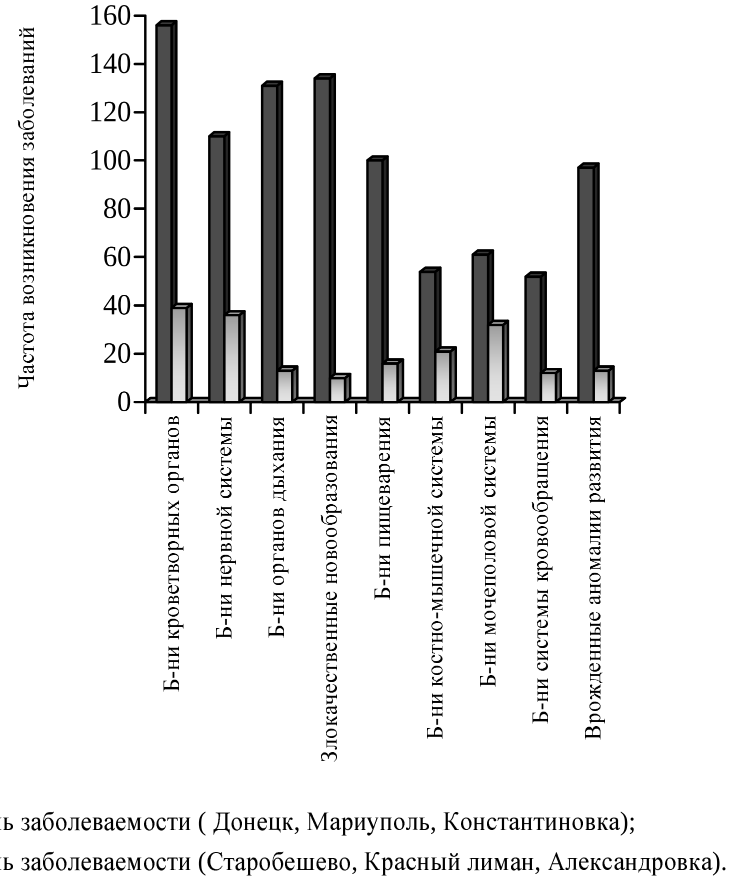


Рис.1. Удельный вес основных классов болезней в условиях экологической вредности

Сокращается продолжительность жизни людей, рождаемость. Подорвано здоровье детей, подростков, молодежи, то есть нарушен процесс воспроизводства здорового жизнедеятельного населения. Уровень вредных и опасных факторов в окружающей человека среде Донбасса такой, что всю территорию следовало бы признать зоной особо опасной для жизни. Нормализация экологической обстановки, гигиенических условий труда и главное здоровья населения стало острейшей проблемой. Только от повышения заболеваемости в

Донецкой области экономический ущерб превышает 112 млн. дол. в год, то есть более полмиллиарда гривен.

Решения обостряющейся проблемы пока ведется разрозненно и по многим направлениям: техническому, социальному, экономическому и иным. Но хуже всего обеспечено комплексное решение проблемы здоровья населения, медико-экологической проблемы. При этом страдает как ее научная сторона, так, естественно, и практическая, то есть комплекс способов диагностики, профилактики, лечения, реабилитации.

Рассмотрим, прежде всего, научную медико-биологическую сторону. Как и во всякой популяции, в человеческой популяции техногенного региона типа Донбасса, особи мужского пола представляют основную мишень для воздействия вредных и опасных факторов (ВОФ) окружающей среды. Они, как слабый пол, служат основным материалом для отбора и первыми жертвами неблагоприятных ВОФ. В идеальной человеческой популяции отбор идет почти исключительно за счет мужчин. В случае их избытка большая часть элиминируется не вследствие ВОФ, а половым отбором. Они не будут участвовать в воспроизводстве. Лишь редкие представители особей мужского пола, обладающие какими-либо преимуществами в условиях неблагоприятных ВОФ, могут существенно влиять на качество, в том числе жизнеспособности потомства. На качество потомства в популяции в неблагоприятных условиях оказывают влияние самки (женщины), а их потеря от вредных условий среды приносит популяции только вред. Потеря же самцов приносит кроме вреда, некоторую пользу, способствуя адаптивной перестройке, изменчивости. Самки же ответственны за наследственность, за стабильность в популяции.

Изложенное свидетельствует, что анализ возникшей медико-биологической проблемы принадлежит биологии, в состав которой входит медицина при решении ее фундаментальных задач. Яснее становятся общебиологические механизмы наибольшего роста смертности и заболеваемости населения такого экологически трансформированного региона, как Донбасс. Во-первых, указанные процессы соответствуют теории эволюции популяции. Вредные и опасные факторы (ВОФ) действуют, прежде всего, на особей мужского пола, выбраковывая их, то есть, увеличивая их смертность на достоверно большую величину, чем особей женского пола. Во-вторых, в ответ на экологическую ситуацию происходят неспецифические и специфические структурно-функциональные изменения, прежде всего нервной, эндокринной регуляции и иммунитета. В-третьих, перестройка в организме генетически наследуется новыми рождающимися поколениями, но глубоко альтернативно: чаще с отрицательными последствиями, реже – с положительными. Описанные особенности выявляются биологическими индикаторами, биологическими способами, подразумевая, что в их состав входят и патологические, патофизиологические. Традиционные физико-технические (химико-технические) способы диагностики сохраняют свое значение, но становятся лишь частью широкой сферы биологических способов. Это же относится к способам лечения, реабилитации, коррекции, профилактики.

С общетеоретических биологических позиций внутренней целевой функцией любой биологической системы является пролонгирование своей жизни. Неосознаваемой, а иногда и осознаваемой эталонной установкой каждой особи в популяции становиться продолжительность ее жизни. Твердо можно отрицать, что такая установка (задатчик) ориентирована на среднюю продолжительность жизни в популяции при нормальном законе ее распределения. Скорее всего, мотивируется величина, которая ближе к максимуму при распределении типа Парето [0]. Число особей, превысивших планку средней продолжительности жизни и приблизившихся к максимуму Парето, характеризует количественно и качественно жизненный (потенциал) стандарт популяции в ее единстве со всеми условиями обитания, в том числе и особенно экологическими и социальными.

Рычагами (механизмами) воздействия на организм для реализации целевой функции служат, как уже говорилось, нервная, эндокринная и иммунная системы. Сбой в этих системах рано или поздно обязательно проявляется в результатах компаративной операции, которая схематически представлена на рис. 2.

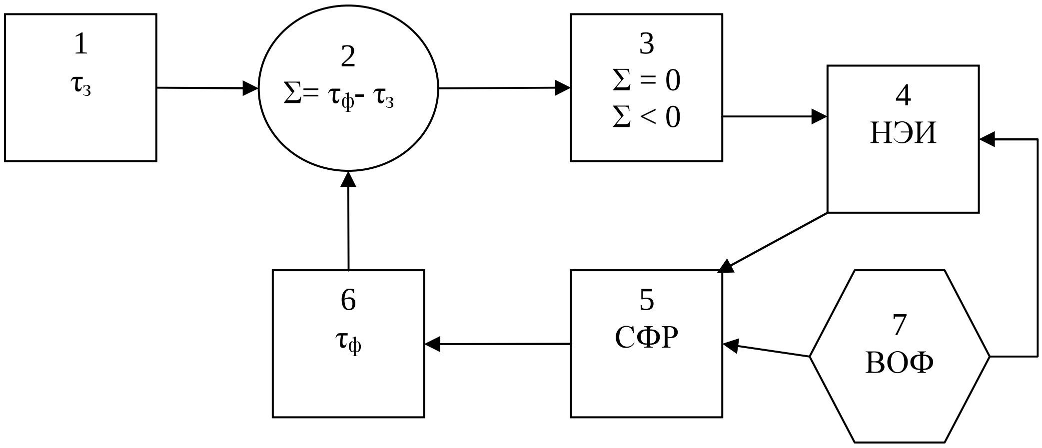


Рис. 2. Схема популяционного самоуправления продолжительностью жизни в экологически вредных условиях:

1 $\tau_з$ – популяционный задатчик продолжительности жизни;

2 Σ – компаратор, сравнивающий задаваемую величину с фактической;

3 – результат компарации;

4 – блок нейро-эндокринно-иммунных регуляторов;

5 – блок структурно-функционального реагирования;

6 $\tau_ф$ – фактическая продолжительность жизни;

7 – совокупность вредных и опасных факторов среды.

В предложенном проекте программы, направленной на разработку инновационных биологических технологий контроля и управления процессами в экологии, медицине, сельском хозяйстве и производстве продукции особое место занимает медицинское направление. Без научной разработки и внедрений инновационных технологий в медицине невозможно добиться существенных результатов в улучшении и сохранении здоровья человека, повышении его работоспособности, снижения уровня заболеваемости, смертности и других вопросов.

К разработке медицинского направления должны быть привлечены специалисты разных профилей: терапевты, эндокринологи, физиологи, иммунологи, профпатологи и другие.

Одним из важнейших вопросов при разработке способов контроля за состоянием здоровья человека является изучение нейроэндокринной регуляции функций. Организм реагирует на изменение внешней и внутренней среды с помощью нейроэндокринной и иммунной систем. При этом нервная система воспринимает сенсорные сигналы, а иммунная – генетически чужеродные сигналы [2-4].

В последнее десятилетия получены данные, свидетельствующие не только о тесной связи нервной, эндокринной и иммунной систем, но и об единстве этих систем [5, 6, 8]. Они являются главными адаптационными системами, взаимное регулирование которых определяет, с одной стороны, их собственное функциональное состояние, а, с другой – течение патологических процессов в организме. Имеются факты, свидетельствующие о существовании пути передачи информации от иммунной системы к структурам центральной нервной системы через периферические интеро- и экстерорецепторы, то есть существование единой нейроиммунноэндокринной системы является доказанным фактом [8]. Участие афферентных структур нейроиммунных взаимодействий свидетельствуют о том, что иммунная система помимо ее общеизвестных функций, выполняет роль сенсорного органа, информирующего ЦНС об изменении гомеостаза организма [7, 8].

С учетом этих новых положений о регуляции физиологических функций на основе собственного и мирового опыта через информационно-патентный поиск следует обосновать способы контроля нейроиммунноэндокринной регуляции и морфофункциональных процессов исполнительных звеньев организма для дифференциации и диагностики состояния здоровья человека. На основе разработанных способов контроля регуляторных и исполнительных процессов следует разработать, обосновать и откорректировать технологию контроля здоровья людей для внедрения их в диспансеризацию. Но широкое внедрение технологий контроля состояния здоровья человека, апробация их и оценка эффективности возможна только при обеспечении таких технологий нормативными и правовыми документами. Подготовка соответствующей документации дает возможность широкого использования медицинских технологий практики здравоохранения.

Вышеприведенные аналитические и методические подходы к разработке инновационных медицинских технологий контроля состояния здоровья человека является первым этапом выполнения предложенного проекта программы "Разработка инновационных биологических технологий контроля и управления процессами в экологии, медицине, сельском хозяйстве и производстве продукции".

Вторым этапом разработки инновационных медицинских технологий является обоснование способов управления здоровьем человека. Как и обоснование контроля состояния здоровья человека, управление его состояния, строится на основе собственного и мирового опыта через информационно-патентный поиск. Обосновываются способы восстановления (лечения, реабилитации) и поддержания (профилактики) нормального состояния нейроиммунноэндокринной регуляции и морфофункциональных процессов. На основе предложенных способов управления здоровьем необходимо разработать, обосновать и откорректировать технологии управления здоровьем людей для их внедрения. Далее готовятся нормативные и правовые документы, обеспечивающие беспрепятственное внедрение технологий управления здоровьем.

Ниже приводятся проектируемые этапы направления "Медицина" (табл. 1).

Таблица 1

Этапы выполнения направления "Медицина"

№ п/п	Наименование этапа	Ожидаемый результат выполнения этапа
1.	На основе собственного и мирового опыта через информационно-патентный поиск обосновать способы контроля нейроэндокринной регуляции и морфофункциональных процессов исполнительных звеньев организма для дифференциальной диагностики состояния здоровья человека	Способы контроля регуляторных и исполнительных процессов
2.	Разработать, обосновать и откорректировать технологии контроля здоровья людей для внедрения их в диспансеризацию	Технологии контроля здоровья на основе способов по п. 1.
3.	Подготовить нормативное и правовое обеспечение технологий контроля здоровья людей при их широком использовании	Проект пакета нормативных и правовых документов, сопровождающих технологии контроля здоровья
4.	На основе собственного и мирового опыта через информационно-патентный поиск обосновать способы восстановления (лечения, реабилитации) и поддержки (профилактики) нормального состояния нейроэндокринной регуляции и морфофункциональных процессов	Способы управления здоровьем
5.	Разработать, обосновать и откорректировать технологии управления здоровьем людей для их внедрения	Технологии управления здоровьем на основе способов по п. 4.

№ п/п	Наименование этапа	Ожидаемый результат выполнения этапа
6.	Подготовить нормативное и правовое обеспечение внедрения технологий управления здоровьем	Проект пакета нормативных и правовых документов, необходимых для беспрепятственного внедрения технологий управления здоровьем
7.	Подготовить аналитический отчет, который обобщит опыт (успехи и недостатки) работы по направлению "Медицина" для последующего усовершенствования научной деятельности	Отчет

Изложенное направление "Медицина" предусматривает тесное взаимодействие с научно-практическими направлениями программы, но, главным образом, с направлением по экологии. Причем, при изменениях в экологической обстановке ожидается, что наступят изменения и в основных показателях здоровья населения.

Список литературы

1. *Айвазян С. А., Екоков И. С., Мешалкин Л. Д.* Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное издание. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.

2. *Абрамов В. В.* Интеграция иммунной и нервной систем // Иммунология. – 1999. – № 3. – С. 62-64.

3. *Акмаев И. Г.* Современные представления о взаимодействиях регулирующих систем, нервной, эндокринной и иммунной // Успехи физиол. наук. – 1996. – Т. 27, № 1. – С. 3-20.

4. *Blalock J. E.* The immune system as a sensory organ // J. Immunol. – 1984. – № 132. – P. 1067-1070.

5. *Акмаев Э. Г., Гриневич В. В.* Очерки нейроэндокринологии и нейроиммуно-эндокринологии // Бюл. экспер. биол. и мед. – 2001. – Т. 311, № 1. – С. 22-31.

6. *Евсеев В. А., Давыдова Т. В., Миковская О. И.* Дизрегуляционный аспект нейроиммунопатологии. Перспективы иммунотерапии // Бюл. экспер. биол. и мед. – 2001. – Т. 131, № 4. – С. 364-368.

7. *Товт-Коршинська М. І.* Клінічні та фармакологічні аспекти психонероімунології // Ліки. – 1999. – № 3-4. – С. 46-54.

8. *Ноздрачев А. Д., Колосова Л. И., Моисеева А. Б., Рябчикова О. В.* Роль периферической нервной системы в реализации связи иммунной системы с мозгом // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2000. – Т. 86, № 6. – С. 728-742.

***Казаков В. М., Тарапата М. І.* Загальнобіологічні підстави інноваційних медичних технологій контролю та управління здоров'ям людини. –** Нормалізація екологічної обстановки гігієнічних умов праці і, найголовніше, здоров'я населення постало найгострішою проблемою в нашій країні. Для її вирішення необхідно науково обґрунтувати комплекс способів діагностики, профілактики, лікування і реабілітації.

Ключові слова: екологія, медицина, здоров'я, нервова, ендокринна, імунна системи.

***Kazakov V. N., Tarapata N. I.* The common biology basis of innovative medical technologies of the control and management of health of the person. –** Normalization of ecological situation of hygienically terms of labour and, main, health of population became the sharpest problem in our country. For its decision it is necessary scientifically to ground the complex of methods of diagnostics, prophylaxis, medical treatment and rehabilitation.

Key words: ecology, medicine, health, nervous, immune systems.

УДК 504.4.054.001.5 : 556.53

Д. Ю. Верниченко-Цветков

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО ПИГМЕНТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ АЛЬГОФЛОРЫ

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем;
61166, г. Харьков, ул. Бакулина, 6 e-mail: verniczenko@mail.ru

Верниченко-Цветков Д. Ю. **Оценка состояния водных экосистем по пигментным показателям альгофлоры. –** Приведены результаты исследования содержания фотосинтетических пигментов альгофлоры в донных отложениях рек: Вольнянка, Мокрая Московка и Капустянка, а также Запорожского и Каховского водохранилищ вблизи впадения указанных рек в водоемы. Установлено влияние загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты г. Запорожье, на показатели пигментного фонда дна. Выявлена информативность пигментных показателей донных водорослей и предложено использование их в целях экодиагностики состояния водных экосистем.

Ключевые слова: гидроэкосистемы, экологическое состояние, микроводоросли, фотосинтетические пигменты, загрязняющие вещества

Введение

Проблема объективной оценки экологического состояния водных объектов относится к числу наиболее актуальных в области охраны окружающей среды. Среди различных аспектов данной проблемы следует выделить задачу поиска наиболее информативных показателей, которые могут быть использованы в целях экодиагностики состояния водных экосистем. Выявить подобные характеристики наиболее удобно при выполнении сопоставительного анализа поверхностных вод, существенно отличающихся по уровню антропогенной нагрузки. Объектами подобных исследований могут служить поверхностные воды в населенных пунктах и за их пределами. Водные объекты, расположенные в городах, особенно в промышленных регионах, испытывают высокую антропогенную нагрузку, которая снижается по мере удаления от источников антропогенного воздействия. Учитывая, что поверхностные воды водотоков, протекающих по территории городов, поступают в более крупные водные объекты, становясь важным фактором их экологического состояния, представляло интерес проанализировать возможность использования пигментных показателей альгофлоры для анализа условий функционирования водных экосистем. Следует заметить, что значение пигментных характеристик фитопланктона для оценки качества поверхностных вод отмечается во многих работах, например в [1, 2]. Данные показатели широко используются для оценки трофности вод, определения биомассы водорослей, анализа их физиологического состояния, а также определения доминирующих группировок альгофлоры. Особое значение определение пигментных показателей фитопланктона имеет для диагностики состояния водных объектов-источников питьевого водоснабжения.

Возможность использования показателей содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях поверхностных вод для индикации их экологического состояния пока исследована недостаточно [3]. Между тем, донные отложения являются важным компонентом водных экосистем. В условиях высокой антропогенной нагрузки на водные объекты в них аккумулируются значительные количества загрязняющих веществ, в том числе обладающих токсическими, канцерогенными и мутагенными свойствами. От процессов, которые происходят в донных отложениях, во многом зависят качество и условия воспроизводства водных ресурсов. Учитывая данное обстоятельство, для оценки состояния водных экосистем все чаще привлекают показатели донных отложений. Важным преимуществом химических характеристик донных отложений является их большая инерционность по сравнению с параметрами водной среды. К сожалению, методическая база анализа химического состава донных отложений в Украине разработана слабо, а предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в данном компоненте поверхностных вод вообще не установлены. В этих условиях особое значение приобретают биологические показатели донных отложений водных объектов, в том числе такие параметры, как численность, биомасса, видовой состав, функциональная активность представителей бентосных организмов. В отличие от химических параметров они позволяют интегрально оценить реакцию экосистемы на весь комплекс антропогенных воздействий.

Наиболее широкое применение в системе экологического мониторинга поверхностных вод в последние годы получили показатели развития макрозообентоса [4]. Однако, поскольку альгофлора донных отложений также является важным компонентом водных биоценозов, в работе [5] предлагается использовать в целях экодиагностики и характеристики развития фитобентоса.

Материалы и методика исследований

Объектами исследований служили донные отложения малых рек Вольнянка, Капустянка и Мокрая Московка, а также Запорожского и Каховского водохранилищ вблизи от впадения указанных водотоков в водоем.

Вышеуказанные реки значительно различаются по характеру и величине антропогенной нагрузки. Так, р. Вольнянка впадает в озерную часть Запорожского водохранилища существенно выше г. Запорожье и протекает в основном по территориям с высокой степенью сельскохозяйственного освоения; кроме того, она отличается значительной зарегулированностью. Реки Капустянка и Мокрая Московка, впадающие в русловую часть Каховского водохранилища, принимают сточные воды ряда предприятий г. Запорожье, а также атмосферные осадки и поверхностный сток с городской территории, что обуславливает высокий уровень их загрязненности токсическими веществами.

Пробы донных отложений в Запорожском регионе отбирали в период проведения в бассейне Днепра второй украинско-канадской экспедиции. Отбор проб донных отложений осуществлялся дночерпателем Петерсона либо штанговым дночерпателем. При отборе, транспортировке и хранении проб руководствовались указаниями, изложенными в нормативном документе [6]. Для анализа фотосинтетических пигментов водорослей использовали верхний 3-5 см слой донных отложений. Экстракцию хлорофилла "*a*" выполняли по методике Штойбинга, разработанной первоначально для почв, и модифицированной автором [7]. Содержание хлорофилла "*a*" в экстрактах определялось трихроматическим методом [8]. Расчет содержания каротиноидов выполнялся по уравнению Парсонса-Стрикланда [9], а содержание феофитина – по формуле Лоренцена [8]. Результаты экспериментальных исследований анализировали с помощью методов математической статистики [10].

Результаты и их обсуждение

Город Запорожье относится к числу наиболее загрязненных населенных пунктов Украины, о чем свидетельствуют данные, характеризующие объёмы выбросов вредных веществ в атмосферный воздух и величину сбросов загрязненных возвратных вод в водные объекты города [11, 12].

В результате процессов самоочищения загрязняющие вещества, поступающие в поверхностные воды города с атмосферными осадками, поверхностным стоком и недостаточно очищенными сточными водами, частично трансформируются, а частично накапливаются на дне. Анализ химического состава донных отложений указанных водных объектов, выполненный сотрудниками Украинского научно-исследовательского института экологических проблем, показал, что в данном компоненте водных экосистем присутствуют в значительных количества разнообразные токсические вещества. Это подтверждается и результатами оценки токсичности донных отложений, выполненной с помощью методов биотестирования, что свидетельству о неблагоприятной экологической ситуации [13].

Не смотря на некоторые отличия, донные отложения, отобранные в р. Капустянка и р. Мокрая Московка на территории города и в р. Вольнянка, могут быть отнесены к одному типу – песчанистым илам. Сопоставительный анализ величины их пигментного фонда свидетельствует об угнетении альгофлоры в присутствии высоких концентраций загрязняющих веществ (табл. 1). Так, если принять содержание хлорофилла в донных отложениях р. Вольнянка за 100%, то в донных отложениях р. Мокрая Московка концентрация данного пигмента составляла 31,6%, а р. Капустянки – всего 5,3%. Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях р. Капустянка на территории г. Запорожье оказалось наименьшим среди исследованных водотоков бассейна Днепра [14].

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях водотоков

Пункт отбора проб на реке	Хлорофилл "*a*" (Хл), мкг/г	Каротиноиды (К), мк*SPU*/г	Феофитин (Ф), мкг/г	К/Хл	Ф/Хл
Вольнянка	13,3 ± 1,39	11,0 ± 1,23	7,8 ± 0,71	0,83	0,59
Капустянка	0,7 ± 0,10	2,30 ± 0,37	0,2 ± 0,01	3,28	0,29
Мокрая Московка	4,2 ± 0,23	6,4 ± 1,11	8,6 ± 0,46	1,52	2,05

Уровень загрязнения как донных отложений, так и воды р. Капустянка в период проведения исследований был более высоким, чем р. Мокрая Московка. Так, содержание Fe, Zn и Pb в воде р. Капустянка было в 5 раз выше, чем в воде р. Мокрая Московка, Mn – в 2,5 раза, Cd, Ni и Cr – примерно в 1,5 раза [15]. Видовой состав биоценоза р. Капустянка также существенно отличался от биоценоза р. Мокрая Московка. Например, в зоопланктоне р. Капустянка встречались всего два вида представителей Copepoda, а зоопланктон р. Мокрая Московка был представлен 89 видами, среди которых встречались представители Rotatoria, Cladocera, Copepoda. Соответственно, биомасса зоопланктона указанных рек в период проведения исследований отличалась в 62 раза [13]. Более высокое содержание фотосинтетических пигментов водорослей в донных отложениях р. Мокрая Московка по сравнению с донными отложениями р. Капустянка согласуется с приведенными выше материалами, что говорит об информативности пигментных показателей.

Следует отметить высокое отношение содержания каротиноидов к хлорофиллу в донных отложениях как р. Капустянка, так и р. Мокрая Московка, что не характерно для вегетационного сезона. Учитывая, что каротиноиды выполняют в клетках водорослей защитные функции [16], можно сделать вывод, что водоросли в указанных реках находятся в угнетенном состоянии. Особо обращает на себя внимание высокое соотношение хлорофилла и продукта его разложения – феофитина в донных отложениях Мокрой Московки, что может быть связано с отмиранием водорослей.

Результаты анализа содержания фотосинтетических пигментов альгофлоры в пробах донных отложений Запорожского и Каховского водохранилищ, отобранных недалеко от впадения исследованных рек, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях водохранилищ

Пункт отбора проб в водохранилищах	Хлорофилл "*a*" (Хл), мкг/г	Каротиноиды (К), мк*SPU*/г	К/Хл
Запорожское водохранилище, Вольнянский залив, недалеко от устья р. Вольнянка	58,0 ± 4,66	17,8 ± 0,75	0,31
Каховское водохранилище, о. Хортица, траверз р. Мокрая Московка	4,4 ± 0,95	2,6 ± 0,54	0,59
Каховское водохранилище, о. Хортица, траверз р. Капустянка.	11,8 ± 0,97	5,5 ± 1,25	0,47

Как видно из данных табл. 2, наблюдаются существенные различия в величине пигментного фонда дна различных районов исследованных водоемов. В частности, концентрация растительных пигментов в донных отложениях вблизи устья р. Вольнянка выше, чем в донных отложениях на траверзе р. Мокрая Московка и р. Капустянка. В то же время, соотношение каротиноидов и хлорофилла "*а*" во всех пунктах ниже единицы, что свидетельствует о нормальном состоянии водорослей, близком к наблюдавшемуся в р. Вольнянка.

Аналогичная закономерность снижения величины пигментного фонда дна при высоком уровне загрязнения водоема наблюдалась и в исследованиях, выполненных на Куйбышевском водохранилище в районе поступления условно чистых сточных вод г. Тольятти [17]. Содержание хлорофилла "*а*" в донных отложениях данного створа было в зависимости от сезона в 2-3 раза выше по сравнению с его концентрацией в донных отложениях пойменной части Приплотинного плеса.

В тоже время, при отсутствии выраженного токсического загрязнения донных отложений, отмечается возрастание величины пигментного фонда дна водоемов на некотором удалении от населенных пунктов. Например, отмечено увеличение содержания растительных пигментов в Чебоксарском водохранилище недалеко от г. Конаково [18]. Отмеченные закономерности изменения содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях поверхностных вод, вызванные влиянием загрязняющих веществ, характеризуют две разновидности экологических нарушений, получившие название [19], антропогенного экологического напряжения и антропогенного метаболического регресса.

Выводы

1. Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что в донных отложениях водотоков г. Запорожье, под влиянием поступления загрязняющих веществ, наблюдается снижение содержания растительных пигментов, а также изменение их соотношений, что свидетельствует об угнетении функционирования альгофлоры.
2. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях Запорожского и Каховского водохранилищ в районах, находящихся под влиянием поступающих в водоемы речных вод, позволяет выявить различия в условиях функционирования водных экосистем.
3. Обобщение результатов выполненных экспериментальных исследований, а также литературных данных, позволяет рекомендовать использование пигментных показателей водорослей в целях биоиндикации состояния поверхностных вод. Перспективность данных показателей обусловлена, с одной стороны, их связью с процессами первичной продукции органического вещества в водных экосистемах, а, с другой, – точностью и достаточной экспрессностью методов определения.

Список литературы

1. *Сиренко Л. А.* Информационное значение хлорофилльного показателя // Гидробиол. журн. – 1988. –Т. 24, № 4. – С. 49-53.
2. *Сигарева Л. Е., Ляшенко О. А.* Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды //Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 475-480.
3. *Сигарева Л. Е., Тимофеева Н. А.* Растительные пигменты в донных отложениях как показатели трофического состояния водохранилищ Верхней Волги // Проблемы региональной экологии. – 2001. – № 2. – С. 23-35.
4. *Disk de Zwart* Monitoring Water Quality in the future. Biomonitoring. – The Netherlands, Bilthoven. – RIVM, 1995. – Vol. 3. – 83 p.
5. *Оксиюк О. П., Давыдов О. А.* Методические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112.

6. *ГОСТ* 17.1.5.10-80 "Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность". – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.

7. *Верниченко-Цветков Д. Ю.* Методика визначення вмісту пігментів водоростей у донних відкладеннях // Вісник ХІСП. Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес: Наук. зб. / Мат. II Міжнар. науково-практ. конф. "Екологічна та техногенна безпека" (м. Харків, 26-27 квітня 2002 р.). – Харків, 2002. – Вип. 1 (2). – С. 13-21.

8. *ГОСТ* 17.1.04.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *а*. – М.: Гос. ком. СССР по охране природы, 1990. – 15 с.

9. *Бульон В. В.* Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.

10. *Лакин Г. Ф.* Биометрия: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

11. *Данилко В. К.* Екологічна статистика: водні ресурси. – К., 2003. – 367 с.

12. *Статистичний* щорічник України за 2002 р. – К.: Держстат України, 2003. – С. 576-578.

13. *Шевчук В. Я., Васенко О. Г.* Екологічний стан басейну ріки Дніпро за результатами першої українсько-канадської експедиції. – Харків, 1999. – 53 с.

14. *Верниченко-Цветков Д. Ю.* Оцінка екологічного стану водних об’єктів за ензимологічними й пігментними характеристиками донних відкладень // Проблеми охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. праць. – Харків: "Факт", 2004. – С. 293-303.

15. *Васюков А. Е.* Оценка экологической ёмкости поверхностных вод по содержанию металлов // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, № 4. – С. 415-426.

16. *Goodwin T. W.* The biochemistry of the carotenoids. Plants. – London, New York, 1980. – Vol. 1. – 377 p.

17. *Экология* фитопланктона Куйбышевского водохранилища / Отв. ред. С. М. Коновалов, В. Н. Паутова. – Л.: Наука, 1989. – 302 с.

18. *Сигарева Л. Е., Тимофеева Н. А., Законнов В. В.* Особенности распределения растительных пигментов в донных отложениях Чебоксарского водохранилища // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 27-35.

19. *Руководство* по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.

Верниченко-Цветков Д. Ю. **Оцінка стану водних екосистем за пігментними показниками альгофлори. –** Наведені результати дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів альгофлори у донних відкладеннях річок: Вільнянка, Мокра Московка та Капустянка, а також Запорізького й Каховського водосховищ поблизу впадання вказаних річок до водойм. Встановлено вплив забруднюючих речовин, що надходять до водних об’єктів м. Запоріжжя, на показники пігментного фонду дна. Виявлено інформативність пігментних показників донних водоростей і запропоновано використання їх у цілях екодіагностики стану водних екосистем.

Ключові слова: гідроекосистеми, екологічний стан, мікроводорості, фотосинтетичні пігменти, забруднюючі речовини

Vernichenko-Tsvetkov D. Yu. **The water ecosystems state assessment by the algal pigment parameters. –** The research results of the sediment photosynthetic pigments concentration in the Volnyanka, Mokraya Moskovka and Kapustyanka rivers an the Zaporozhskoye and Kahovskoye reservoirs is reported. The influence of the pollutants on the seniment pigment characteristics is determined. The indication valuability of the seniment pigment characteristics is demotstrated and the use of this parameters for ecodiagnostic is proposed.

Key words: hydroecosystems, ecological status, microalga, photosynthetic pigments, pollutants.

УДК 581.55 : 581.526.53

Ю. В. Ибатулина

СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ МОДЕЛЬНЫХ СТЕПНЫХ ВИДОВ В ФИТОЦЕНОЗАХ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ДЕМУТАЦИИ

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, просп. Ильича, 110

Ибатулина Ю. В. **Структура ценопопуляций модельных степных видов в фитоценозах на разных стадиях демутации. –** Проведены комплексные исследования на популяционном уровне (возрастная, виталитетная, пространственная структуры, плотность), которые позволили определить состояние ценопопуляций модельных степных видов-эдификаторов и ассектаторов в фитоценозах на разных стадиях демутации. Данные исследования позволили установить, что развитие ценопопуляций типичных степных видов осуществляется в направлении упрочнения их положения в растительных сообществах.

Ключевые слова: демутация, фитоценоз, ценопопуляция, плотность, возрастная, пространственная, виталитетная структуры.

Введение

Большинство исследований демутационных процессов в разных зонах проводились на уровне сообществ и очень мало проведено исследований на ценопопуляционном уровне. Одна из причин, почти полностью уничтожившая аборигенную растительность на некоторых степных участках, – распашка. Результатом этого являются количественные и качественные изменения и в составе зачатков, и в составе почвенной микрофлоры вследствие последующего использования распаханной земли. Последовательность стадий демутации и их скорость выделяют мощность гумусного горизонта (чем он мощнее, тем больше возможностей для восстановления целинного покрова в том виде, в котором он был до распашки), продолжительность хозяйственного использования, характер обработки почвы, способ использования залежи, наличие остатков сохранившихся участков степной растительности, их удалённость от залежи и степень антропогенной трансформации [10], хотя в зависимости от хозяйственного использования и природных условий существует возможность больших или меньших отклонений в том или ином направлении от основной схемы.

Цель работы – изучение возрастной виталитетной, пространственной структур ценопопуляций модельных степных видов в фитоценозах на разных стадиях демутации. Объектами исследования были ценопопуляции *Veronica sclerophylla* Dubovik, *Marrubium praecox* Janka, *Nepeta parviflora* M. Bieb., *Phlomis tuberosa* L., *Salvia nutans* L., *S. tesquicola* Klokov et Pobed., *Stachys transsylvanica* Schur., *Bellevalia sarmatica* (Georgi) Woronow, *Poaceae* Barnhart, *Festuca rupicola* Heuff., *F. valesiaca* Gaudin, *Stipa capillata* L.

Материалы и методы исследований

Выделение возрастных групп, изучение возрастной структуры осуществляли при помощи методики разработанной Т. А. Работновым [5], которую дополнили многие другие исследователи [3, 6, 9, 11]. По преобладанию в возрастных спектрах определённых возрастных категорий определяли тип ценопопуляций: инвазионные, нормальные, регрессивные. Возрастность ценопопуляций определяли с помощью индекса, предложенного А. А. Урановым: $\Delta = \frac{\sum k_i m_i}{\sum k_i}$, где Δ – индекс возрастности, k_i – численность каждой возрастной группы, m_i – "вес" возрастности одной особи i-й группы [9]. Виталитетную структуру изучали по методике Ю. А. Злобина [2]. По уровню виталитета особи подразделяли на три основных класса: "a" – высший, "b" – средний, "c" – низший. После установления виталитета особей оценки качества ценопопуляций осуществляли по долевому участию особей разного виталитета в составе ценопопуляций. По качеству ценопопуляции подразделяли на три основных типа: процветающие – $Q = \frac{(a+b)}{2} > c$; равновесные – $Q = \frac{(a+b)}{2} = c$, депрессивные – $Q = \frac{(a+b)}{2} < c$, где Q – индекс качества ценопопуляции;

"*a*", "*b*", "*c*", – соответствующие частоты особей высшего, среднего и низшего классов. Все оценки качества особей были сопряжены с конкретным возрастным состоянием. Основные типы пространственного распределения особей определяли руководствуясь принципами, изложенными в работах Б. М. Миркина [4], В. К. Василевича [1]. Выделяли случайное, регулярное и контагиозное распределение. Для предварительного установления типа размещения особей по площади использовали отношение дисперсии к среднему: $\frac{\sigma^2}{\overline{m}}$ (3.5), где σ^2 – дисперсия, $\overline{m}$ – средняя. Если показатель около единицы, то исследуемое распределение случайное, если больше – контагиозное, меньше – регулярное. Характер счётной единицы определяли в зависимости от того, к какой жизненной форме относится растение [6, 11].

Результаты и обсуждение

Примером последовательности восстановительных процессов, за исключением бурьянной и последней стадии вторичной целины, могут служить ранее подвергавшиеся распашке степные участки в окрестностях г. Ясиноватая. На плакорных участках и пологих склонах зафиксированы пырейно-бурьянистые и пырейные заросли (*Elytrigietum* (*repentis*) *bromopsiosum* (*ripariae*)). Флористический состав здесь очень беден, доминируют сорные растения, среди которых довольно часто встречаются представители семейства *Lamiaceae*: *Stachys transsylvanica*, *Marrubium praecox*, *Salvia verticillata*, *S. tesquicola*, ценопопуляции которых не отличаются высокой плотностью и относятся к зрелым нормальным или стареющим, к тому же большинство особей данных ценопопуляций пребывают в угнетённом состоянии. Возможно, в прошлом данные виды и занимали более прочное положение (бурьянная стадия), но со временем, в результате наступления корневищных злаков, которые благодаря большей конкурентной силе и преимуществу вегетативного размножения быстро преодолевают ослабленный ценотический барьер и занимают господствующее место в растительном сообществе, быстро сократили свою плотность. Степные виды в фитоценозах на данной стадии встречаются редко, как правило, это *Festuca valesiaca*, особи которой встречаются единично и относятся к имматурному и, редко, к виргинильному возрастному состоянию (рис. 1-2).

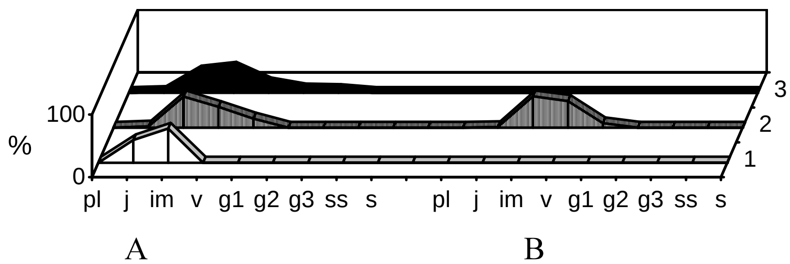


Рис. 1. Возрастные спектры ценопопуляций плотнодерновинных злаков: А – *Festuca valesiaca*, В – *Festuca rupicola*; ассоциации 1 – (*Elytrigietum* (*repentis*) *bromopsiosum* (*ripariae*) (пырейная стадия); 2 – *Festucetum* (*valesiacae*) *bromopsiosum* (*ripariae*) (типчаковая стадия), 3 – *Festucetum* (*valesiacae*) *festucosum* (*rupicolae*) (типчаковая стадия) (урочище "Песковатый лес")

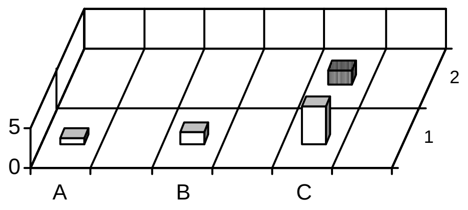


Рис. 2. Плотность ценопопуляций плотнодерновинных злаков: 1 – *Festuca valesiaca*, 2 – *Festuca rupicola*; ассоциации А – *Elytrigietum* (*repentis*) *bromopsiosum* (*inermis*) (пырейная стадия), В – *Festucetum* (*valesiacae*) *bromopsiosum* (*ripariae*) (типчаковая стадия), С – *Festucetum* (*valesiacae*) *festucosum* (*rupicolae*) (типчаковая стадия); по оси ординат – плотность особей ценопопуляции (особь/м^2) (урочище "Песковатый лес")

Рядом расположенные степные участки, находящиеся в большей близости от нераспаханных территорий, пребывают на следующей стадии демутации (стадия дерновинных злаков). В данном случае отмечено формирование фитоценоза, относящегося к ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *bromopsiosum* (*ripariae*), в котором ценопопуляцию *F. valesiaca*, благодаря подавляющему господству имматурных и виргинильных растений в возрастном составе и отсутствию в нем особей заключительных этапов онтогенеза, что свидетельствует о незаконченности особями онтогенетического развития, можно отнести к молодым нормальным, неполночленным. То, что большинство особей характеризуется высоким жизненным уровнем (рис. 3) позволяет предположить, что в дальнейшем развитие данной ценопопуляции будет осуществляться успешно.

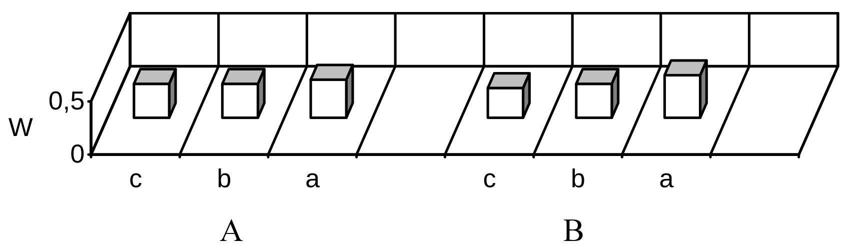


Рис. 3. Виталитетные спектры ценопопуляций плотнодерновинных злаков в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *festucosum* (*rupicolae*) (типчаковая стадия); А – *Festuca valesiaca*, В – *Festuca rupicola;* W – встречаемость,"c" – низший класс, "b" – средний класс, "a" – высший класс (урочище "Песковатый лес")

Свидетельством подобного варианта развития событий может служить ассоциация *Festucetum* (*valesiacae*) *festucosum* (*rupicolae*). Данный фитоценоз характеризуется ещё большим вытеснением *E. repens* и некоторых других длиннокорневищных злаков ценозообразователями типичных степных сообществ. Заметные изменения произошли в характере возрастных спектров плотнодерновинных эдификаторов: увеличилось количество имматурных и виргинильных, а также молодых генеративных особей, появились растения более поздних возрастных состояний (см. рис. 1). Увеличение плотности (см. рис. 2) способствовало повышению массы, ассимиляционной поверхности ценопопуляций эдификаторов, повышению напряжённости фитогенного поля, в чём не малую роль сыграло пребывание особей на высоком уровне жизненности, а это в свою очередь, влияет на всю популяционную структуру фитоценоза.

Сократилась плотность не только ценопопуляций длиннокорневищных злаков, но и *Bromopsis riparia*, а также видов, характерных для бурьянной стадии, что привело к их почти полному выпадению из состава фитоценоза, чему способствовала и неполночленность возрастного состава. Возросла плотность ценопопуляций видов, отсутствующих на первых этапах демутации, в том числе и *Veronica sclerophylla*, относящейся к инвазионному типу (в составе ценопопуляции, характеризующейся левосторонним возрастным спектром, представлены особи до зрелого генеративного состояния).

Исследованные демутационные участки в окрестностях с. Ларино, которые вследствие хозяйственного использования были практически лишены растительного покрова, в настоящее время находятся на типчаковой стадии демутации (ассоциация *Festucetum* (*valesiacae*) *bellevaliosum* (*sarmaticae*). Судя по изменениям, произошедшим в структуре ценопопуляций видов степных фитоценозов, можно предположить, что процессы демутации в данном случае зашли несколько дальше, чем в предыдущем случае. Ценопопуляция эдификатора на данном этапе своего развития относится к нормальной, молодой неполночленной, возрастной состав которой характеризуется подавляющим господством виргинильных особей, в несколько меньшем количестве представлены имматурные растения. Подобная ситуация говорит о наличии интенсивного семенного возобновления, наличии благоприятных условий прорастания и приживания подроста, что способствует дальнейшему укреплению положения данного вида в фитоценозе, а также захвату им новых территорий в будущем.

Гораздо более устойчивое положение в данном растительном сообществе занимают ценопопуляции видов степного разнотравья, чем в предыдущих фитоценозах, в том числе и ценопопуляция *Bellevalia sarmatica*, играющая роль субдоминанта. Данная ценопопуляция относится к нормальной молодой полночленной, в возрастном составе которой основная масса приходится на генеративные растения. Также в данном фитоценозе отмечен ряд видов, ценопопуляции которых характеризуются низкой плотностью, и уже относятся к нормальным стареющим неполночленным (*Marrubium praecox, Phlomis tuberosa, Stachys transsylvanica, Salvia tesquicola*), что свидетельствует о постепенном вытеснении их из сообщества (рис. 4-5).

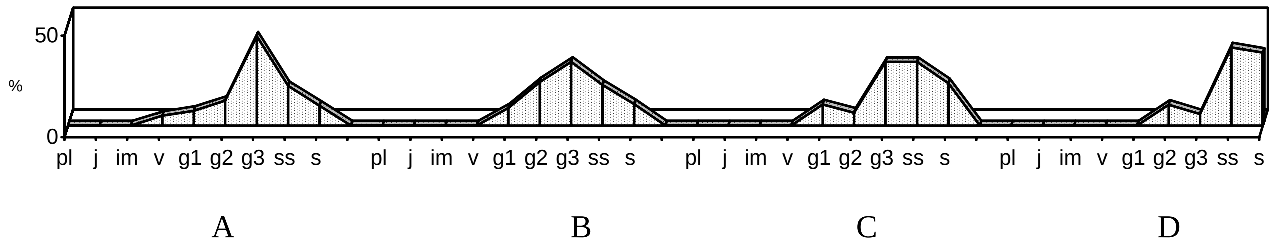


Рис. 4. Возрастные спектры ценопопуляций стержнекорневых видов: А – *Stachys transsylvanica*, В – *Marrubium praecox*, С – *Salvia tesquicola*, D – *Phlomis tuberosa* в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *bellevaliosum* (*sarmaticae*) (типчаковая стадия) (заказник "Ларинский")

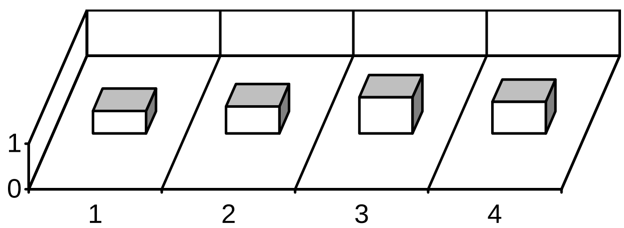


Рис. 5. Плотность ценопопуляций стержнекорневых видов: 1 – *Stachys transsylvanica*, 2 – *Marrubium praecox*, 3 – *Salvia tesquicola*, 4 – *Phlomis tuberosa* в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *bellevaliosum* (*sarmaticae*) (типчаковая стадия); по оси ординат – плотность особей ценопопуляции (особь/м^2) (заказник "Ларинский")

Исследованный фитоценоз является примером довольно быстрого восстановления степной растительности, причиной которого являются близкое расположение слабо нарушенных фитоценозов, состав почвы (чернозем), а также сохранение слабой антропогенной нагрузки (регулированный выпас, проводимый на данном участке) [10]. В противном случае формирование вторичной целины может затягиваться на неопределённо долгий период времени (а возможно, как отмечается многими авторами, и вообще не осуществиться), т.е. процесс демутации может идти в направлении изменений фитоценотических отношений между корневищными и корнеотпрысковыми растениями – основными компонентами травостоя залежи на стадии корневищных злаков. Но это вовсе не означает, что плотнодерновинные злаки, в частности виды родов *Festuca* и *Stipa*, в таких условиях совсем отсутствуют. Их проникновение возможно, как и возможно формирование фитоценозов с их доминированием, но в фитоценотическом отношении данные виды могут оказаться не на высоте, и развитие может осуществляться в дальнейшем по схеме резерватогенных изменений (формирование разнотравно-корневищных фитоценозов, особенно на участках с абсолютно заповедным режимом). Возможно, это и явилось причиной длительного пребывания некоторых степных участков на стадии длиннокорневищных злаков, которые почти не подвергаются какой-либо антропогенной нагрузке (демутационный участок, принадлежащий территории парка "Святые Горы" возле искусственных лесонасаждений).

На данной залежи сформировалось бурьянно-пырейное сообщество, степные виды встречаются редко, располагающиеся контагиозно. Местами встречаются довольно обширные пятна *Bromopsis inermis* и *Poa angustifolia*. Тем не менее, в данном фитоценозе уже встречаются разновозрастные особи *F. valesiaca*, составляющие ещё немногочисленную (плотность особей 2,7 ± 0,4 особь/м^2) инвазионную ценопопуляцию, что свидетельствует о начале следующей стадии демутации.

Наиболее близким к стадии вторичной целины является участок на территории РЛП "Донецкий кряж". Здесь всё ещё встречаются корневищные злаки, но уже существенной роли они не играют. Господство принадлежит *F. valesiaca*, ценопопуляция которой является нормальной зрелой полночленной (рис. 6), что, как и высокая плотность (8,9 ± 1,1 особь/м^2), свидетельствуют о её устойчивости в фитоценозе, что в свою очередь оказывает сильное трансформирующее воздействие на среду, а, следовательно, на структуру ценопопуляций видов, составляющих данное растительное сообщество, на его структуру в целом, в то время как ценопопуляция *Stipa capillata* на данном этапе развития принадлежит к разряду молодых неполночленных, что обусловливает пока ещё подчинённое положение данного вида в ценозе (плотность – 4,3 ± 1,0 особь/м^2).

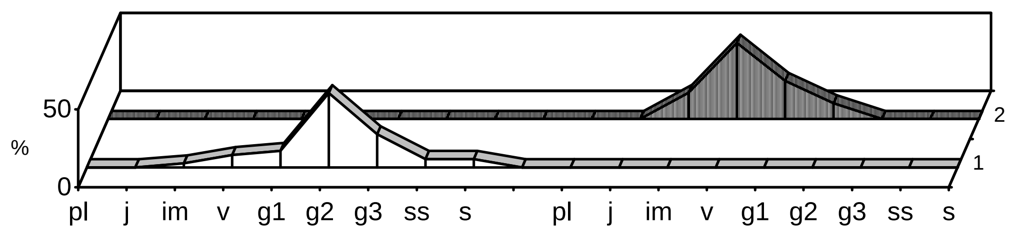


Рис. 6. Возрастные спектры ценопопуляций плотнодерновинных злаков в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *stiposum* (*capillatae*) (типчаковая стадия), 1 – *Festuca valesiaca*, 2 – *Stipa capillata* (РЛП "Донецкий кряж")

Данные ценопопуляции *F. valesiaca* и *S. capillata* являются наиболее устойчивыми по сравнению с другими ценопопуляциями типичных степных видов в ранее рассмотренных сообществах, в их составе представлены в большем количестве наиболее развитые генеративные растения, ответственные за дальнейшее будущее этих видов. Дальнейшему укреплению положения степных видов в восстанавливающихся сообществах способствует пребывание подавляющего количества особей, составляющих первый класс виталитета (рис. 7), на которых лежит основная ответственность за эффективное размножение и которые характеризуются повышенной устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям.

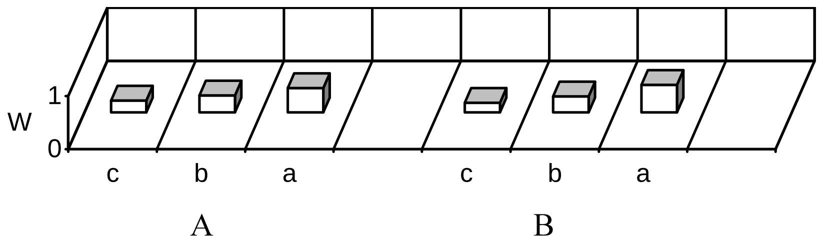


Рис. 7. Виталитетные спектры ценопопуляций плотнодерновинных злаков в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *stiposum* (*capillatae*) (типчаковая стадия); А – *Festuca valesiaca*, В – *Stipa capillata*; W – встречаемость,"с" – низший класс, "b" – средний класс, "а" – высший класс (РЛП "Донецкий кряж")

Это служит свидетельством того, что развитие исследованных ценопопуляций степных растений может осуществляться в дальнейшем в направлении упрочнения их положения и последующего захвата новых территорий в результате пополнения состава молодыми растениями вследствие успешного размножения.

Увеличение плотности, особенности размножения и распространения зачатков привели к формированию контагиозного типа размещения особей в ценопопуляциях не только эдификаторов, но и сопутствующих видов. Также не последнюю роль в формировании горизонтальной структуры играют внутривидовые и межвидовые взаимоотношения растений в формирующемся сообществе, на развитие которых оказывают воздействие колебания микроусловий, в том числе и неоднородность эдафических факторов. Одной из основных черт горизонтальной структуры исследованных ценопопуляций степных видов, как было отмечено, является контагиозность размещения особей (табл. 1).

Возможно причиной формирования этого является пребывание растений на стадиях, когда ещё сохраняет своё действие "эффект группы", функционирующий по принципу взаимоблагоприятствования, что позволяет молодым растениям с большим успехом противостоять неблагоприятным воздействиям окружающей среды и полнее использовать её ресурсы. В дальнейшем, по мере увеличения плотности и размера растений, с возрастом, в сообществе может возникнуть пороговая плотность, при которой начнёт проявляться "эффект плотности", что приводит к изреживанию сообщества и достижению оптимальной плотности особей, соответствующей потенциальным возможностям конкретного экотопа [7, 8]. С усилением дифференциации и отпада растений может произойти перераспределение групп по площади, измениться их размеры, контуры, т.е. осуществиться смена характера размещения особей по мере формирования горизонтальной структуры сообщества. Сохранение характера группового размещения особей в ценопопуляциях степных видов, особенно эдификаторов, на данном этапе развития может быть результатом того, что ни сами особи не достигли определённых размеров по мере своего развития, чтобы оказывать конкурентное воздействие друг на друга, ни сама плотность ценопопуляций не достигла значения, предшествующего началу процессов самоизреживания и стабилизации.

Таблица 1

Пространственная структура ценопопуляций типично степных видов в фитоценозах на разных стадиях демутации

Место-нахождение	Ассоциация, стадия демутации	Вид				
		Festuca rupicola	*Festuca valesiaca*	*Stipa capilatta*	*Veronica sclerophylla*	*Bellevalia sarmatica*
урочище "Песковатый лес"	*Elytrigietum* (*repentis*) *bromopsiosum* (*inermis*) (пырейная)	–	4,1*	–	–	–
	Festucetum (*valesiacae*) *bromopsiosum* (*ripariae*) (типчаковая)	–	5,3	–	–	–
	Festucetum (*valesiacae*) *festucosum* (*rupicolae*) (типчаковая)	3,6	2,1	–	4,8	–
заказник "Ларинский"	*Festucetum* (*valesiacae*) *bellevaliosum* (*sarmaticae*) (типчаковая)	–	3,8	–	–	3,5
НПП "Святые Горы"	*Elytrigietum* (*inermis*) *poosum* (*angustifoliae*) (пырейная)	–	5,7	–	–	–
РЛП "Донецкий кряж"	*Festucetum* (*valesiacae*) *stiposum* (*capillatae*) (типчаковая)	–	2,6	3,1	–	–

Примечание. * – поданы значения отношения дисперсии к средней, $\frac{\sigma^2}{\overline{m}} = 1,0$ – случайное размещение, $\frac{\sigma^2}{\overline{m}} < 1,0$ – регулярное размещение, $\frac{\sigma^2}{\overline{m}} > 1,0$ – контагиозное размещение особей.

Вероятно, в случае исследования пространственной структуры ценопопуляций модельных степных видов в ассоциации *Festucetum* (*valesiacae*) *bellevaliosum* (*sarmaticae*) (заказник "Ларинский") мы сталкиваемся с ситуацией, когда ещё не достигнута пороговая плотность и не вступили в силу конкурентные отношения, способствующие изреживанию и возможному перераспределению растений по площади (в период исследования плотность ценопопуляции *Festuca valesiaca* составляла 5,6 ± 1,2 особь/м^2). По сравнению с данной популяцией популяция *Bellevalia sarmatica* занимает несколько менее прочное положение в исследованном растительном сообществе. К тому же высокая плотность ценопопуляции сопутствующего вида (4,3 ± 1,6 особь/м^2), который в сложившихся степных фитоценозах представлен не так массово, может означать, что на данном этапе восстановления и в данном случае не вступили в полную силу действия ни внутривидовые, ни межвидовые конкурентные отношения в результате сохранения всё ещё большого количества участков, остающихся пустыми, и недостаточного развития ценопопуляции *F. valesiaca*. Это мешает на данный момент создать сплошное фитогенное поле, характеризуемое сильной напряженностью. Возможно, что и сам вид (*Bellevalia sarmatica*) не достиг пороговой плотности в сообществе в процессе дифференциации особей, что не вызывает возникновения внутривидовых отношений, зачастую приводящих к изреживанию ценопопуляции, способствующее максимально возможному осуществлению видовой функции растений. "Эффект плотности" может проявиться в той или иной степени в течение всего онтогенетического развития растений, но наиболее выражен в период их активного роста. Исследовано также и влияние условий среды, особенно неблагоприятных, приводящих к усилению процессов, провоцирующих проявление в сообществе "эффекта плотности". В таких случаях происходит массовое отмирание угнетённых растений, а также гибель подроста вследствие обострения конкуренции с материнским пологом [7]. В наблюдаемой же ситуации можно предположить, что степные виды, ценопопуляции которых были исследованы, находятся лишь на пороге подобных процессов.

Тем не менее, следует обратить внимание на то, что полное восстановление растительного покрова распаханных участков степи до предшествующего, исходного состояния вряд ли возможно. Даже введение заповедного режима в сообществах не во всех случаях приводит к восстановлению исчезнувших ценопопуляций вследствие того, что её экологическая ниша может оказаться занятой иным, более пластичным видом. Поэтому замещение видов, характерных для первичных сообществ, часто носит необратимый характер. Иначе ведут себя ценопопуляции рудеральных и пасквальных видов. Установление, например, заповедания приводит к смещению максимума в их возрастных спектрах на субсенильные и сенильные группы с изменением типа ценопопуляций на регрессивный. Возрастает смертность особей этих видов, что приводит к снижению плотности ценопопуляций. В их составе начинают преобладать особи не только постгенеративных стадий, обладающие низкой напряженностью фитогенных полей, но и особи, характеризующиеся низким уровнем жизненности. В их сплошном покрове образуются разрывы, в которые и проникают особи видов, составляющие в дальнейшем вторичные фитоценозы. Но в отличие от видов коренных сообществ, сорные не исчезают полностью из их состава, а сохраняются на чрезвычайно низком уровне численности. Ценопопуляции таких видов способны к быстрому восстановлению своей структуры до оптимального состояния при благоприятных обстоятельствах (режим антропогенного воздействия) [10].

Выводы

Прослежена цепь демутационных изменений фитоценозов на ценопопуляционном уровне, приводящих к восстановлению уничтоженной деятельности степной растительности. Развитие исследованных ценопопуляций осуществляется в направлении упрочнения их положения в сообществах. Стадия вторичной целины может оказаться не последней: при полном исключении воздействия антропогенных факторов могут возникать изменения резерватогенного характера, сильно отражающиеся и перестраивающие популяционную структуру фитоценозов, что ведёт к формированию корневищных сообществ. Сохранение некоторого антропогенного воздействия ведёт к более быстрому формированию вторичной целины, восстановлению фитоценозов, подобных исходным и стабилизирует их структуру посредством закрепления в них ценопопуляций типичных степных видов, в особенности эдификаторов, образующих их основу.

Список литературы

1. *Василевич В. И.* Статистические методы в геоботанике. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
2. *Злобин Ю. А.* Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1989. – 146 с.
3. *Заугольнова Л. Б.* Пространственная структура и взаимоотношения ценопопуляций некоторых степных злаков // Бюл. Моск. об-ва испытат. природы. Отд. биологии. – 1982. – 87, вып. 2. – С. 68-81.
4. *Миркин Б. М., Розенберг Г. С.* Фитоценология. Принципы и методы. – М.: Наука, 1978. – 212 с.
5. *Работнов Т. А.* Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – 1950. – Вып. 6. – С. 5-197.
6. *Смирнова О. В.* Структура травяного покрова широколиственных лесов. – М.: Наука, 1987. – 208 с.
7. *Титов Ю.В.* Эффект группы у растений. – Л.: Наука, 1978. – 148 с.

8. *Титов Ю. В., Шереметьев С. Н.* Пространственное размещение растений в ценопопуляциях некоторых видов // Бюл. Моск. об-ва испытат. природы. Отд. биологии. – 1984. – 89, вып. 6. – С. 40-51.

9. *Уранов А. А., Смирнова О. В.* Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. Моск. об-ва испытат. природы. Отд. биологии. – 1969. – 74, вып. 1. – С. 119-134.

10. *Царик И. В.* Демутаційні зміни фітоценозу *Rumicetum alpini* в умовах заповідання території // Укр. ботан. журн. – 1986. – 43, № 6. – С. 42-46.

11. *Ценопопуляции* растений (основные понятия и структура) – М.: Наука, 1976. – 216 с.

Ібатуліна Ю. В. **Структура ценопопуляцій модельних степових видів у фітоценозах на різних стадіях демутації. –** Проведено комплексні дослідження на популяційному рівні (вікова, вітілітетна, просторова структура, щільність), що дозволили визначити стан ценопопуляцій модельних степових вдів-едифікаторів і асектаторів у фітоценозах на різних стадіях демутації. Дані дослідження дозволили встановити, що розвиток ценопопуляцій типових степових видів здійснюється у напряму зміцнення їх положення у рослинних угрупованнях.

Ключові слова: демутація, фітоценоз, ценопопуляція, щільність, вікова, вітілітетна, просторова структури.

Ibatulina Yu. V. **Structure of model steppe species cenopopulations in phytocenoses on different levels of demutation. –** Complex investigations were carried out on population level (age, vitality, spatual structure, density). The investigations allowed to define a state of crnopopulations of model steppe species-edificators and species-assectators on different levels of demutation. The data obtained allowed to fix the development of investigated cenopopulations of typical steppe species, which is performed in direction of strengthening their place in plant communities.

Key words: demutation, phytocenose, cenopopulation, density, age, vitality, spatual structures.

УДК 581.526.45

Г. Н. Лысенко

ДИНАМИКА ЭКОТОПИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК "ЯМСКОЙ СТЕПИ" (ЗАПОВЕДНИК "БЕЛОГОРЬЕ", РОССИЯ)

Нежинский государственный университет им. Н. Гоголя; 16602, Черниговская область, г. Нежин, ул. Крапивянского, 2; e-mail: lysenko_gena@yahoo.com

Лысенко Г. Н. **Динамика экотопических характеристик "Ямской степи" (заповедник "Белогорье", Россия).** – Используя метод синфитоиндикации экологических факторов, были рассчитаны величины ряда экологических режимов, характеризующие экотопы отделения "Ямская степь" заповедника "Белогорье" (Российская Федерация) в1936 и 2006 гг. Сравнения полученных результатов позволяет сделать вывод о существенных изменениях величин ряда эдафических факторов (содержания в почве минерального азота и общего солевого режима почв), тогда как величины климатических факторов, за исключением обобщенного терморежима, оставались достаточно стабильными. Указанные изменения вызваны длительным воздействием режимов заповедности.

Ключевые слова: экологические факторы, фитоиндикация, режимы заповедности.

Введение

Степи являются природным зональным биомом, сформировавшимся во внутренне-континентальной умеренной зоне в условиях недостаточного увлажнения. В пределах Евразии они представлены большой Степной областью, которая простирается от Среднедунайской низменности до Маньчжурии. В этом гигантском пространстве Среднерусские луговые степи занимают западную часть, что значительно отличает их от континентальных степей Азии [1, 3, 5, 7, 12].

Согласно ботанико-географического районирования [6], отделение заповедника "Белогорье" – "Ямская степь" расположено в пределах Среднерусской лесостепной подпровинции, Восточноевропейской лесостепной провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти степной области Евразии. В этой подобласти большие площади заняты черноземами: выщелоченными, мощными, тучными, типичными (обыкновенными). Как правило, они лишены засоления на глубину первых двух метров.

Ранее в степных сообществах господствовали виды рода *Stipa* L. (*Stipa pennata* L. s. str., *S. capillata* L., *S. tirsa* Stev., *S. pulcherrima* C. Koch и др.). Из мелкодерновинных злаков приводятся виды рода *Festuca* L. (*Festuca valesiaca* Gaud., *F. rupicola* Heuff.), а также характерные виды из родов *Poa* L., *Koeleria* Pers., *Helictotrichon* Bess., *Bromopsis* Fourr. и обязательного компонента луговых степей, осоки *Carex humilis* Leys.

В настоящее время Среднерусская лесостепь целиком распахана за исключением немногих заповедных участков, очень небольших по площади, входящих в состав Центрально-Черноземного заповедника и заповедника "Белогорье". Для флористического состава этих степей характерно смешение ряда западных и восточных видов. Так, в составе луговых степей помимо *Festuca valesiaca, F. rupicola, Stipa capillata, Stipa pennata* большую роль играет *Bromopsis riparia* (Rehm.) Holub – причерноморский вид. В настоящее время на плакорных степях при соблюдении абсолютно заповедного режима господствуют не дерновинные злаки, а мезофитные корневищные злаки из родов *Calamagrostis* Adans., *Elytrigia* Desv., *Arrhenatherum* Beauv., что является результатом резерватогенной сукцессии. Кроме того, на динамику растительного покрова "Ямской степи" значительное влияние оказывает антропогенный пресс, проявляющийся во влиянии отстойников Лебединского горно-обогатительного комбината, расположенные в непосредственной близости от границ заповедника в пределах его охранной зоны.

Практическая постановка вопроса спасения степей предполагает многоаспектный подход, поэтому нами использован новый метод исследования смен растительного покрова, базирующийся на методе фитоиндикации экологических факторов [4]. Использование данного метода дает возможность более глубоко интерпретировать визуально наблюдаемые смены степных эдификаторов и сопутствующего им типичного степного разнотравья, основываясь на изменениях величин ряда лимитирующих экологических факторов.

Материал и методы исследований

Полевые исследования проводились в июле 2006 г., во время которых в заповеднике "Ямская степь" была произведена серия геоботанических описаний аровых площадок. При этом описания осуществлялись с учетом максимального экотопического разнообразия в пределах участков с различными режимами заповедания (абсолютно заповедном и сенокосном), а также в лесных сообществах, расположенных в пределах заповедника. Всего было произведено 116 геоботанических описаний, подвергнутых анализу.

Камеральная обработка заключалась в формировании компьютерной базы описаний растительности с последующим расчетом величин ряда экологических режимов с использованием метода синфитоиндикации экологических факторов (программа Sphyt, разработанная в отделе экологии фитосистем Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины) [4]. Суть метода заключается в том, что распределение оптимумов растений в пределах амплитуды толерантости к факторам среды подлежит закону нормального распределения Лапласа-Шарлье. Этот означает, что средне арифметическое такого распределения практически совпадает с медианой и модой. Сказанное позволяет рассчитать средние значения экологических режимов по формуле

$$y = \sum \frac{x_i}{n},$$

где x_i – средняя амплитуда толерантнгости каждого вида, входящего в геоботаническое описание, а n – количество видов в описании.

Полученные данные были статистически обработаны. Рассчитаны основные статистические показатели (среднее арифметическое и его ошибка, среднее квадратичное отклонение, экстремумы) целого ряда экологических режимов.

Для определения условий местопроизрастаний в 1936 г. были использованы геоботанические описания В. М. Покровской [9].

Результаты и их обсуждение

На момент исследований в растительном покрове "Ямской степи" из ковылей преобладали *Stipa pennata* и *S. tirsa*. Среди овсяниц – *Festuca pseudoovina* Hack. ex Wiesb., тогда как *Festuca valesiaca* встречается значительно реже. *Carex humilis* достаточно обычный компонент косимых участков степи, в то время как на абсолютно заповедных встречается крайне редко. Плакоры и пологие склоны различных экспозиций, как правило, заняты сообществами с доминированием *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski. В пределах абсолютно заповедных участков значительную ценотическую роль в травостое играет *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. В тоже время необходимо отметь, что дерновинно-злаковые сообщества продолжают преобладать на участках с сенокосным режимов использования. Отмечается начало экспансии одного из луговых злаков-интродуцентов (*Arrhenatherum elatior* (L.) J. et C. Presl) в растительных сообществах участков с различными режимами использования.

Следует отметить, что на момент описания "Ямской степи" В. М. Покровской (1936 г.) [9], в растительном покрове преобладали сообщества с доминированием *Agrostis vinealis* Schreb., *Helictotrichon pubescens* (Huds.) Pilg., *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Stipa tirsa*, содоминантами нижнего яруса выступали – *Carex humilis*, *C. praecox* Schreb., *C. michelii* Host, из бобовых часто встречались – *Trifolium montanum* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Medicago romanica* Prod. Проведенные в 1966 г. (через 40 лет) повторные описания данного участка В. М. Покровской и Н. А. Прозоровским [10] свидетельствуют о сокращении встречаемости ксеромезофитных злаков и значительном (более чем на половину) увеличении встречаемости лугово-степных и луговых видов.

Во время картирования растительности "Ямской степи" Ю. Н. Нешатаевым и В. Д. Собакинских в 1978 г. уже было отмечено исчезновение низкоосоковой ассоциации, хотя ценотическая роль дерновинных злаков еще была достаточно высока. Вместе с тем, упомянутые исследователи зафиксировали существенное преобладание сообществ с доминированием *Bromopsis riparia* и *Helictotrichon pubescens* над всеми остальными при нарастающей экспансии *Elytrigia intermedia*.

Результаты исследований Б. К. Ганнибала и Н. М. Калиберновой (2002 г.) [2] свидетельствуют о продолжающемся распространении фитоценозов с доминированием *Bromopsis riparia,* в которых содоминантами являются *Stipa pennata*, *S. tirsa*, *Festuca pseudoovina* а также ряд новых лугово-степных и луговых фитокомпонентов – *Elytrigia intermedia*, *Dactylis glomerata* L. и *Calamagrostis epigeios*.

Таким образом, за 70 лет влияния заповедного режима растительный покров "Ямской степи" претерпел достаточно существенные фитоценотические изменения. В тоже время, как указывает М. Л Зайцев [5], ссылаясь на данные Н. И. Золотухина, в целом в резерватных центрально-черноземных степях не происходит флористического обеднения травянистых сообществ, а их прогрессирующее олуговение просто приводит к снижению ценотической значимости большинства типичных степных видов.

Нашей же основной задачей было проведение сравнительной оценки экотопических характеристик заповедника в 1936 и 2006 гг. С этой целью были сформированы две выборки данных. Предварительный анализ результатов фитоиндикационных расчетов двух выборок (1936 и 2006 гг.) позволяет утверждать о наиболее существенных изменениях средних величин ряда экологических факторов, прежде всего эдафических: содержания минерального азота в почвах (Δ = 0,25 балла) и общего солевого режима (Δ = 0,13 балла). Из климатических факторов наибольшими разностями средних характеризуются морозность климата (0,16 балла) и его обобщенный терморежим (0,13 балла). Достаточно консервативными оставались: кислотность почв (0,05 балла), содержания в них соединений кальция (0,07 балла), влажность почв (0,07 балла), гумидность (0,09 балла) и, особенно, континентальность климата (0,03 балла).

Величины экологических режимов экотопов "Ямской степи" на период исследований иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Основные статистические показатели (в баллах) величин экологических факторов, характеризующие экотопы "Ямской степи" в 2006 г.

№ п/п	Экологический фактор	Статистические показатели					
		X	x	σ	min	max	max-min
1	Rc	8,51	0,02	0,17	8,12	8,79	0,67
2	Tr	7,87	0,01	0,20	6,87	8,18	1,31
3	Nt	5,08	0,04	0,37	4,68	7,41	2,73
4	Hd	9,28	0,05	0,54	8,84	11,72	2,88
5	Tm	8,50	0,02	0,19	8,05	8,92	0,87
6	Kn	8,71	0,02	0,18	8,30	9,10	0,80
7	Om	7,23	0,02	0,18	6,93	7,84	0,91
8	Cr	7,79	0,02	0,21	7,34	8,37	1,03
9	Ca	8,52	0,04	0,42	6,48	9,21	2,73

Примечание (здесь и для табл. 2): Rc – кислотность почв, Tr – общий солевой режим почв, Nt – содержание в почвах минерального азота, Hd – влажность почв, Tm – обобщенный терморежим, Kn – континентальность климата, Om – гумидность климата, Cr – морозность климата, Ca – содержание в почвах соединений кальция.

Величины экологических режимов экотопов "Ямской степи" в 1936 г. иллюстрирует табл. 2.

Таблица 2

Основные статистические показатели (в баллах) величин экологических факторов, характеризующие экотопы "Ямской степи" в 1936 г.

№ п/п	Экологический фактор	Статистические показатели					
		X	x	σ	min	max	max-min
1	Rc	8,56	0,01	0,08	8,43	8,75	0,32
2	Tr	7,70	0,02	0,08	7,51	7,80	0,29
3	Nt	4,83	0,01	0,07	4,71	4,98	0,27
4	Hd	9,35	0,02	0,09	9,18	9,56	0,38
5	Tm	8,37	0,02	0,07	8,25	8,51	0,26
6	Kn	8,68	0,02	0,11	8,51	8,92	0,41
7	Om	7,32	0,02	0,09	7,18	7,55	0,37
8	Cr	7,63	0,03	0,12	7,42	7,92	0,50
9	Ca	8,59	0,04	0,19	8,19	8,91	0,72

Абсолютные показатели рассчитанных фитоиндикационных значений соответствуют величинам экологических режимов, характерных для данной природно-климатической зоны.

С целью сравнения величин экологических режимов экотопов, занимаемых дерновинно-злаковыми и корневищно-злаковыми сообществами, нами были дополнительно сформированы две выборки, для которых также были рассчитаны основные статистические показатели. Первая группа объединяет формации дерновинных злаков (Stipeta tirsae, Stipeta pennatae, Stipeta pulcherrimae и Festuceta pseudoovinae), вторая – формации корневищных злаков (Poeta angustifoliae, Elytrigieta intermediae, Bromopsideta inermis, Arrhenathereta elatii, Calamagrostideta epigeioris) и кустарниковых степей (Chamaecytiseta ruthenicae). Кроме того, для сравнения приведены величины экологических режимов, характеризующие лесные экотопы (формация Quercuseta roboris). Результаты статистических расчетов некоторых из исследуемых экологических факторов иллюстрируют табл. 3-8.

Таблица 3

Статистические показатели (в баллах) величин обобщенного терморежима (Tm) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	8,64	0,12	0,21	8,40	8,79
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	8,56	0,03	0,17	8,25	8,86
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	8,47	0,04	0,20	8,05	8,87

Закономерным оказалось распределение средних величин, минимальных и максимальных значений обобщенного терморежима климата (см. табл. 3). Наивысшими значениями характеризуются лесные сообщества, за которыми следуют фитоценозы с доминированием дерновинных злаков. Корневищно-злаковые сообщества занимают экотопы с наименьшими значениями Tm.

Таблица 4

Статистические показатели (в баллах) величин влажности почв (Hd) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	11,19	0,41	0,71	10,39	11,73
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	9,12	0,03	0,16	8,85	9,44
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	9,47	0,06	0,32	8,88	10,13

Относительно влажности почв (см. табл. 4), анализируемые группы формаций иллюстрируют обратно пропорциональную зависимость. Наименее обеспеченными почвенной влагой оказались экотопы под дерновинно-злаковыми сообществами, тогда как дубравы занимают местообитания с максимальными показателями Hd. Корневищно-злаковые формации занимают промежуточное положение.

Таблица 5

Статистические показатели (в баллах) величин содержания минерального азота (Nt) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	6,07	0,31	0,53	5,50	6,55
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	4,97	0,02	0,10	4,68	5,15
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	5,15	0,03	0,19	4,86	5,57

Наиболее обеспеченными минеральным азотом являются лесные формации (см. табл. 5), тогда как экотопы под травянистой растительностью характеризуются средними величинами, которые почти на 1 балл ниже таковых лесных. Вместе с тем, дерновинно-злаковые сообщества занимают местообитания, почвенные разности которых наименее обеспечены азотом.

По фактору кислотности почв (см. табл. 6) все экотопы "Ямской степи" характеризуются близкой к нейтральной реакции почвенного раствора. Однако почвы под дубравами оказались более кислыми (хотя и очень незначительно), чем почвы под дерновинными злаками. Корневищно-злаковые формации занимают промежуточное положение.

Таблица 6

Статистические показатели (в баллах) величин кислотности почв (Rc) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	8,29	0,11	0,19	8,15	8,50
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	8,58	0,02	0,10	8,42	8,79
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	8,41	0,03	0,18	8,13	8,69

Таблица 7

Статистические показатели (в баллах) величин общего солевого режима почв (Tr) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	7,12	0,25	0,43	6,87	7,62
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	7,86	0,02	0,08	7,74	8,03
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	7,86	0,02	0,10	7,60	8,01

Таблица 8

Статистические показатели (в баллах) величин содержания в почвах соединений кальция (Ca) основных изореагентных групп фитоценозов "Ямской степи"

№ п/п	Формация	Статистические показатели				
		X	x	σ	min	max
1	Сообщества с доминированием *Quercus robur* L.	7,34	0,36	0,62	6,72	7,56
2	Сообщества с доминированием дерновинных злаков	8,63	0,02	0,13	8,36	8,88
3	Сообщества с доминированием корневищных злаков	8,39	0,05	0,29	7,63	8,83

Как видно из табл. 7, средние показатели общего солевого режима почв экотопов как под дерновинно- так и под корневищно-злаковыми формациями характеризуются одинаковыми величинами, тогда как для дубрав величины Tr несколько ниже.

Содержание соединений кальция в почве (см. табл. 8) отражает общую закономерность, а именно: наибольшие значения по данному фактору характерны для экотопов с доминированием дерновинных злаков, тогда как почвы дубравы характеризуются наименьшими показателями карбонатности почвы. Сообщества корневищных злаков занимают промежуточное положение. На эту специфику степных почв и общую кальцефильность степного типа растительности в свое время указывал Д. И. Сакало [11].

Выводы

1. Сравнение результатов фитоиндикационных расчетов двух выборок (1936 и 2006 гг.) позволяет утверждать о наиболее существенных изменениях средних величин ряда экологических факторов, прежде всего эдафических: содержания минерального азота в почвах и общего солевого режима.

2. Из климатических факторов наибольшими разностями средних характеризуются морозность климата и его обобщенный терморежим.

3. Достаточно консервативными оставались: кислотность почв, содержания в них соединений кальция, влажность почв, гумидность и, особенно, континентальность климата (0,03 балла).

4. Направление изменения всех остальных исследуемых экофакторов полностью совпадает с такими, какие характерны для ряда других степных заповедников ("Михайловской целины" (Сумская область) [8], "Стрельцовской степи" (Луганская область), "Каменных Могил" и "Хомутовской степи" (Донецкая область) и пр.), что доказывает идентичность автогенетических сукцессий (естественно, при сохранении индивидуальной специфики) растительного покрова заповедников лесостепной и степной зон.

5. С целью проведения длительного мониторинга как структурных изменений растительного покрова заповедника "Ямская степь", так и связанных с ними изменений величин экологических характеристик местопроизрастаний необходимо заложить 20-30 постоянных учетных площадок, геоботанические описания которых проводить бы ежегодно. Площадки должны находиться в пределах участков с различными режимами заповедания: сенокосном и абсолютно заповедном.

Список литературы

1. *Алехин В. В.* Центральночерноземные степи. – Воронеж, 1934. – 96 с.

2. *Ганнибал Б. К., Калибернова Н. М.* Повторная инвентаризация растительного покрова "Ямской степи" (заповедник "Белорорье") через 25 лет: первые итоги // Мат. симп. "Степи Северной Евразии (эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования)". – Оренбург, 2003. – С. 139-142.

3. *Гроссет Г. Э.* Лес и степь в их взаимоотношениях в пределах лесостепной полосы Восточной Европы. – Воронеж: Изд-во облплана ЦЧО, 1930. – 93 с.

4. *Дідух Я. П., Плюта П. Г.* Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.

5. *Зайцев М. Л.* О происхождении и современном состоянии степных экосистем юга Среднерусской возвышенности // Мат. IV междунар. симп. "Степи Северной Евразии" / Под науч. ред. А. А. Чибилева. – Оренбург: ИПК "Газпромпечать" ООО "Оренбурггазпром-сервис", 2006. – С. 263-267.

6. *Лавренко Е. М.* Степи СССР // Растительность СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – С. 1-265.

7. *Лавренко Е. М., Карамышева З. В., Никулина Р. И.* Степи Евразии. – Л.: Наука, 1991. – 146 с.

8. *Лысенко Г. Н.* Влияние абсолютно заповедного режима на изменение гидротермических и эдафических факторов экотопов "Михайловской целины" (Украина) // Степи Евразии: сохранение природного разнообразия и мониторинг состояние экосистем. Мат. междунар. симп. – Оренбург, 1997. – С. 53-54.

9. *Покровская В. М.* Описание растительности Ямской степи // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника им. проф. Алехина. – М., 1940. – С. 369-407.

10. *Прозоровский Н. А., Покровская В .М.* Изменение в растительности Ямской степи (за 1926-1966 гг.) // Труды Центрально-Черноземного заповедника. – 1966. – Вып. 13. – С. 3-11.

11. *Сакало Д. И.* Экологическая природа степной растительности Евразии и её происхождение // Материалы по истории флоры и растительности СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – Вып. 4. – С. 407-425.

12. *Семенова-Тян-Шанская А. М.* Динамика степной растительности (на примере изучения луговых степей и остепненных лугов Центральной лесостепи). – М.; Л.: Наука, 1966. – 174 с.

Лисенко Г. М. **Динаміка екотопічних характеристик "Ямського степу" (заповідник "Білогірр'я", Росія).** – Використовуючи метод фітоіндикації екологічнихї факторів було розраховано величини ряду екологічних режимів, що характеризують екотопи відділення "Ямський степ" заповідника "Білогірр'я" у 1936 та 2006 рр. Порівняння отриманих результатів дозволяє зробити висновок про суттєві зміни величин деяких едафічних чинників (вмісту у ґрунтах мінерального азоту та загального сольового режиму ґрунтів), тоді як величини кліматичних факторів, окрім узагальненого терморежиму, залишались досить стабільними. Вказані зміни викликані тривалою дією режимів заповідання.

Ключові слова: екологічні фактори, фітоіндикація, режими заповідання.

Lysenko H. M. **Dynamics characteristics of ecotopes "Yamskaya step" (reservation "Belogorie", Russia).** – Used of method synphytoindication of ecological factors quantities some ecological regimes (1936 and 2006) of ecotopes of branch reservation "Belogorie" "Yamskaya step" (Russian Federation) were calculated. Comparison results testify about essential changes some edaphic factors (nitrogen and general salt regimes). Climatic factors (with the exception thermal mode) were stability. Resent changes were cause of influence reserve regimes.

Key words: ecological factors, phytoindication, reserve regimes.

УДК 581.44:581.45:582.683.2:581.52 (477.60)

Н. Ю. Любущенко

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ВИДОВ РОДА *LEPIDIUM* L. НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ.

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

Любущенко Н. Ю. **Биоморфологические особенности вегетативных органов видов рода *Lepidium* L. на юго-востоке Украины. –** Рассматриваются вопросы изменчивости морфологических признаков 4 видов рода *Lepidium* L. на юго-востоке Украины. С целью изучения влияния антропогенного фактора на изменчивость количественных признаков исследуемых видов.

Ключевые слова: Lepidium, морфологические признаки, изменчивость.

Введение

За последнее время хозяйственная деятельность человека вызвала непредвиденные изменения растительного покрова и привела к замене на обширных пространствах коренной растительности менее ценными растительными группировками, частично или полностью образованными синантропными видами. Синантропизация флоры, принявшая глобальные масштабы, требует всестороннего изучения антропофильного элемента флоры, без характеристики которого уже невозможна правильная оценка происходящих изменений. В условиях нарастающего антропогенного прессинга развитие синантропной флоры и ее роль в дальнейшем преобразовании окружающей природной среды заслуживает особого внимания [1, 5].

Род *Lepidium* L. относится к семейству Brassicaceae Burnett. Семь видов рода являются представителями синантропной фракции флоры юго-востока Украины [3]. Исследование видов рода *Lepidium* имеет большое практическое значение, так как помимо вреда, который наносят некоторые виды как злостные сорняки, отдельные виды данного рода представляют в практическом отношении несомненный интерес. Многие его представители используются как ценнейшие пищевые, кормовые, жиромасличные, лекарственные и медоносные растения [5]. Получение глубоких знаний об их биологических свойствах и особенностях распространения позволит выделить виды, обладающие полезными свойствами.

Целью исследований является изучение изменчивости количественных морфологических признаков некоторых видов рода *Lepidium* на территории юго-востока Украины.

Материалы и методы исследований

Объектами наших исследований были 4 вида рода *Lepidium*: *L. campestre* (L.) R. Br., *L. ruderale* L., *L. densiflorum* Schrad, *L. perfoliatum* L.

Исследования проводились на территории юго-востока Украины маршрутным способом, отбор образцов видов растений для морфологического изучения осуществляли в следующих местонахождениях:

L. campestre: Донецкая область, пгт. Великая Новоселовка, возле жилых домов; г. Донецк, железнодорожная станция; Донецкая область, г. Авдеевка, коксохимический завод; Велико-Анадольский лес; Донецк, шахта "Бутовка-Донецкая"; г. Донецк, парк им. Ленинского комсомола.

L. densiflorum: Донецкая область, г. Макеевка, ОАО "Макеевский металлургический завод им. Кирова"; участок железной дороги "Донецк – Ясиноватая"; г. Донецк, террикон шахты им. Кирова; Донецкая область, пос. Дроновка, вдоль железнодорожного полотна; Донецкая область, Амвросиевский район, пос. Успенка, у жилья.

L. ruderale: Донецкая область, Амвросиевский район, пос. Кутейниково, огород; г. Донецк, металлургический завод; Донецкая область, Славянский район, национальный природный парк "Святые горы"; г. Донецк, "Путиловский парк"; Донецкая область, г. Мариуполь, вдоль автодороги.

L. perfoliatum: Донецкая область, пос. Моспино, возле жилых домов; Донецкая область, г. Авдеевка, вдоль автодороги; г. Донецк, терриконы шахты им. Горького.

Были изучены следующие морфологические признаки: высота растения, количество побегов, количество листьев, диаметр розетки, количество и параметры розеточных листьев (длина и ширина листа, длина черешка), параметры среднестеблевых и верхнестеблевых листьев. Значения морфологических признаков рассчитывали по выборкам, не менее 30 растений в каждой выборке. Измерения проводились с помощью измерительной линейки (ГОСТ 17435-72). Результаты измерений обрабатывали статистическими методами с помощью пакета прикладных программ Excel [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Далее остановимся на описании биоморфологических признаков растений видов рода *Lepidium*, которые произрастают на территории юго-востока Украины. Обобщающая информация, касающаяся значений основных морфологических признаков, приведена в таблицах.

L. campestre (клоповник полевой) – однолетнее или двулетнее травянистое растение. Растение сероватого оттенка от короткого опушения. Стебли прямостоячие, 15-50 см высотой, вверху разветвленные. Прикорневые листья собраны в розетку, черешковые, выемчато-зубчатые или лировидные, во время цветения отмирают. Средние и верхние листья при основании стреловидные, с тупыми ушками, более или менее стеблеобъемлющие. Цветоножки опушенные или почти голые. Лепестки 2,0-2,5 мм в длину и в 1,5 раза превышают чашечку. Цветки мелкие, белые, стручочек яйцевидно-овальный, 5 мм в длину и 4 мм в ширину, на верхушке с выемкой, крылатый. На территории юго-востока Украины встречается повсеместно, преимущественно на нарушенных землях, по склонам, вдоль дорог, на полях, на пустырях, на железнодорожных насыпях, у жилья.

При изучении количественных морфологических признаков вегетативных органов вида *L. campestre* было установлено, что наибольший коэффициент вариации наблюдается у признака "количество побегов" (47,01% в выборке № 6 и 53,53% в выборке № 1). Для остальных признаков он не превышает 36% (табл. 1).

L. densiflorum (клоповник густоцветковый) – однолетнее или двулетнее травянистое растение. Стебель прямостоячий 10-45 см высотой, покрытый короткими головчатыми волосками, видными только под лупой. Нижние листья продолговатые, перисто-надрезанные или перисто-рассеченные на цельные или надрезанно-зубчатые доли. Верхние и средние листья линейные, цельнокрайние или у верхушки крупнопильчато-зубчатые. Чашелистики овальные, опадающие, на спинке волосистые, с белыми краями. Лепестки короче чашечки, обычно рудиментарные, нитевидные. Тычинки в числе двух-четырех. Верхушечные плодоносящие кисти удлиненные, рыхлые; пазушные кисти короткие и густые. Цветоножки тонкие, покрыты очень короткими волосками. Стручочки округло-эллиптические, сплюснутые, около 3 мм длиной, с небольшой выемкой на верхушке и очень коротким остатком столбика. Створки стручочка в верхней части с очень узким крылом. Распространен на сорных местах, вдоль автодорог, на улицах населенных пунктов, на солонцеватых почвах, сбитых выпасом пастбищах, реже на полях, в степи, распространяется вдоль железнодорожного полотна. Адвентивное растение – родина Северная Америка [3].

Таблица 1

Средние значения изменчивости морфологических признаков вегетативных органов *Lepidium compestre* (L.) R. Br. на юго-востоке Украины

Признаки		Местонахождения					
		1*	2	3	4	5	6
		M±m** CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %
Высота, см		48,7±0,37 4,11	55,40±1,65 16,33	38,13±1,54 22,15	44,56±0,94 11,568	32,99±,88 31,25	48,9±2,13 23,88
Количество побегов, шт.***		2,60±0,25 53,53	3,70±0,21 30,50	4,90±0,28 31,69	3,85±0,25 35,03	4,20±0,29 37,53	2,75±0,24 47,01
Количество листьев, шт.		49,20±1,01 11,26	62,10±1,62 14,26	35,80±1,33 20,40	45,45±1,18 14,27	51,65±2,02 21,38	54,75±1,97 19,74
Диаметр розетки, см		13,53±0,27 10,98	17,45±0,26 8,17	11,22±0,13 6,17	14,71±0,26 9,56	12,88±0,37 15,79	14,98±0,36 13,29
Количество листьев в розетке, шт.		8,15±0,36 23,98	7,60±0,41 29,70	8,20±0,42 27,87	7,10±0,31 23,70	9,35±0,53 31,09	7,25±0,29 21,87
Розеточные листья	длина листа, см	6,43±0,13 10,86	8,20±0,16 10,60	7,14±0,10 7,76	7,18±0,15 11,19	7,23±0,20 15,23	7,28±0,19 14,40
	ширина листа, см	2,42±0,05 10,44	2,29±0,07 17,86	2,34±0,05 12,29	2,56±0,07 14,56	2,41±0,07 14,99	2,30±0,05 11,97
	длина черешка,	2,79±0,09 16,93	2,64±0,08 17,38	1,91±0,07 19,14	2,18±0,07 17,13	2,15±0,08 19,12	2,50±0,08 17,74
Среднестеблевые листья	длина листа, см	5,65±0,13 12,43	5,50±0,13 12,94	6,00±0,09 8,16	6,00±0,14 12,92	5,67±0,16 15,68	5,62±0,09 8,60
	ширина листа, см	2,49±0,09 20,65	1,08±0,06 29,86	1,29±0,05 23,18	1,49±0,06 23,96	1,13±0,06 30,13	1,85±0,06 17,80
	длина черешка,	1,91±0,08 24,05	1,01±0,07 35,61	0,95±0,04 22,26	0,87±0,05 29,60	0,82±0,05 33,25	0,97±0,04 24,14
Верхнестеблевые листья	длина листа, см	2,75±0,06 12,51	2,66±0,06 13,13	2,27±0,10 24,26	2,39±0,09 20,58	2,62±0,07 15,50	2,59±0,08 15,99
	ширина листа, см	1,00±0,05 25,96	0,98±0,05 29,91	0,78±0,04 27,41	0,85±0,04 26,18	0,76±0,03 18,96	0,98±0,05 28,60

Примечания:

* 1 – Донецкая область, пгт. Великая Новоселовка, возле жилых домов; 2 – г. Донецк, железнодорожная станция; 3 – Донецкая область, г. Авдеевка, коксохимический завод; 4 – Велико-Анадольский лес; 5 – г. Донецк, шахта "Бутовка-Донецкая"; 6 – г. Донецк, парк им. Ленинского комсомола;

** в числителе M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего арифметического; в знаменателе CV, % – коэффициент вариации;

*** шт. – штук.

Показатель коэффициента вариации для 5 выборки вида *L. densiflorum* не выходил за пределы 32%, кроме признаков "количество побегов" и "ширина верхнестеблевых листьев", которые составили 42,73-52,36 и 43,26%, соответственно (табл. 2).

L. ruderale (клоповник мусорный) – одно- или двулетнее растение высотой 10-30 см, с резким запахом при растирании. Стебель прямостоячий, опушен короткими волосками. Нижние листья двоякоперистые; листочки надрезаны на широколинейные дольки. Верхние и средние листья линейные. Чашелистики с белой каймой. Лепестков нет. Плоды – округло-эллиптические стручочки, с небольшой выемкой на верхушке; створки в верхней части с узким крылом. Произрастает на засоренных и солончаковых землях, полях, огородах, пастбищах, вдоль дорог, в населенных пунктах.

Таблица 2

Средние значения изменчивости морфологических признаков вегетативных органов *Lepidium densiflorum* Schrad. на юго-востоке Украины

Признаки		Местонахождения				
		1	2	3	4	5
		M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %
Высота, см		24,33±0,56 12,67	22,37±0,34 8,40	17,32±0,40 12,71	17,90±0,24 7,38	22,86±0,59 14,10
Количество побегов, шт.		1,45±0,14 52,36	2,15±0,19 48,37	1,25±0,08 35,54	2,70±0,24 49,69	1,40±0,11 42,73
Количество листьев, шт.		34,65±1,18 18,62	41,55±0,82 10,80	42,35±1,31 16,98	32,30±1,06 18,03	32,20±1,16 19,76
Диаметр розетки, см		10,20±0,19 9,99	10,84±0,20 10,08	8,23±0,13 8,93	10,41±0,23 11,95	10,13±0,18 9,94
Количество листьев в розетке, шт.		7,85±0,41 28,72	6,90±0,33 26,14	7,35±0,42 31,30	6,50±0,28 23,68	7,60±0,37 26,80
Розеточные листья	длина листа, см	5,08±0,12 12,78	5,26±0,11 11,43	4,49±0,10 11,87	5,62±0,11 10,66	5,12±0,10 10,86
	ширина листа, см	2,08±0,08 21,83	2,11±0,04 11,29	1,57±0,06 22,26	2,15±0,07 17,54	1,78±0,09 27,50
	длина черешка,	1,05±0,05 26,67	0,70±0,03 21,24	0,68±0,03 23,97	0,62±0,02 18,58	1,04±0,07 39,06
Среднестеблевые листья	длина листа, см	2,46±0,08 17,27	3,24±0,08 14,25	2,84±0,06 11,16	3,69±0,08 11,52	2,43±0,09 20,42
	ширина листа, см	0,82±0,04 29,24	0,85±0,03 20,49	0,94±0,04 24,85	0,88±0,04 26,71	0,90±0,04 26,26
Верхнестеблевые листья	длина листа, см	1,20±0,04 20,04	1,31±0,03 12,79	1,30±0,03 14,71	1,38±0,06 22,37	1,14±0,04 21,06
	ширина листа, см	0,33±0,02 28,01	0,41±0,02 26,13	0,43±0,02 27,39	0,30±0,02 43,26	0,35±0,02 28,95

Примечание. 1 – Донецкая область, г. Макеевка, ОАО "Макеевский металлургический завод им. Кирова"; 2 – участок железной дороги Донецк – Ясиноватая; 3 – г. Донецк, террикон шахты им. Кирова; 4 – Донецкая область, пос. Дроновка, вдоль железнодорожного полотна; 5 – Донецкая область, Амвросиевский район, пос. Успенка, у жилья.

При изучении количественных признаков вида *L. ruderale* было обследовано 5 местообитаний. Признаки "количество побегов", "длина черешка розеточных листьев", "ширина листа среднестеблевых листьев", "ширина листа верхнестеблевых листьев" имели наибольший коэффициент вариации, а именно: 44,33-53,85; 40,42; 46,52-59,67; 40,47-42,73%, соответственно. Остальные параметры не выходили за границу 32% (табл. 3).

L. perfoliatum (клоповник пронзеннолистный) – стебель прямостоячий, 10-40 см высотой, мелкоопушенный, реже голый, разветвленный, густооблиственный, прикорневые листья длинночерешковые, 2-перисто-рассеченные, с узкими линейными долями; средние стеблеобъемлющие, почти сидячие; верхние яйцевидные, островатые, цельные или цельнокрайние, глубокосердцевидные. Лепестки бледно-желтые, около 1 мм длиной. Стручочки округло-эллиптические, 3,5-4,5 мм длиной, вверху почти бескрылые, с небольшой выемкой. Встречается как сорняк на полях, на сорных местах, вдоль автодорог, на сухих склонах.

Среди 3-х изучаемых выборок вида *L. perfoliatum* коэффициент вариации не превышает 29%. За исключением признака "количество побегов", который колеблется в пределах 43,60-48,61% (табл. 4).

Таблица 3

Средние значения изменчивости морфологических признаков вегетативных органов *Lepidium ruderale* L. на юго-востоке Украины

Признаки		Местонахождения				
		1	2	3	4	5
		M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %
Высота, см		30,01±0,70 12,86	17,00±0,41 13,21	33,14±1,62 26,77	42,40±0,63 8,08	23,20±0,70 16,52
Количество побегов, шт.		1,75±0,17 52,03	1,45±0,13 47,33	1,95±0,19 53,85	1,25±0,10 44,01	1,50±0,14 50,73
Количество листьев, шт.		49,6±0,82 9,00	46,65±1,61 18,92	41,85±1,57 20,56	36,40±0,82 12,33	44,90±1,14 13,88
Диаметр розетки, см		11,06±0,15 7,47	9,62±0,11 6,22	10,61±0,19 10,01	9,42±0,10 6,01	10,12±0,11 6,11
Количество листьев в розетке, шт.		8,20±0,36 24,26	9,05±0,48 29,01	5,85±0,33 31,02	4,85±0,22 25,27	4,70±0,21 24,01
Розеточные листья	длина листа, см	5,38±0,10 9,86	4,72±0,07 8,55	5,27±0,10 10,13	4,56±0,06 7,14	5,02±0,05 5,31
	ширина листа, см	2,63±0,08 16,62	2,02±0,06 15,87	2,51±0,09 20,66	1,10±0,03 16,36	1,78±0,05 15,06
	длина черешка, см	1,42±0,07 27,25	1,18±0,05 25,29	1,53±0,06 21,37	0,69±0,05 40,42	0,97±0,03 13,71
Среднестеблевые листья	длина листа, см	2,49±0,07 14,56	2,38±0,08 18,52	2,65±0,07 13,85	2,32±0,06 15,37	2,29±0,06 13,49
	ширина листа, см	0,60±0,05 46,52	0,41±0,04 59,67	0,40±0,02 26,90	0,47±0,02 24,98	0,46±0,02 19,19
Верхнестеблевые листья	длина листа, см	1,07±0,04 20,95	1,07±0,03 17,18	1,06±0,04 21,85	1,12±0,03 15,76	1,09±0,03 13,13
	ширина листа, см	0,14±0,01 36,25	0,14±0,01 36,25	0,15±0,01 40,47	0,14±0,01 42,73	0,15±0,01 41,71

Примечание. 1 – Донецкая область, Амвросиевский район, пос. Кутейниково, огород; 2 – г. Донецк, металлургический завод; 3 – Донецкая область, Славянский район, национальный природный парк "Святые горы"; 4 – г. Донецк, "Путиловский парк"; 5 – Донецкая область, г. Мариуполь, вдоль автодороги.

Таблица 4

Средние значения изменчивости морфологических признаков вегетативных органов *Lepidium perfoliatum* L. на юго-востоке Украины

Признаки		Местонахождения		
		1	2	3
		M±m CV, %	M±m CV, %	M±m CV, %
Высота, см		24,22±0,38 8,53	17,47±0,42 13,31	15,09±0,17 6,24
Количество побегов, шт.		1,20±0,10 43,60	1,40±0,12 48,61	1,6±0,14 47,12
Количество листьев, шт.		26,05±0,70 14,66	26,40±0,89 18,37	21,6±0,62 15,71
Диаметр розетки, см		11,16±0,15 7,48	9,72±0,08 4,64	12,96±0,37 15,63
Количество листьев в розетке, шт.		11,30±0,47 22,99	10,65±0,44 22,44	7,45±0,42 31,24
Розеточные листья	длина листа, см	5,44±0,09 9,30	4,96±0,06 6,81	6,35±0,18 15,78
	ширина листа, см	2,04±0,06 14,98	1,83±0,06 18,35	2,63±0,07 15,46
	длина черешка, см	1,64±0,06 20,55	1,60±0,07 23,56	1,38±0,06 22,75
Среднестеблевые листья	длина листа, см	2,65±0,06 12,78	2,67±0,05 10,56	2,91±0,06 10,45
	ширина листа, см	1,41±0,06 22,21	1,52±0,04 15,78	1,49±0,04 14,86
Верхнестеблевые листья	длина листа, см	1,21±0,04 16,48	1,22±0,03 15,64	1,29±0,04 18,60
	ширина листа, см	0,56±0,02 23,73	0,60±0,03 22,94	0,52±0,03 28,37

Примечание. 1 – Донецкая область, пос. Моспино, возле жилых домов; 2 – Донецкая область, г. Авдеевка, вдоль автодороги; 3 – г. Донецк, терриконы шахты им. Горького.

Выводы

Таким образом, исследования показали, что для всех изучаемых видов рода *Lepidium* наиболее вариабельными оказались параметр "количество побегов" и параметры листьев. Остальные признаки имели низкий или средний уровень изменчивости. Это может свидетельствовать о незначительном изменении морфологических признаков вегетативных органов в популяциях изучаемых видов рода *Lepidium* при различной степени антропогенной нагрузки, а также, о том, что виды данного рода достаточно адаптированы к антропогенному воздействию. Растения, произрастающие на ненарушенных территориях, по структуре морфологических признаков мало отличаются от тех, которые произрастают на антропогенно трансформированных территориях. Это объясняется адаптационной способностью изучаемых видов данного рода.

Список литературы

1. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.

2. *Зайцев Г. Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

3. *Кондратюк Е. Н., Бурда Р. И., Остапко В. М.* Конспект флоры юго-востока Украины. – К.: Наук. думка, 1985. – 272 с.

4. *Определитель* высших растений Украины. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
5. *Протопопова В. В.* Синантропная флора Украины и пути ее развития. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.

Любущенко Н. Ю. **Біоморфологічні особливості вегетативних органів видів роду *Lepidium* L. на південному сході України. –** Розглядаються питання мінливості морфологічних ознак 4-х видів роду *Lepidium* L. на південному сході України. З метою вивчення впливу антропогенного чинника на мінливість кількісних ознак досліджуваних видів.
Ключові слова: Lepidium, морфологічні ознаки, мінливість.

Lubushenko N. Yu. **Biomorphological peculiarities of the vegetative organs of the species of the genus *Lepidium* L. in the south-east of Ukraine. –** Problems of morphological parameters variability of the 4 species of the genus *Lepidium* L. in the south-east of Ukraine. The aim is to study influence of anthropogenous factor on the variability of quantitative attributes of the following species.
Key words: Lepidium, morphological parameters, variability.

УДК 551.5 + 553 : 330.15 (477.61/62)

С. Ф. Марова[1], Т. Н. Ткаченко[2]

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

[1]ДонДУУ, [2]ДонНАСА

Марова С. Ф., Ткаченко Т. Н. **Направления работ по биологической оптимизации городских территорий. –** В статье рассмотрены вопросы оптимизации внутригородских рекреационных территорий. Показано, что увеличение площадей зеленых насаждений в городе способствует улучшению показателей качества атмосферного воздуха населенного пункта и оздоровлению населения. Предложены виды посадочного материала, в наибольшей степени отвечающие поставленной задаче.

Ключевые слова: биологическая оптимизация, городские территории, зеленые насаждения.

Долгие годы Донецкий регион исключительно рассматривался как источник сырья и центр производства продукции металлургической, химической, машиностроительной отраслей. Трансформации в промышленной инфраструктуре области привели к серьезным изменениям экологической обстановки в регионе, когда техногенная нагрузка в 6 раз превышает основные показатели не только в Украине, но и в странах Европы [1]. Особенно острое положение сложилось в городах, где экологические проблемы объясняются не только функционированием промышленных производств, но и скоплением на относительно небольшой территории большой численности населения, постоянно увеличивающимся автопарком, снижением количества внутригородских рекреационных территорий за счет расширения жилого фонда и социальной инфраструктуры города.

Вопросам развития на территории индустриально развитого Донецкого региона курортно-рекреационных комплексов занимались многие украинские исследователи. Следует отметить работы В. С. Преображенского, Г. М. Алейниковой, А. Я. Бовсуновской, Н. И. Конищевой, В. К. Слюсаренко. Существенное внимание авторы уделяют методологии оценки пригодности территорий для целей развития курортно-рекреационных комплексов. В то же время особенности озеленения городов и развития внутригородской рекреации практически не поднимаются.

Цель работы – изучение проблемы озеленения промышленных городов.

Исходя из социального и экологического состояния Донецкого региона, можно сказать, что формирование и развитие курортно-рекреационной сферы приобретает все большую актуальность. Состояние курортной отрасли в области на сегодняшний день не удовлетворяет возросшие потребности населения. В то же время нельзя не заметить, что рекреация становится важной сферой деятельности общества, тесно связанной с развитием производительных сил, расширением непроизводственной сферы региона, организацией новых рабочих мест, затрагивает размещение, территориальную организацию объектов отдыха горожан, необходимость проведения средозащитных мероприятий в парковых зонах. Роль малых городов в развитии рекреационной сферы нашего региона изучена недостаточно.

Отсутствие многоплановых развернутых программ развития малых населенных пунктов привело у тому, что социальные изменения стали резко отставать от экономических. В результате малые города региона получили однобокое индустриальное развитие. При этом чаще всего основу экономики малых городов нашего региона представляет одна отрасль – добывающая. В несколько меньшей степени – металлургическая. В Донбассе насчитывается 44 монопрофильных города, из них в 31 городе роль градообразующих объектов представляют добывающие предприятия [2].

Среди проблем монопрофильных шахтерских городов, прежде всего, изучается возраст градообразующих предприятий и перспективы их развития. Большинство шахт области функционирует более 50 лет, а срок работы 3 шахт превысил 100 лет. Это ставит вопрос об исчерпаемости запасов ресурсов на данном участке месторождения, о моральном и физическом износе предприятия и нецелесообразности его дальнейшей эксплуатации.

Экономически оправданным решением в таких случаях представляется реструктуризация угольной отрасли, закрытие отработанных шахт или других градообразующих объектов.

Экологические и социальные последствия таких решений рассматривались нами в предыдущих работах [3, 4]. На наш взгляд, решением вопроса в данной ситуации должна стать не искусственная поддержка отживших предприятий, а диверсификация отраслевой структуры городов, все более широкое использование природно-климатических и рекреационных возможностей области, что повлечет за собой развитие предпринимательства, непроизводственной сферы, дорожного и жилищного строительства, бытового обслуживания и т.п.

В то же время, несмотря на снижение техногенного прессинга на экосистемы городов в результате закрытия предприятий, окружающая природная среда региона требует проведения дополнительных средозащитных мероприятий. Одним из направлений, поддерживающих идею о развитии природно-рекреационных комплексов, может стать биологическая оптимизация территорий. Растения выполняют не только эстетические функции, но и санитарно-гигиенические: газопоглотительную, пылеосаждающую, аккумулирующую, фитонцидную. Поэтому, наряду с техническими и технологическими средствами борьбы с промышленными загрязнениями воздушной среды, очень важны работы по созданию и совершенствованию зеленых насаждений.

К сожалению, в настоящее время, проблема озеленения промышленных регионов решается очень сложно. В настоящее время, согласно литературным данным, нормативная обеспеченность зелеными насаждениями составляет 25 м^2 на одного человека [5, 6] Этот показатель в городах Донбасса еще не достигнут. На сегодняшний день практически не ведутся внутриквартальный и внутридворовой виды озеленения. Определенные позитивные сдвиги конечно есть. Так, например, в Донецке разработана "Программа развития комплексной зеленой зоны г. Донецка на период до 2010 года", предполагающая создание новых зеленых насаждений, реконструкцию уже существующих, капитальный ремонт зеленых насаждений и озеленение шахтных отвалов [7]. При этом площадь новых зеленых насаждений в пределах города планируется увеличить до 109,5 га, реконструкционную зону существующих насаждений до 300,4 га, зону капитального ремонта насаждений до 389,6 га, озеленение терриконов – до 106,6 га (табл. 1).

Программой предусмотрено создание новых насаждений, в том числе: 20,4 га за счет увеличения площади насаждений общего пользования (скверов – 4,4 га, районных парков и внутриквартальных садов – 16,0 га); 66,3 га насаждений ограниченного пользования (территория жилых районов и микрорайонов – 59,5 га, предприятий и учреждений – 6,8 га); 22,8 га насаждений специального пользования (насаждений вдоль улиц и магистралей – 21,3 га, санитарно-защитных зон и др. – 1,5 га).

Таблица 1

Сводная таблица развития комплексной зеленой зоны

Районы	Площадь, га			
	создание новых зеленых насаждений	реконструкция существующих насаждений	капитальный ремонт	озеленение терриконов
Буденновский	21,5	28,3	22,4	
Ворошиловский	15	41,7	47	
Калининский	4,2	45,4	37,8	
Киевский	4,3	33,8	124	
Кировский	14,2	24,1	44,2	22
Куйбышевский	2,5	34,3	26	
Ленинский	9,1	39,9	31,7	
Петровский	3,7	29,5	25,8	84,6
Пролетарский	15	23,4	30,3	
Всего по городу:	**109,5**	**300,4**	**389,6**	**106,6**

Декоративные свойства древесных и кустарниковых пород определяют размещение их в садах и парках в виде однопородных или смешанных зеленых насаждений. Все деревья и кустарники распределяются на группы по признакам декоративности: высота стволов, конфигурация крон, характер ветвления, окраска хвои, листьев и цветов, сроки облиствения, сроки и продолжительность цветения, начала пожелтения листвы и его полное завершение и т. д. Хвойные породы очень декоративны в любое время года, поэтому их посадка весьма желательна. Однако в условиях промышленных регионов большинство хвойных пород мало устойчивы и недолговечны. В садах и парках лучше создавать смешанные композиции из хвойных и лиственных пород. Такие насаждения обладают широкими и разнообразными декоративными возможностями, а также более устойчивы против задымленности, копоти и газов, размножения вредителей и грибных заболеваний.

В крупных городских парках и лесопарках более красиво смотрятся однопородные посадки (например, сосновые или березовые). К сожалению, из-за недостатка внимания к плановому выращиванию необходимого ассортимента пород, высаживаются те породы, которые имеются в наличии, без учета их декоративности и жизнестойкости. Хотя, кроме устойчивости к промышленным выбросам и климатическим особенностям региона, следует учитывать антагонистические особенности пород в их межвидовой борьбе. Нежелательно, например, совместное произрастание сосны и березы, т.к. более быстрорастущая береза угнетает сосну. Опасно близкое произрастание ясеня и сирени обыкновенной, также имеющих общих вредителей ясеневого заболонника и минирующую сиреневую моль.

Необходимо по возможности создавать разновозрастные насаждения, что оживляет и украшает пейзаж, обеспечивает своевременное, постепенное, естественное возобновление.

При создании крупных садов и парков должно быть два последовательных периода. Сначала высаживают более быстрорастущие породы (березу, тополя, белую акацию, лиственницу), а через 1-3 года вводят медленнорастущие породы (липу, дуб, клен остролистный и др.). Декоративные кустарники можно высаживать одновременно с быстрорастущими, а в отдельных случаях и с медленнорастущими породами.

Подбирая ассортимент высаживаемых пород, необходимо учитывать последовательность их цветения в течение вегетационного периода для создания преемственности и продолжительности общего периода цветения. В конце вегетационного периода декоративность цветения должна быть компенсирована подбором пород с красивой осенней окраской созревших плодов и увядающей листвы.

При групповом сочетании и размещении нужно учитывать быстроту роста деревьев и кустарников и их сочетаемость во взрослом состоянии. Более высокие древесные породы следует высаживать на заднем плане, менее высокие деревья и кустарники – на переднем.

Обязательно необходимо учитывать отношение растений к увлажненности почвы и свету. Так, теневыносливые виды (ель обыкновенная, жимолость обыкновенная) нельзя размещать на открытых местах, светолюбивые виды не могут произрастать в тени.

В садах и парках допустимо видовое разнообразие, но основными должны быть деревья и кустарники, соответствующие местным условиям произрастания. В мелких садах и скверах зеленые насаждения размещают сравнительно маленькими группами, а в крупных парках – большими по площади группами и даже массивами. В этих случаях обогащение ассортимента обеспечивают введением декоративных пород по опушкам, а сами парковые насаждения создают преимущественно из местных пород.

По своему внешнему виду и составу парковые массивы могут быть подразделены на две группы: плотные, так называемые "зеленые" массивы с наличием подлесковых и опушечных кустарников и "прозрачные" – светлые без подлесковых кустарников, просматриваемые на значительном расстоянии.

На территории парка могут быть созданы отдельные композиции из нескольких растений (например, сочетание хвойных и роз).

Необходимо широкое внедрение в городские посадки деревьев и кустарников с душистыми цветами: липы мелколистной, черемухи, сиреней, роз, жасмина-чубушника и т. д.

Озеленение городских территорий необходимо производить эффективно и грамотно теми породами деревьев и кустарников, которые в наибольшей степени способствуют очищению атмосферы. К таким видам относятся:

– хвойные: ель колючая и её формы, ель обыкновенная и ее формы, можжевельник виргинский, можжевельник казацкий, туя западная и ее формы;

– лиственные деревья: абрикос обыкновенный, робиния ложноакация и её формы, софора японская, тополь канадский, тополь черный, черемуха магалебка, шелковица белая и ее формы;

– лиственные кустарники: карагана древовидная, вишня обыкновенная, дереза берберов, дерен кроваво-красный, дрок испанский, лох узколистный, миндаль низкий, роза собачья, скумпия, слива колючая, смородина золотистая, тамарикс ветвистый, тамарикс четырехтычинковый, чемыш серебристый;

– лианы: девичий виноград пятилисточковый.

При озеленении улиц в целях повышения декоративности посадок нередко вдоль всей улицы выращивают одну и ту же породу, но подбор этой породы следует делать с учетом ширины улицы, особенностей прохождения коммуникаций, троллей и т.д.

Развитие природоохранной деятельности должно идти в различных направлениях. Следует подчеркнуть, что оснащение предприятий новыми техническими средствами, введение жестких экономических санкций не решает само по себе проблему загрязнения окружающей среды. Ее необходимо решать только в комплексе с эффективными биологическими средствами защиты. Использование принципов биологической оптимизации малых городов может служить развитию на их территории курортно-рекреационных комплексов. Этому способствует и то, что в области протекают небольшие реки, такие как Крынка, Кривой Торец, Волчья, Сухая, Самара и др., наличие лесных массивов Велико-Анадольского и Славянского районов, Азовское побережье. Развитие природно-климатических и рекреационных ресурсов региона полностью отвечает главным принципам концепции устойчивого развития – повышению качества жизни населения и гармонизации взаимоотношений в системе "общество – природа".

Список литературы

1. *Земля* тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2005 р. / За ред. С. В. Третьякова. – Донецьк: Новый мир, 2006. – 158 с.

2. *Амитан В. Н., Лукьянченко А. А., Денисов Ю. Д.* Территориальные особенности диверсификации промышленных городов Донбасса: Науч. доклад ИЭПИ НАН Украины. – Донецк, 2002. – 56 с.

3. *Марова С. Ф.* Концепція стійкого розвитку регіону: напрямки реалізації // Менеджер. – 2006. – № 3 (37). – С. 163-169.

4. *Марова С. Ф., Сотникова Л. Е.* Экологические аспекты использования природно-климатических ресурсов Донбасса // Менеджер. – 2001. – № 4 (16). – С.162-167.

5. *Взаимодействие* растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / Сост. Коршиков И. И., Котов В. С., Михеенко И. П. и др. – К.: Наук. думка, 1996. – 237 с.

6. *Поляков А. К.* Биологическое разнообразие дендрофлоры юго-востока Украины и его использование в оптимизации техногенных экосистем // Мат. I Міжнар. наук. конф. "Відновлення порушених природних екосистем". – Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2002. – С. 327-330.

7. *О Программе* развития комплексной зеленой зоны г. Донецка на период до 2010 года. – Рішення Донецької міської ради від 18.05.2001 р., № 13/7.

Марова С. Ф., Ткаченко Т. М. **Напрями робіт із біологічної оптимізації міських територій. –** У статті розглянуто питання оптимізації внутріміських рекреаційних територій. Показано, що збільшення площі зелених насаджень у місті сприяє поліпшенню показників якості атмосферного повітря населеного пункту та оздоровленню населення. Запропоновані види посадочного матеріалу, що найбільше відповідає поставленій меті.

Ключові слова: біологічна оптимізація, міські території, зелені насадження.

Marova S. F., Tkachenko T. N. **The direction of works on biological optimisation of the city territories**. – The issues of optimization of city recreation territories are examined in the article. The article shows that enlarging the total areas of the green plantations in the city assists the improving of the quality indexes of the atmosphere air of the city and the invigoration of the population. The types of the planting material, mostly fitting the posed problem are offered in the article.

Key words: biological optimization, city territories, green plantations.

УДК 631.52

Л. М. Осипова[1], Л. Ю. Качур[1], Г. А. Кудина[2]

ВНУТРИВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТОВ

[1] *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*
e-mail: botany@dongu.donetsk.ua
[2] *Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110*
e-mail: herb@herb.dn.ua

Осипова Л. М., Качур Л. Ю., Кудина Г. А. **Внутривидовая гибридизация в селекции томатов. –** Получены экспериментальные данные в результате межсортовой гибридизации внутри вида *Lycopersicon esculentum*. Исследования гибридов F_1 и исходных родительских форм проводились на анатомо-биохимическом уровне. Анализ результатов исследования показал, что у гибридных растений томата наследование ксероморфных признаков идет по материнской линии. Сравнительный анализ данных параметров позволит рекомендовать гибридные формы для выращивания в условиях Донбасса.

Ключевые слова: гибридизация, скрещивание, гибриды, исходные родительские формы.

Введение

Томаты – наиболее ценный в питательном и вкусовом отношении вид овощных культур. Они отличаются высоким содержанием витаминов В, С, РР и др., каротина (провитамина А), сахаров, минеральных веществ и органических кислот.

Очень важной задачей селекционных учреждений для большинства районов нашей страны является выведение сортов томатов устойчивых к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Метод гибридизации широко применяется селекционерами разных стран. При этом самым ответственным является подбор родительских пар для скрещивания. Пары для скрещивания необходимо подбирать с учётом хозяйственно ценных признаков у скрещиваемых форм, а также учитывать происхождение исходных родительских форм. А. В. Алпатьев [3] рекомендует использовать различия сортов по фазам роста, периодам и стадиям развития. А. А. Ананян [5] предлагает "межзональную систему" селекции томатов, которая даёт возможность проводить воспитание гибридов в различных эколого-географических условиях. Внутривидовая гибридизация и комбинирование признаков разных форм всё ещё остаётся основой селекционных программ у большинства сельскохозяйственных культур. Дикорастущие родственники томата *Lycopersicцm esculentum* Mill. обладают селекционно-ценными признаками устойчивости к ряду грибных, бактериальных, вирусных инфекций, к большинству вредителей, физиологических стрессов, а также могут служить источником других полезных свойств [2].

По аграрной классификации Донбасс представляет зону рискованного земледелия, т.е. территорию с нестабильными климатическими изменениями. Поэтому трудно подобрать какой-либо сорт, удачно подходящий к условиям Донбасса.

В связи с этим в задачу наших исследований входило получение межсортового гибрида томатов, устойчивого к условиям Донбасса и изучение его биологических особенностей.

Материал и методы исследований

В качестве исходных родительских форм были подобраны два сорта томатов: 'Красный Гигант' и 'Апельсин'. Сорт 'Красный Гигант' – среднеранний сорт, соцветия по числу цветков малоцветковые. Плоды крупные, округлой формы, среднекамерные, масса плода – 250 г.

Сорт 'Апельсин' – поздний сорт, соцветия по числу цветков малоцветковые, плод среднекамерный, оранжевого цвета, масса плода – 221 г.

Скрещивание сортов проводили методом искусственного опыления. Чтобы предотвратить самоопыление, кастрацию проводили в стадии зеленовато-жёлтого бутона. Для опыления использовалась смесь пыльцы цветков другого сорта разной степени зрелости. Через два дня было проведено повторное опыление. Удачно опылились цветки сорта 'Красный Гигант', плод имел округлую форму светло-красного цвета.

Полученные гибридные семена были высеяны. Всходы появились на пятый день. Фаза образования бутонов наступила на 45 день от появления всходов, через пять дней началось массовое цветение. Фаза начала формирования плодов наступила на 34 день от начала цветения. Фаза массового созревания плодов наступила через 4 дня. Вегетационный период у гибридных растений сократился до 93 дней (исходные родительские формы – 'Красный Гигант' и 'Апельсин' характеризовались вегетационным периодом, соответственно, 115 и 120 дней). Таким образом, гибридные формы по длительности вегетационного периода относятся к очень ранним томатам. Плоды сформировались округлой формы ярко-красного цвета, массой 250 г.

Опыт проводили в закрытом грунте, в частной теплице г. Харцызска. В качестве субстрата использовали торфо-перегнойную почвосмесь, составленную из торфа, дерновой земли и перегноя [7].

Результаты и обсуждение

Морфологическая характеристика плодов опытных растений

Проведено изучение массы и размеров плодов гибридных растений томата относительно исходных родительских форм. Данные приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Масса плодов опытных растений

№ п/п	Варианты опыта	Масса плода, M ± m, г	t_{st}
1.	♀ 'Красный гигант'	245,00 ± 13,86	1,44
2.	♂ 'Апельсин'	204,00 ± 8,94	1,14
3.	Гибрид F_1	221,00 ± 19,05	

Примечание. n = 30, t_{st} = 2,00.

Как видно из табл. 1, гибридные растения томатов по весу плодов не отличаются от исходных контрольных форм (t_{st}=1,44 и 1,14).

Отличительной особенностью данного параметра является то, что величина его у гибридных растений приближается к величине плодов исходной материнской формы.

В задачу морфологических исследований также входило изучение размеров плодов гибридных растений, относительно исходных родительских форм.

По результатам экспериментальных исследований, данные которых приведены в табл. 2, видно, что гибридные растения достоверно отличаются от исходной материнской формы по длине плода.

Таблица 2

Размеры плодов опытных растений

№ п/п	Варианты опыта	Размеры плода			
		Длина, M ± m, см	t_{st}	Ширина, M ± m, см	t_{st}
1.	♀ 'Красный Гигант'	8,27 ± 0,31	2,12	6,35 ± 0,17	1,24
2.	♂ 'Апельсин'	7,46 ± 0,24	1,04	5,82 ± 0,50	1,75
3.	Гибрид F_1	7,24 ± 0,19		6,24 ± 0,63	

Примечание. n = 30, t_{st} = 2,00.

Разница между данными параметрами относительно исходной отцовской формы не достоверна. Исследования ширины плодов показали, что она у гибридных растений находится на уровне исходных родительских форм.

Анатомические исследования опытных растений

Вследствие того, что у растений большая площадь контакта с окружающей средой, наибольшему повреждению подвергаются ассимиляционные органы. Система устьиц служит для газообмена и испарения влаги и одновременно оказывается входом для проникновения различных веществ. Одним из путей приспособления растений к условиям окружающей среды является изменение параметров анатомической структуры листьев [8].

В задачу наших исследований входило измерение размеров замыкающих клеток устьиц и подсчёт их количества на единицу площади листовой поверхности у гибридных растений и исходных родительских форм, данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Размеры замыкающих клеток устьиц и их количество на единицу площади листовой пластинки

№ п/п	Варианты опыта	Длина замыкающих клеток устьиц M ± m, мкм	t_{st}	Ширина замыкающих клеток устьиц M ± m, мкм	t_{st}	Число устьиц на единицу площади листовой поверхности, на мм
1.	♀'Красный Гигант'	19,53 ± 0,49	1,90	13,64 ± 1,42	1,55	123
2.	♂'Апельсин'	22,34 ± 0,62	2,88	15,43 ± 0,53	1,64	99
3.	Гибрид F_1	20,01 ± 0,56		14,21 ± 0,32		119

Примечание. n = 30, t_{st} = 2,00.

Как видно из табличных данных, у гибридных растений томата длина замыкающих клеток устьиц (20,01 ± 0,56 мкм) находится на уровне сорта 'Красный гигант' (19,53 ± 0,49 мкм) и достоверно уменьшена относительно сорта 'Апельсин' (22,34 ± 0,62 мкм).

Ширина замыкающих клеток устьиц у гибридных растений остаётся на уровне исходных родительских форм ('Красный Гигант' – 13,64 ± 1,42 мкм, 'Апельсин' – 15,43 ± 0,53, мкм, Гибрид – 14,21 ± 0,32 мкм).

Количество устьиц на единицу листовой поверхности у гибридных растений томатов достоверно уменьшается относительно сорта 'Красный гигант'. Как показали результаты анатомических исследований, гибридные растения томата по размерам устьиц и их количеству на единицу площади сходны с сортом 'Красный гигант', который по данным параметрам характеризуется более ксероморфной структурой, чем сорт 'Апельсин'.

Анатомическое строение пластинки листа характеризуется признаками, свойственными мезофильным листьям: имеется один слой столбчатой и 3-6 слоев губчатой паренхимы.

Для выявления взаимосвязи между изменением анатомической структуры листа и адаптации к окружающим условиям среды нами были изучены размеры верхнего и нижнего эпидермиса, высота столбчатого, губчатого мезофилла и общая толщина листовой пластинки. Изучение анатомического строения листовой пластинки гибридных растений проводились относительно исходных родительских форм: 'Красный Гигант' и 'Апельсин'. Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 4.

Таблица 4

Анатомическое строение листьев томата

№	Варианты опыта	Размер верхнего эпидермиса, мкм	t_{st}	Размер нижнего эпидермиса, мкм	t_{st}
1.	'Красный гигант'	39,80 ± 1,14	1,2	34,50 ± 1,8	1,64
2.	'Апельсин'	43,20 ± 0,18	1,6	38,80 ± 1,56	1,51
3.	Гибрид F_1	41,40 ± 1,50		36,70 ± 0,61	

№	Варианты опыта	Высота столбчатого мезофилла, мкм	t_{st}	Высота губчатого мезофилла, мкм	t_{st}	Общая толщина, мкм	t_{st}
1.	'Красный Гигант'	82,70 ± 1,34	1,06	152,90 ± 1,06	2,54	309,9 ± 1,9	4,87
2.	'Апельсин'	86,40 ± 0,55	1,66	158,40 ± 1,20	2,45	326,8 ± 0,8	3,14
3.	Гибрид F_1	84,30 ± 1,70		155,60 ± 1,08		318 ± 1,4	

Примечание. n = 30, t_{st} = 2,00.

Исходя из данных, приведенных в этой таблице, видно что, у гибридных растений томата размеры верхнего и нижнего эпидермиса не отличаются от растений исходных родительских форм. Исследования размеров мезофилла показали, что высота столбчатого мезофилла у гибридных растений находится на уровне размеров исходных родительских форм.

Высота губчатого мезофилла у гибридных растений достоверно отличаются от его высоты у исходных форм. У гибридных растений высота губчатого мезофилла достоверно выше, чем у растений сорта 'Красный Гигант', и достоверно ниже, чем у растений сорта 'Апельсин'. Таким образом, общая толщина листовой пластинки у гибридных растений достоверно выше, чем у растений сорта 'Красный Гигант' и достоверно ниже, чем у растений сорта 'Апельсин'.

Биохимические исследования опытных растений

Биохимия томатов изучалась многими исследователями, но в литературе мало данных по химической оценке видов, разновидностей и сортов томатов, с учетом изменчивости химических признаков под влиянием условий выращивания, что делает затруднительным правильное использование коллекционного фонда томатов при селекции на улучшение вкусовых и питательных качеств сортов [6].

В связи с этим проведены биохимические исследования опытных растений томатов, в задачу которых входило изучение содержания в плодах томатов количества сахаров и аскорбиновой кислоты, а также их отношение. Данные приведены в табл. 5.

Таблица 5

Химический состав плодов томатов

№ п/п	Варианты опыта	На сырой вес плода				
		Сахара, мг/г	t_{st}	Аскорбиновая кислота, мг/г	t_{st}	Отношение сахара к кислоте
1.	♀ 'Красный Гигант'	31,20 ± 0,89	3,1	22,40 ± 1,45	1,42	1,39
2.	♂'Апельсин'	27,20 ± 0,91	1,31	24,00 ± 1,30	1,75	1,14
3.	Гибрид F_1	28,40 ± 0,92		23,00 ± 1,36		1,24

Примечание. n = 30, t_{st} = 2,00.

Исходя из табличных данных, максимальное количество сахара содержится в плодах сорта 'Красный Гигант' (31,20 ± 0,89 мкм), у гибридных растений и сорта 'Апельсин' количество сахара приблизительно находится на одинаковом уровне (соответственно, 28,40 ± 0,92 мкм; 27,20 ± 0,91 мкм).

По литературным данным, основную часть углеводов у томатов составляют сахара: глюкоза и фруктоза, причем, по мнению большинства исследователей, глюкозы содержится в 1,5-2 раза больше, чем фруктозы. Относительно количества сахарозы существуют противоречивые данные. По мнению одних исследователей сахарозы мало или нет совсем, другие указывают, что сахароза составляет 0,1-0,5%, а иногда 1-1,5%.

Из других углеводов в томатах имеются: крахмал, гемицеллюлоза, клетчатка и пектины. Крахмал содержится от 0,07 до 0,26%, гемицеллюлозы – от 0,10 до 0,21%, клетчатки – от 0,55 до 0,84%, пектинов – не более 0,15% на сырой вес плода [4].

Зрелые плоды томатов отличаются высоким противоцинготным действием. Содержание аскорбиновой кислоты у сортов томатов колеблется довольно сильно (от 19 до 35 мг/г). По результатам наших исследований максимальное количество аскорбиновой кислоты содержится в плодах сорта 'Апельсин' (24,00 ± 1,30 мг/г), гибридные растения по количеству аскорбиновой кислоты не достоверно отличаются от исходных родительских форм.

По литературным данным, содержание витамина С в плодах томатов является очень лабильным признаком: в период дозревания зеленых плодов томатов содержание витамина С изменяется [1].

Очень важным показателем при оценке сортов является отношение сахара к кислоте, так как оно определяет вкусовые качества плодов. Данные табл. 5 показывают, что по этому признаку опытные растения отличаются. У сорта 'Красный Гигант' отношение сахара к кислоте максимальное (1,39), минимальное – у сорта 'Апельсин' (1,14), гибридные растения по данному показателю занимают промежуточное место. Очень ценным является то, что данный показатель характеризуется высокой устойчивостью отношения. Это может быть использовано в селекционной работе при выведении сортов.

Выводы

1. Анатомический анализ листовой пластинки гибридных растений томата позволил установить характер наследования по материнской линии. Гибридные растения приобретают ксероморфные признаки свойственные сорту 'Красный Гигант' (♀). Размеры замыкающих клеток устьиц, листовой пластинки, у гибридных растений достоверно меньше, чем у сорта 'Апельсин'.

2. Изучение анатомического строения пластинки листа показало, что размеры верхнего и нижнего эпидермиса, столбчатого мезофилла остаются на уровне исходных родительских форм. Толщина губчатого мезофилла и листовой пластинки достоверно больше, чем у исходной материнской формы (сорт 'Красный Гигант').

3. Изучение биохимических особенностей гибридных растений томата позволили установить, что количество сахара достоверно уменьшается относительно сорта 'Красный Гигант', и не отличается от данного параметра отцовской формы, то есть наследование идет по отцовской линии. Количество аскорбиновой кислоты у опытных растений остается на уровне исходных родительских форм.

4. Экспериментальные исследования опытных растений томата показали, что гибридные растения характеризуются более ксероморфными свойствами, высоким содержанием сахара и оптимальным содержанием аскорбиновой кислоты, что позволяет рекомендовать их для выращивания в условиях Донбасса.

Список литературы

1. *Абдуллаева К.* Влияние микроэлементов на содержание аскорбиновой кислоты в плодах томатов // Сельское хозяйство. – 1979. – № 2. – С. 18-25.

2. *Агаджнанян А. М.* Внутривидовая скрещиваемость у *Lycopersicon* Tourn. // Агробиология. – 1980. – № 3. – С. 14-16.

3. *Алпатьев А. В.* Некоторые методы селекции помидоров / Достижения по растениеводству. – М., 1958 а. – С. 49-61.

4. *Алпатьев А. В.* Помидоры. – М.: Изд-во "Московский рабочий", 1958 б. – 180 с.

5. *Ананян А. А.* Создание сортов томатов для консервной промышленности // Агробиология. – 1962. – № 6. – С. 19-21.

6. *Брежнев Д. Д.* Роль среды в формировании признаков у томатов / Наследственность и изменчивость растений, животных и микроорганизмов. – М., 1967. – Т. 2. – С. 28-34.

7. *Ерохин И. Е., Стрельцов С. Д.* Огурцы и томаты: на грядке, в теплице, в комнате. – Донецк: Донбас, 1980. – 205 с.

8. *Коршиков И. И.* Адаптация растений к условиям техногенного загрязнения среды. – К.: Наук. думка, 1996. – 302 с.

Осипова Л. М., Качур Л. Ю., Кудіна Г. О. **Внутрішньовидова гібридизація в селекції томатів. –** Наведені експериментальні дані, отримані в результаті міжсортової гібридизації виду *Lycopersicon esculentum*. Дослідження гібридів F_1 та вихідних батьківських форм проводилися на анатомо-біохімічному рівні. Аналіз результатів досліджень показав, що у гібридних рослин томата успадкування ознак ксероморфності відбувається за материнською лінією. Порівняльний аналіз даних параметрів дозволяє рекомендувати гібридні форми для вирощування в умовах Донбасу.

Ключові слова: гібридизація, схрещування, гібриди, вихідні батьківські форми.

Osipova l. M., Kachur L. Yu., Kudina G. A. **Intersort hybridizasion in selection tomato. –** The article has given experimental data being received as a result of hybridization between sorts within species. Hybrids F_1 investigations and original parental forms have been done on anatomical-biochemical level. The analysis of investigations results has shown the fact that tomato hybrid plants inheritance of main features mainly occurs according to maternal line. The comparative analysis of the given features is allowed to recommend receiveol forms for growing in Donbass region conditions.

Key words: hybridization, crossing, hybrids, original parental forms.

UDC 574 : 504.75 : 504.064.2 : 581.4 : 581.9 : (477.60)

A. I. Safonov, Y. S. Safonova

PHYTOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL URBAN ENVIRONMENT

The Donetsk National University; 83050, Donetsk, Schorsa St., 46
e-mail: safonov@dongu.donetsk.ua

Safonov A. I., Safonova Y. S. **Phytoecological characteristics of industrial urban environment. –** The ecological analysis of the territory of an industrial town has been conducted on the example of the Donetsk city with the use of bioindicational indices. The basic strategies of city development have been taken into account. A working scheme of bioindicational estimation of urban environment has been suggested.

Key words: urban environment, bioindicational estimation.

The relatively young science of ecology attempts to forge a holistic understanding of the natural processes that take place within a defined system. The central idea is that a patch of the planet, a natural community, contains discrete living (biotic) and nonliving (abiotic) elements that interact in synergistic ways. These elements include the living organisms, the landscape patches, the parent geologic materials underlying the soils, and the local hydrologic and weather patterns. These patterns of interactions can be categorized and compared between and among various ecosystems. Energy flow (metabolism), food webs, predator-prey interactions and co-evolution are typical categories of investigation common to all ecosystems [1, 2].

Ecologists have been comfortable for over a century with the notion of natural ecosystems such as deserts, tundra, grasslands, old growth forests and estuarine salt marshes. Even animal societies such as honeybee colonies, termite mounds and wolf packs are routinely considered as ecological units. However, the concept of the natural city, a human city functioning as an ecosystem on the scale of an estuary or a rain forest, is in its academic infancy [3, 4].

Traditionally, the study of ecology has been applied to natural systems in such a way that the variable of human impact has been excluded from the biological equation. Our understanding of ecology, and its younger sibling science biodiversity, has been developed by sending researchers into pristine ecosystems in order to gather data on the intricate co-evolved relationships among organisms. Ecologists have focused on the interactions within the natural community. The new biodiversity scientists have tried to identify as many species as possible, and with those data, forge an understanding of species distribution and abundance. The studies have provided lucent images of nature and provide the infrastructure for the disciplines of biogeography (the mapping of species), behavioral ecology (the behavior of individuals and groups) and most recently, conservation biology (protecting those species from extinction). However, with the exception of those researchers interfacing with public health, the studies were conducted in remote areas where the human footprint was as small as possible. Those public health scientists who did work in cities were conducting research on the negative impacts of urban living and essentially trying to stamp out any remaining plant or animal populations that were deemed troublesome. Cities were not viewed as natural entities, but as foreign impositions upon the native landscape.

The development of ecological thinking about cities will have a broad and profound impact on all the issues of social importance to urban stakeholders. Public health, resource allocation, water quality, energy conservation, historical and natural preservation will all benefit from a revisionist approach that includes the biology of the system as the foundation for its understanding and management. The concept of the natural city will have its roots in a series of scientific models that will be testable in a variety of urban environments.

Geopolitical situation of Donetsk is characterized by the fact that the city is a large industrial and economic as well as intellectual and cultural centre of Ukraine. It is situated in the steppe zone in the South-East of Ukraine in the middle of the densest network of railway lines, automobile roads and air transport. It is known that strategic planning in the market conditions originates from the idea that it is possible to influence the future of a certain territory by planned actions aimed at achieving a new state of a territory, which would satisfy the population's needs. In this respect the

General aim of working out the Strategy of Donetsk is achieving European standards in the framework of level and quality of life of the population.

The General aim was determined coming from the basic city problems and competitive advantages of Donetsk. Hence, the strategic objectives – the instruments of the strategy realization and the awaited effects – have been formulated.

The ecological situation in Donetsk is very complicated, it is worse than in a number of other large cities in Ukraine. The omission of harmful substances in the atmosphere in 2006 attained 130 thousands of tons a year. A serious problem are slag heaps of mining and coal preparation situated on the whole city territory. Solving this problem is envisaged in the framework of Alborg obligations accepted by the city in 2004. They are based on the principles of sustainable development: a balanced functioning of economic, ecological and social spheres of human activity in the city in long-term perspective.

The strategy of the Donetsk city development presupposes a number of directions: use of alternative sources of energy; industrial use of shaft methane; purification of ground sediments and improvement of banks of main city's reservoirs; creation of the city's sewerage system; separate collection of domestic wastes; liquidation of spontaneous scrap-heaps of domestic, builder's and industrial rubbish; recultivation of slag heaps and open-cast mines.

The envisaged directions will enable to reduce the level of pollution of the atmospheric air by 40%, water resources – by 20%, the level of waste pollution by more than 3 times.

At present the scientists of the Donetsk National University and the Donetsk Botanical Gardens have conducted reconnoitering work on zoning of the Donetsk city territory with the use of bioindication indices. One of such indices, which has already been approved for northern industrial centres of the Donetsk region, is the index of an extent and specifics of structural alterations of the plants-indicators [5-8].

The interest in urban ecology can be understood from four perspectives. First, human activity is concentrated in urban clusters. Even for those humans living outside of metropolitan centers in what are classified as rural landscapes, the productive activities of these people are often linked to resource requirements in nearby or distant cities. Second, humans as a species dominate each of the earth's ecosystems, whether they are heavily populated or not. Although this idea remains troubling to scientists, anthropogenic impact is an unavoidable variable in the study of ecology. Third, any modern model of ecology must include considerations of human impact in order to be of use as a predictive tool. Finally, developing an understanding of the ecological processes that occur within urban landscapes can be of great utility to those professionals charged with solving the social problems inherent in city life. We can examine these four elements in more detail [9-12].

Human demography has shown a steady increase in the percentage of people living in cities. Beginning with the advent of agriculture 5,000-10,000 years ago, humans have been developing bigger and more densely populated urban centers. The United Nations recognizes over 300 cities with population over 1 million people, with sixteen of these metropolises categorized as megacities (10 million or more inhabitants). This pattern of urbanization is evident in both developed and developing nations [3, 11-14].

As human population has increased, so has our species' impact on global ecosystems. The fossil record points to five major periods of rapid extinction during the past 500 million years on the planet, all of which occurred prior to the evolution of our human lineage. These catastrophic events were triggered by rapid, un-buffered environmental change. The most recent complete cycle, triggered by an asteroid impact on the planet, occurred approximately 65 million years ago during the Cretaceous period and caused the extinction of at least 50% of all of the animal families on earth, including the last of the dinosaurs. Conservation biologists have detected the start of a sixth major period of rapid extinction, beginning in the past 200 years [12-14]. This bout of biodiversity loss is directly linked to environmental degradation caused by human activity and over-exploitation of natural resources. The tremendous impact of humans on the biosphere is concentrated in urban areas where deforestation, soil erosion, pollution and exhaustion of natural resources is the most intense. Finally, bringing an ecological perspective to the challenge of urban management provides a new set of tools for addressing the problems of our cities. Social injustice, poverty, public health and pollution are all societal problems with deep ecological and environmental roots. One of the tremendous advantages of science as a lens for viewing the world is that it brings with it a sense of dispassionate neutrality that can provide a fresh perspective on these problems. The teaming of science with social concern has spawned the relatively new field of environmental justice, which has proven to be a robust approach to such problems as toxic waste management and brownfields reclamation. The development of a new perspective on the ecology of urban systems requires considerable effort on the part of the scientific community, but the potential payoff on the investment is enormous. If one accepts that science should be in the service of humanity, than the needs of urban dwellers worldwide provide a compelling challenge to natural and social scientists. Many conservation biologists agree that densely populated urban centers represent the most likely scenario for a sustainable planet. Understanding the ecology of cities is the first step towards improving the quality of life for all of its living inhabitants. Livable natural cities increase the probability that sprawl can be minimized, and the remaining open spaces outside the city limits can be preserved. The promise of science done well is that its findings provide the basis for rational solutions to human problems. The application of ecological thinking to the vexing problems of the world's cities provides tantalizing opportunities for science to do more good work.

The work "Phytoindication of metallic pressure of anthropogenically transformed environment" is a result of 10 years' activity, including regional reconnaissance and analytical period [15]. The region that was chosen (the Donetsk oblast) is undoubtedly prominent in terms of man-caused pressure on the environment on a global scale. The territory of the immediate monitoring corresponded to the Artemovsk and Konstantinovka administrative districts of the Donetsk oblast, which are determined as adequate to the aims set for phytoindicational experiment. As the location of separate units (sources of both natural and man-caused involving of heavy metals in biogeochemical cycles) allowed us to conventionally differentiate the specificity of metallic pressure on the environment, the areas of north-eastern industrial centres of the Donetsk oblast proved to be perspective for laying a homogeneous monitoring net of a big enough territory to obtain the informative conclusions. Such a circumstance (as a result of numerous superimposition of "specific areoles of pollution") to a great extent explains why, for example, the investigation planned on the territory of the Donetsk, Gorlovka and Enakievo, Mariupol and other industrial centres is pretty much complicated. Those mega-industrialized zones though are always of interest in terms of botanical and ecological investigation. The territory we chose conforms to detailed phytoindicational analysis due to relative homogeneity of edaphic and climatic characteristics, and as a result in geobotanical as well as in orographic relation. It's important that the levels of heavy metal contamination (as the most dangerous and active components of toxicological situation of the analysed zone) were sufficient to conduct not only natural experiment but also to model further artificial situations in laboratory environment and visualize the results on plane.

A working hypothesis was an assumption that the extent of "structural variability" (mostly anatomic) of plants with wide ecological amplitude grows with the increase of geochemical contrast of the environment and (or) the level of man-caused pressure (equivalent to increased concentrations of toxic elements) on natural environments. Experimental results of the research were directed to discovering a pattern of allocation, availability or frequency of separate characteristics or indices with phytoindicational amount in structural aspect. Meanings of these indices were checked in terms of correlation to specifics of heavy metal contamination of the environment. The choice of the centres of immediate localisation of monitoring net as well as species of plants (principally herbaceous and wild-growing, equally often found in all without exception ecotopes of the investigated zone) was based purely experimentally. It was successful to have discovered such areas and phyto-objects.

The data obtained on the state of plant organisms in places with different ecotoxicological characteristics corresponded to the basic principle of dynamism and adequacy – "here and now". Thus, there is a possibility of wide extrapolation of the findings, but first of all the matter concerns regional standards (levels, diapasons, criteria) corresponding with the time domain of materials collection. Originally phytoindication is considered as an applied aspect of botanical and ecological research. The results of the work done contribute to solution of a number of fundamental scientific issues, such as sustainability of biological systems (on the example of sexual organs and fruits of plants), plasticity of biological systems (on the example of anatomic and morphological and physiological plasticity of plants) and heterogeneity of biological systems (on the example of anatomic variability of plants).

The general scheme of the tasks succession is: selection of the research territory → choice of prospective phytoindicators → analysis of migration flows and localization of heavy metals → defining local standards of discrete characteristics of plants or their separate indices range → building indicators' ecological plasticity scales → elaboration and application of the method of cartographic and schematic visualization of the findings on plane → search for correlation connections in the system "factor-index" → correlation groups of joint and attendant characteristics ascertainment → possible forecast of further state of botanical and ecological indices of the territory… approbation, using and improving the methods of structural phytoindication.

Certain reactions of plants to increased concentration of heavy metals compounds in soil were chosen as the research object. The subject of the research is the discrete self-descriptive characteristics of test species structure in contrast metal-toxic conditions.

In view of the aim set and the pointed objects and subjects of the research we used methods of experimental and theoretical complex. Among the most demanded are the methods of ecological and toxicological monitoring, ascertainment of outecological specifics of test species on special metal-bearing substrates, the method of constructing ten-point scales according to the specifics of variation range and the diapasons of metal content values and structural polymorphism of plants, the method of cartographic single-plane visualization of data and realization of their possible many-sided analysis. The survey of information sources reflects some principally important aspects of plants studies in industrial region. First of all, there is a generalization of the notion of phytoindication of ecological factors as well as the directions of using plants for evaluation or monitoring of the environment: be it anthropogenical pressure, natural geochemical anomalies or phenomena connected with it to different extent. A number of generalizations allowed us to assert that the target direction of the scientific activity of separate research institutes or laboratories depends on a complex of regional natural and climatic factors, which determines the state and correlation of the components of natural systems, as well as existing traditions of scientific schools based on authoritative grounds of the corresponding direction by leading scientists. A set of methods and scientific traditions directly depends on material and technical equipment of the laboratories. Being guided by the survey of literary data we determined that "phytoindication" can have various forms of interpretation which directly depends on target destination of the set of experimental series. There are a lot of criteria of phytoindication, a lot of categories of phytoindicational concernment which mustn't be neglected. It's also incorrect to perceive phytoindicational research unambiguously and in a single direction, for instance, without taking into account cause-and-effect relations which form regularity.

The present work includes some generalizations of information sources on different aspects of theoretical and applied direction of phytoindicational research in industrialized region. The data on the specificity of heavy metals contamination of anthropogenically transformed environment have been grouped, primary attention being paid to the system "soil – plant –… " . Multi-factorial character of interaction in this block as well as the nature of accumulation and behaviour of toxic elements in a plant organism have been underlined. Many questions are concentrated in the framework of structural and functional reactions of plants to dynamic alterations or relatively chronic state of the environment (express-diagnostics, histochemical manifestations, morphological alterations and others).

We considered the thesis that the criterion of anthropotolerance of plants can be their ecological plasticity reflecting itself in differentiation of a number of structural elements which allows to realize adaptation of potential phyto-testors to wide conditions of their existence. In this aspect many approaches (geobotanical, biochemical as part of physiological, anatomic and morphological, populational, geological and mineralogical, landscape and descriptive, reconnaissance and others) come to one principal statement on possibility of qualitative and quantitative evaluation of the environment using plants. In the literature survey the attention is accented on peculiarities of the reaction of a leaf apparatus as an informative vegetative part of test-indicators as well as carpological and embryological sphere as sexual component of exactly "test-objects" or "test-characteristics", such terms being more appropriate (than "test-species"), taking into account the specificity of the present experimental work. There have been pointed out the basic procedures of realization of phytoindication process that can be presented as a following algorithm: factor choice, way and scale of measurements choice, search for indicator, elaboration of an evaluation scale, data visualization (in this case plane cartographic), determination of the correlation level between factor and indicator alteration and way of expressing this connection. The data available demonstrate that working out a system of methods of phytoindicational research of metallic pressure on the basis of plants' structural polymorphism is an important and necessary scientific and practical trend of bioindicational monitoring of anthropogenically transformed environment, which is topical for geochemically contrast Donetsk region.

Selection of test-objects for phytoindicational experiment was based on ecological and botanical characteristics, indices of structural plasticity and on the results of the laboratory testing. In the general block of metallic pressure phytoindication we used the following species: *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.

The strategy of immediate phytoindicational research consists of the following: 1) defining for the model objects (test-species) characteristics that are characterized by the highest indicational variability; 2) studying the structural elements of plants in the dynamics, as well as ascertainment of their connection with other structures and indices of metallic pressure.

It is stated that inclusion of heavy metals in biogeochemical processes is related to two often interconnected factors: natural biogeochemical processes and human activity. The latter factor for technogenically transformed region of the Donetsk oblast has the determining meaning for forming metallic pressure zones – metalogenic provinces (areoles). With the coefficients of correlation for big extracts we grouped two blocks of metalogeny: 1) Ni-Cu, attending Zn and Pb; 2) Cd-Hg. Reactions of test-plants with individual and combined action of heavy metals at the initial stages of plants germination have been studied in the laboratory. The work studies some peculiarities of absorption and accumulation of heavy metals by *Cichorium intybus* when growing together with other plants.

Thus, there can be several approaches, trends and criteria of phytoindicational evaluation of anthropogenically transformed environment. The most appropriate and so the most prospective with extrapolation of methods and ways of phytoindication are *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Plantago major* L. and *Tanacetum vulgare* L. These species are indicative due to informative morphological plasticity which is manifested in conditions of metallic pressure mostly of anthropogenic origin, rather than due to availability and frequency in natural and transformed ecotopes. The largest accumulation diapason in the rhyzosphere of soil belongs to Zn и Pb (up to 900-1000 mg/kg), the smallest – to Cd (up to 10 mg/kg) and Hg (up to 3 mg/kg), which accords with general tendencies of biogeochemical cycle of heavy metals in technogenic soils of industrialized region. By translocation coefficients of heavy metals in plants we made it possible to conduct monitoring research and define the levels of technogenic environment contamination.

It is proved statistically that with an increase of soil heavy metals contamination level the extent of structural polymorphism of test-objects grows. Such discrete characteristics of *Cichorium intybus* L. as the polar bulge reduction index, the degree of pollen defectness, the variability of fruits' surface structure, the frequency of teratologic schyzocotily and others are informative and indicative according to specific character of manifestation.

The work presents and applies the criteria of self-descriptiveness of structural phytoindication method: coefficients of correlation and determination values; availability of groups and block coincidence of characteristics of plants' structural alterations correlation with components of elementary metalogeny in the system of their inner connections; data of cartographic and schematic visualization; synchronous correspondence blocks of plants' structural characteristics to the gradient of toxic pressure on soils in anthropogenically transformed environment. Certainly, these criteria will be further changed according to the specificity of the experiment.

On the basis of the suggested system of structural phytoindicational evaluation of soil contamination with heavy metals there were three general structural and transformational blocks singled out: Ni; Cu–Zn–Pb и Cd–Hg. While conducting further detailed ecological and toxicological analysis the number of defined blocks and groups can be largely increased, but the presented principles and exposures will be preserved. Manifestation of indicative polymorphism is specific for various species, which is ascertained by the structure of *Cichorium intybus* L. and *Plantago major* L. blades, the degree of pollen defectness of *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Berteroa incana* (L.) DC. and *Echium vulgare* L., indices of structural plasticity of fruits of *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Tanacetum vulgare* and others. Usually different structures of different plants are altered (elements of pollen structure of *Cichorium intybus*, *Reseda lutea* L., *Plantago major*). Such a condition points to regional specificity of the environment contamination with toxicants as well as of test-objects composition on a certain territory.

In future the programme of continuous phytoindicational monitoring of an industrial region can be enlarged, supplemented with alternative and informative data, which to a certain extent will enrich man's knowledge on the environment and will correct anthropogenic pressure on natural systems.

The main idea of this publication is the approach to the expert estimation of the urban environment with the help of ecological indices of indicator plants being part of the urban flora of Donetsk. The working block-scheme of this project realization consists in the analysis of the plants according to the types of survival in an industrial city while realizing vital strategies.

We suggest the following phyto-indices which range as follows for Donetsk according to a preliminary estimation:

- correlation of violents, patients and explerents (in the model variant 2 : 6 : 1),
- reproductive capacity of explerents (23-45 c.u.),
- reproductive capacity of patients (58-90 c.u.),
- reproductive effort of indicator plants (19-26),
- reproductive success of indicator plants among patients (20-27),
- demographic full value of patients (availability of all vital forms),
- structural plasticity of species of plants on the level of organ morphology (approaching to normal distribution),
- structural plasticity of species of plants according to histological distinctions (tissue deformations, mostly conformational functionally active tissues),
- percentage of species with wide ecological amplitude (no less than 45),
- percentage of species having formed strategies of adaptation to air pollution (no less than 35),
- percentage of species having formed adaptation to soil and water and soil solution pollution (no less than 60).

Such a botanical and ecological approach together with current activities on technical monitoring of the state of industrial environment in the Donetsk city will enable to estimate the ecological misbalance and the extent of ecotopes disturbance more correctly. So far, it's the biota that has that very informative index of living organisms' reaction to additional anthropogenic pressure.

Bibliography

1. *Charles P., Eric G., Toffler M.* Urban Ecology and the Restoration of Urban Ecosystems. – New York: New York Times A1, 2002. – 640 p.

2. *Odum E. P.* Ecology: A Bridge Between Science and Society. Sunderland. – Mass.: Sinauer Associates, 1997. – 754 p.
3. *Wilson D., Sober E.* Reviving the superorganism // Theoretical Bio. – № 136. – 1989. – P. 337-356.
4. *Wackernagel M.* Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. – New York: New Society Publishers, 2004. – 390 p.
5. *Glukhov A. Z., Safonov A. I.* Metalogenical phytotransformation on Donbass // XI Int. Symp. on Bioindicators "Problems of today in bioindication and biomonitoring" (Syktyvkar, 17-21 Sept. 2001). – Syktyvkar, 2001. – P. 254-255.
6. *Glukhov A. Z., Safonov A. I.* Structural plasticity of plants under a weak metallic stress // Int. Symp. "Plant under Environmental Stress" (Moscow, 23-28 Oct. 2001). – Moscow, 2001. – P. 81-82.
7. *Пат.* 65772 A UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб визначення забруднення ґрунтів важкими металами: Деклараційний патент на винахід. – О. З. Глухов, Н. А. Хижняк, А. І. Сафонов. – № 2003054433; Заявл. 19.05.03; Опубл. 15.04.04. – Бюл. № 4. – 5 с.
8. *Пат.* 22814 A UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб оцінки токсичності середовища в умовах забруднення автомобільним транспортом: Деклараційний патент на корисну модель. – А. І. Сафонов, П. С. Бєломеря. – № u 200613774; Заявл. 25.12.06, Опубл. 25.04.07. – Бюл. № 5. – 7 с.
9. *Ehrlich P.* World of Wounds: Ecologists and the Human Dilemma. – Oldendorf: Luhe Ecology Institute, 1997. – 340 p.
10. *Vitousek P. M., Mooney H. A., Lubchenco J., Melillo J. M.* Human domination of Earth's ecosystems // Science. – 1997. – № 277. – P. 494-499.
11. *Urban Agglomerations*. United Nations Population Division. – New York: United Nations, 1997. – P. 1950-2015.
12. *Cronon W.* Humans as Components of Ecosystems: The Ecology of Subtle Human Effects and Populated Areas. – New York: Springer-Verlag, 2002. – 850 p.
13. *Pickett S. T. A., Burch W. R. Jr., Dalton S. E., Foresman T. W., Grove J. M., Rowntree R.* A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas // Urban Ecosystems. – 1997. – № 1.– P. 185-199.
14. *Sukopp H.* Urban ecology and its application in Europe // SPB Academic Publishers. – 1990. – № 126.– P. 765-892.
15. *Глухов О. З., Сафонов А. І., Хижняк Н. А.* Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. – Донецьк: Вид-во Норд-Прес, 2006. – 360 с.

Сафонов А. И., Сафонова Ю. С. **Фитоэкологические характеристики промышленной урбанизированной среды.** – На примере г. Донецка с использованием биоиндикационных показателей проведен экологический анализ территории промышленного города. Учтены основные стратегии развития города. Предложена рабочая схема биоиндикационной оценки урбанизированной среды.
Ключевые слова: урбанизированная среда, биоиндикационная оценка.

Сафонов А. І., Сафонова Ю. С. **Фітоекологічні характеристики промислового урбанізованого середовища.** – На прикладі м. Донецька за умов використання біоіндикаційних показників проведено екологічний аналіз території промислового міста. Враховано загальні стратегії розвитку міста. Запропоновано робочу схему біоіндикаційної оцінки урбанізованого середовища.
Ключові слова: урбанізоване середовище, біоіндикаційна оцінка.

УДК 616.993.16.

Л. Д. Агаркова[1], О. М. Соколовская[1], Е. Н. Маслодудова[2], И. Н. Мельниченко[2]

ЗАРАЖЕННОСТЬ ЛЯМБЛИОЗОМ НАСЕЛЕНИЯ КИЕВСКОГО РАЙОНА Г. ДОНЕЦКА

[1]Паразитологический отдел Донецкой областной СЭС, паразитологический отдел СЭС Киевского района г. Донецка;
[2]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 304

Агаркова Л. Д., Соколовская О. М., Маслодудова Е. Н., Мельниченко И. Н. **Зараженность лямблиозом населения Киевского района г. Донецка. –** В статье дано состояние зараженности лямблиозом населения Киевского района г. Донецка, описаны особенности биологического развития лямблий, способы заражения, распространение. Приведены статистические данные зараженности населения в зависимости от различных факторов.

Ключевые слова: лямблиоз, инвазионность, факторы заражения.

Введение

Известно, что жизнь на нашей планете существует в виде разнообразных, сложно организованных динамических саморегулирующихся систем – биоценозов. Двадцатое столетие (особенно его вторая половина) отличается качественно новым периодом развития биосферы, когда воздействие человека на природу стало соизмеримо с действием геологических процессов [1].

В настоящее время нет общепринятой трактовки понятия "окружающая среда", однако, когда мы обращаемся к проблемам ее загрязнения, для нас это не имеет определяющего значения. Гораздо важнее установить направление и интенсивность процессов загрязнения.

Загрязнение окружающей среды вызывается разными факторами. В значительной мере оно связано с разнообразными промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами. Известны различные типы загрязнения: химическое, физическое, органическое, биологическое, включающие разнообразные их виды.

В этой связи должно быть совершенно ясно, что одной из форм биологического загрязнения является паразитарное загрязнение, характеризующееся своими определенными закономерностями.

Сбалансированность паразитарных систем в условиях значительной трансформации окружающей среды, происходящей под влиянием антропопрессии, резко нарушается. Особенно ощутимо это проявляется на урбанизированных территориях, и, прежде всего в условиях мегаполисов.

Возникающая при этом паразитологическая ситуация характеризуется параметрами заражения паразитами человека, животных и растений, часто значительно превышающими естественный фон. Именно такую ситуацию мы определяем как паразитарное загрязнение [1].

В настоящее время отмечается стремительный рост паразитарного загрязнения окружающей среды. Вместе с тем известно, что паразитарные инвазии занимают значительное место в этиологии и структуре кишечных заболеваний человека. Одной из наиболее значимых паразитарных инвазий является лямблиоз, удельный вес которого достигает 40-60% [2].

Лямблиоз, по оценке научной группы ВОЗ, относится к числу 6 кишечных паразитарных болезней человека, имеющих наибольшее значение для практического здравоохранения.

Лямблиоз – эндемическое заболевание во многих странах мира; пораженность им населения в зависимости от климато-географических особенностей территории и социально-экономических условий колеблется от 1 до 50%. По данным ВОЗ в странах Африки, Азии и Латинской Америки число инвазированных достигает 200 млн. человек. В развивающихся странах лямблиоз является одной из причин острой и упорной диареи. В США и Великобритании лямблиоз – одна из наиболее часто регистрируемых кишечных инвазий [3].

При изучении распространенности латентно протекающих инфекционных и паразитарных заболеваний, сопровождающихся диареей, в Австралии (г. Мельбурн) было выявлено, что первое место с большим отрывом от остальных исследуемых патогенов занимают представители вида *Giardia lamblia* (1,6%), причем, более часто их выделение обнаруживается среди детского населения [8].

Поражение лямблиозом детского населения планеты, в сравнении с взрослым, превышает в 5-6 раз [2, 4].

Рост заболеваемости лямблиозной инвазией регистрируется в настоящее время и на территории Российской Федерации, где показатель заболеваемости лямблиозом вырос с 88,0 до 90,9 на 100 тыс. населения в период с 1995 по 2000 гг. [5]. На территории России ежегодно регистрируется более 130 тыс. новых случаев клинически явного лямблиоза, причем 70% из них приходится на детей младше 14 лет. По некоторым данным, лямблиозом болеют до 20% населения земного шара.

По статистическим данным, в Украине количество взрослых, инвазированных лямблиозом, составляет 10%. При этом показатели инвазированности населения Украины лямблиозом более высокие в южных ее регионах, по сравнению с северными, что согласуется с литературными данными о наиболее интенсивном распространении этой инвазии в странах с жарким климатом [3].

Лямблиоз – широко распространенное заболевание человека, вызываемое *Giardia lamblia*. Длительное время патогенное воздействие лямблий на организм человека подвергалось сомнению. Однако к настоящему времени накопилось достаточное число доказательств, свидетельствующих о том, что они способны вызывать серьезные кишечные заболевания людей, как в форме эпидемий, так и в виде спорадических случаев.

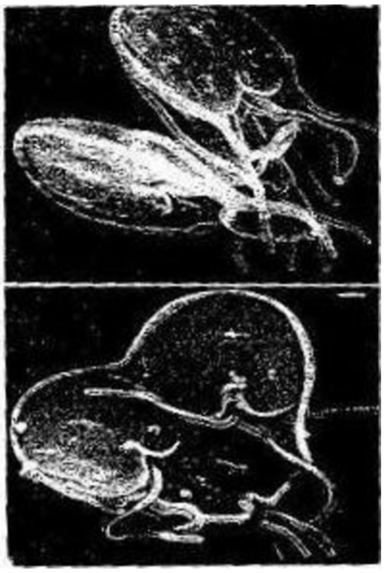
В фекалиях человека первым обнаружил никому неизвестные одноклеточные Антонио Ван Левенгук в 1681 г. Русский ученый Душан Федорович Лямбль (1824-1895), работавший врачом в детской клинике Леншера в Праге, в фекалиях детей, страдавших диареей, выявил в 1859 г. простейших, изучил и подробно описал их строение. В 1882 г. Кунстлер присвоил этому возбудителю название *Giardia*, а сами эти простейшие были потом отнесены к роду *Cercomonas*. В 1888 г. Р. Бланшар предложил выделить их в честь Д. Ф. Лямбля в самостоятельный род *Lamblia* [6].

Лямблии – простейшие из класса жгутиконосцев (Mastigophora), отряда Diplomonada, семейства Hexamitidae. Эти простейшие в своем развитии проходят две стадии вегетативную и цистную. На вегетативной стадии лямблии (трофозоиты) имеют грушевидную форму, средние размеры 9-12 мкм, активно передвигаются, каждая снабжена четырьмя парами жгутиков. Лямблии имеют ядра, передний конец тела у них широкий, задний – заостренный, форма симметричная, на вентральной поверхности располагается присасывательный диск, с помощью которого лямблии фиксируются к эпителиальным клеткам кишечной стенки. Цисты лямблий имеют овальную форму, содержат 2-4 ядра и свернутый жгутиковый аппарат, средние размеры их варьируют от 8 до 11 мкм.

Размножение лямблий происходит путем парного деления в местах их наибольшего скопления (рис. 1). Во внешнюю среду лямблии выделяются в форме цист, очень редко в форме трофозоитов [7] (рис. 2).

Источником заражения является только больной человек. Механизм передачи лямблиоза – фекально-оральный. Пути передачи возбудителя – контактно-бытовой, водный и пищевой. Факторами передачи являются загрязненные фекалиями, содержащими цисты лямблий, руки детей и персонала, предметы обихода, вода, пищевые продукты [6].

Лямблиоз может протекать бессимптомно (25-28%). В таких случаях речь идет о лямблионосительстве. В связи с этим лямблии относятся к условно-патогенной микрофлоре.



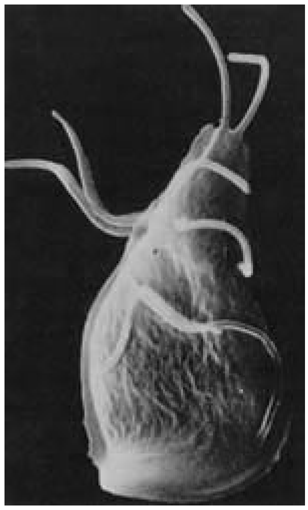


Рис. 1. Деление трофозоитов лямблий, в электронном микроскопе (Е. И. Бодня)

Рис. 2. *Lamblia intestinalis* (Lambl, 1859)

Лямблионосительство может переходить в болезнь (лямблиоз) при неблагоприятных воздействиях (перенесенное заболевание, гиповитаминоз, ослабление организма, малобелковое питание, хроническая патология органов пищеварения).

Существуют также субклинические формы заболевания (49%), протекающие с незначительной симптоматикой, и клинические (13-43%), дающие достаточно очерченную картину болезни. Клиника лямблиоза проявляется в виде различных кишечных синдромов (дуодениты, энтериты, энтероколиты, дискинезии двенадцатиперстной и тонкой кишки). Больные жалуются на общую слабость, плохой аппетит, поносы, тошноту. Испражнения бывают жидкие, часто пенистые, может быть бесцветный кал с примесью слизи. Эти симптомы совпадают по времени с периодами максимального цистовыделения [5].

Неблагополучная эпидемическая ситуация по лямблиозу на протяжении последних лет сложилась и в Донецкой области.

С момента введения регистрации лямблиоза в 2000 г. число больных выросло в 4,7 раза и составило 102,4 на 100 тыс. населения. По Донецкой области в 2004 году было выявлено 3,5 тыс. больных лямблиозом.

Удельный вес детей до 14 лет – 70%. Наиболее поражены среди данного возраста дети закрытых детских учреждений, заболеваемость среди них в 2,2 раза выше заболеваемости среди взрослых.

Число зараженных лямблиозом остается высоким и в г. Донецке. Так, в 2005 г. было зарегистрировано 564 случая заболеваний, а за 6 месяцев 2006 г. выявлено 269 новых случаев заболеваний. До 62% от общего числа заболевших составляют дети до 14 лет, из них более половины (52%) – учащиеся общеобразовательных школ.

Целью нашего исследования было изучение зараженности лямблиозом населения Киевского района г. Донецка в период 2003-2006 гг.

Материал и методы исследования

Для выявления инфицирования лямблиями нами были исследованы 14024 пробы испражнений, взятых у жителей Киевского района. Анализ полученных проб проводили в паразитологической лаборатории Киевской санитарно-эпидемиологической станции.

Выявление *L. intestinalis* (Lambl, 1859) среди обследованного контингента населения проводили методом микроскопического исследования нативных, окрашенных Люголем и по Романовскому-Гимза препаратов.

Результаты и обсуждение

Анализируя данные за период 2003-2006 гг., следует отметить, что уровни зараженности не претерпели существенных изменений. Однако установлена тенденция к снижению заболеваемости в 2005 и 2006 гг. Показатели инфицированности варьировали от 80,7 в 2004 г. до 29,6 в 2006 г. на 100 тыс. населения (табл. 1-3).

Таблица 1

Распространение лямблиоза среди населения Киевского района г. Донецка в период 2003-2004 гг.

№	Наименование	Кол-во контингента		Всего обследований		Процент обследований		Из них выявлено		Показатель на 100 тыс. населения	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
1.	Всего населения	128670	131384	2676	3803	2,3	2,9	101	106	78,4	80,7
2.	Дети до 14 лет	19560	17818	2524	2539	12,9	14,2	98	91	501,0	510,7
2.1.	Дети закрытых ДУ (дома ребенка, детские дома, школы-интернаты), где зарегистрировано 2 и сл. ОКИ с неустанов. этиологией	889	893	-	-	-	-	-	-	-	-
2.2.	Дети ДДУ	3239	3266	579	815	17,9	25	14	8	432,2	245
2.3.	Неорганизованные дети до 7 лет	2785	1985	586	660	21,0	33,2	22	27	789,9	1360,2
2.4.	Учащиеся школ 7-14 лет	12647	11745	1359	1044	10,7	8,9	62	55	490,2	468,2
2.5.	Прочее детское население	90	912	-	20	-	2,2	-	1	-	109,6
3.	Взрослое население	109110	113566	152	1264	0,14	1,1	3	15	27,0	13,2
3.1.	Амб. больные ЖКТ и с длительной эозинофилией неясной этиологии	2	1110	2	234	100	39,9	-	5	-	53,2
3.2.	Дисп. больные при взятии на учет с патологией ЖКТ	1095	586	85	370	7,7	33,3	3	10	273,9	900,9
3.3.	Больные госпит-ные в инфекционное отделение с ОКИ и неуст. этиологией	65	660	65	660	100	100	-	-	-	-

Таблица 2

Распространение лямблиоза среди населения Киевского района г. Донецка в 2005 г.

№	Наименование	Кол-во контингента	Всего обследований	Процент обследований	Из них выявлено	Показатель на 100 тыс. нас.
1.	Всего населения	132568	3340	2,5	56	42,2
2.	Дети до 14 лет	18753	2382	12,7	47	250,6
2.1.	Дети закрытых ДУ (дома ребенка, детские дома, школы-интернаты), где зарегистрировано 2 и сл. ОКИ с неустановленной этиологией	134	134	100	9	6716,4
2.2.	Дети ДДУ	3378	650	19,2	2	59,2
2.3.	Неорганизованные дети до 7 лет	3555	618	17,4	19	534,4
2.4.	Учащиеся школ 7-14 лет	10935	970	8,9	16	146,3
2.5.	Прочее детское население	751	10	1,3	1	133,1
3.	Взрослое население	113815	958	0,84	9	7,9
3.1.	Амб. больные ЖКТ и с длительной эозинофилией неясной этиологии	283	185	65,4	5	1766,7
3.2.	Дисп. больные при взятии на учет с патологией ЖКТ	276	113	40,9	4	1449,2
3.3.	Больные, госпитализированные в инфекционное отделение с ОКИ и неустановленной этиологии	660	660	100	-	-

Таблица 3

Распространение лямблиоза среди населения Киевского района г. Донецка в 2006 г.

№	Наименование	Кол-во контингента	Всего обследований	Процент обследований	Из них выявлено	Показатель на 100 тыс. нас.
1.	Всего населения	128129	4205	3,3	38	29,6
2.	Дети до 14 лет	16739	3196	19,1	31	185,1
2.1.	Дети закрытых ДУ (дома ребенка, детские дома, школы-интернаты), где зарегистрировано 2 и сл. ОКИ с неустановленной этиологией	150	66	44,0	1	666,6
2.2.	Дети ДДУ	2846	940	33,0	4	140,5
2.3.	Неорганизованные дети до 7 лет	3036	562	18,5	11	362,3
2.4.	Учащиеся школ 7-14 лет	10048	1603	15,9	15	149,3
2.5.	Прочее детское население	25	25	100	---	---
3.	Взрослое население	111390	1009	0,9	7	6,2
3.1.	Амб. больные ЖКТ и с длительной эозинофилией неясной этиологии	219	109	54,3	2	913,2
3.2.	Дисп. больные при взятии на учет с патологией ЖКТ	284	264	93,0	5	1760,5
3.3.	Больные, госпитализированные в инфекционное отделение с ОКИ и неустановленной этиологии	626	626	100	-	-

Данные лечебных учреждений района свидетельствуют, что чаще болеют лямблиозом организованные дети. Заболеваемость школьников 7-14 лет практически в 2 раза выше, чем в других возрастных группах, и варьировала от 62 выявленных больных в 2003 г. до 15 – в 2006 г., составляя, соответственно, 490,2 и 149,2 человека на 100 тыс. населения (рис. 3).

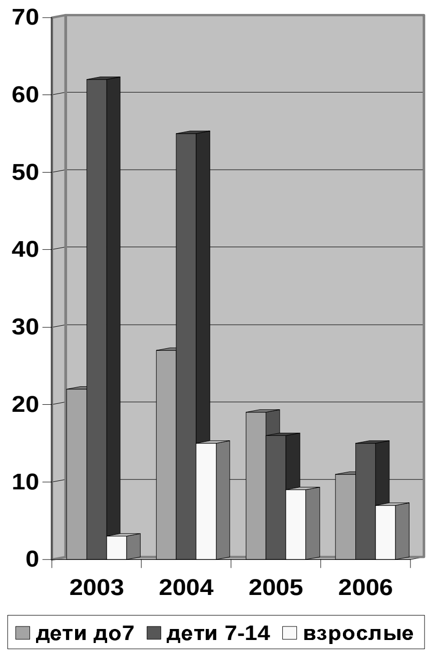


Рис. 3. Заболеваемость лямблиозом населения Киевского района за 2003-2006 гг.

Обнаружена достаточно высокая заболеваемость среди неорганизованных детей до 7 лет. Так, количество зараженных детей этой группы составило в 2003 г. – 22 человека, в 2004 г. – 27, в 2005 г. – 19, а в 2006 г. – 11 человек.

Дети дошкольных учреждений (ДДУ) лямблиозной инвазии подвержены в 2-3 раза меньше. Их количество варьирует от 14 человек в 2003 г. до 2-х – в 2005 г. Но следует указать, что группой риска по лямблиозу остаются дети младшего возраста, недостаточно владеющие навыками личной гигиены.

Более 2/3 всех зарегистрированных больных лямблиозом составили дети до14 лет.

При анализе социальной структуры населения установлено, что среди заболевших детей преобладали школьники. У детей, посещающих детские сады и другие дошкольные учреждения, частота регистрации заболевания была в 2 раза меньше, чем у неорганизованных. Количество больных школьников из числа обследованных составило: в 2003 г. – 62 человека, в 2004 г. – 55, в 2005 г. – 16 и в 2006 г. – 15 человек, а детей, посещающих детские сады и другие ДДУ: в 2003 г. – 14 человек, в 2004 г. – 8, в 2005 г. – 2, в 2006 г. – 4 человека. Частота заболеваемости лямблиозом среди неорганизованных детей до 7 лет составляла в 2003 г. 22 человек, в 2004 г. – 27, в 2005 г. – 19, в 2006 г. – 11 человек (см. табл. 1-3; рис. 3).

Среди взрослого населения района заболеваемость лямблиозом варьировала. Так, в 2003 г. количество больных составляло 3 человека, в 2004 г. – 15, в 2005 г. – 9, в 2006 г. – 7 человек.

Максимальная заболеваемость лямблиозом у взрослых отмечена в группе лиц с патологией желудочно-кишечного тракта. Количество заболевших лямблиозом среди взрослого населения с патологией ЖКТ при взятии на диспансерный учет также варьирует от 10 человек в 2004 г. (что составляет 900,9 на 100 тыс. населения) до 4 – в 2005 г. (1449,2 на 100 тыс. населения). В целом, установленная закономерность зараженности лямблиозом сохраняется для всего района города.

Следует отметить увеличение количества обследованного населения Киевского района в связи с усилением профилактических мероприятий. В 2003 г. число обследованных составило 2676 человек (2,3% всего населения района), в 2004 г. этот показатель составил 3803 (2,9%), в 2005 г. – 3340 (2,5%), а в 2006 г. количество обследованных возросло до 4205 человек (3,3%).

Обследование неорганизованных детей до 7 лет варьировало в различные периоды исследования. Так, в 2003 г. дети до 7 лет были обследованы на 21% (из них выявлено 22 зараженных), в 2004 г. – на 33,2% (27 зараженных), в 2005 г. – на 17,4% (19 зараженных), в 2006 г. – на 18,5% (11 зараженных). Дети дошкольных детских учреждений обследованы соответственно в 2003 г. на 17,9% (из них больные составили 14 человек), в 2004 г. – на 25% (из них 8 больных), в 2005 г.– на 19,2% (из них 2 больных) и в 2006 г.– на 33% (из них 4 больных).

Больные, госпитализированные в инфекционные отделения с острой кишечной инфекцией неустановленной этиологии, обследованы на 100%.

Зараженность населения лямблиозом зависит и от уровня экологического неблагополучия в районе проживания.

Анализ заболеваемости среди отдельных групп населения не выявил преимущественного социального слоя, наиболее подверженного заболеванию.

Таким образом, среди населения Киевского района зарегистрирован достаточно высокий уровень зараженности лямблиозом со среднегодовым значением показателя на 100 тыс. населения 57,7 (среднегородской показатель за 2006 г. составляет 49,3). В общей структуре больных лямблиозом школьники от 7 до 14 лет составляют 2/3 всех заболевших (148 человек), тогда как на долю дошкольников приходится менее 30% (28 человек). Этот факт, по-видимому, можно объяснить преобладанием среди школьников контактно-бытового пути передачи инфекции вследствие низкого уровня санитарно-гигиенических навыков.

Выводы

В Киевском районе г. Донецка зарегистрирован высокий уровень зараженности лямблиозом. Из 14024 обследованных в период 2003-2006 гг. выявлен 301 зараженный, что составляет 57,7 на 100 тыс. населения.

Лямблиоз наиболее широко распространен среди детей школьного возраста (7-14 лет), в 2003-2006 гг. их зараженность составляла 1% от общего числа обследованных. У организованных детей дошкольных учреждений частота регистрации заболевания значительно ниже и составляла 0,19%. Взрослое население заражено на 0,24%.

Рост инвазированности жителей Киевского района г. Донецка и усиление риска заболеваемости лямблиозом обусловлены социально-экономическими условиями, климатическим режимом региона, организацией питания и водоснабжения, а также низким уровнем санитарно-гигиенической культуры населения.

Список литературы

1. *Сонин М. Д., Беэр С. А., Ройтман В. А., Сергиев В. П., Романенко Н. А.* Закономерность формирования паразитарного загрязнения среды в урбанизированных экосистемах // Мед. паразитол. и паразит. болезни. – 2000. – С. 7-11.

2. *Крамарев С. А., Ершова И. Б.* Лямблиоз. Диагностика, клиника, лечение. (Методические рекомендации). – К., 2005. – 21 с.

3. *Возіанова Ж. І.* Інфекційні і паразитарні хвороби. – К.: Здоров’я, 2001. – Т. 1. – 854 с.

4. *Бандурина Т. Ю., Кнорринг Г. Ю.* Проблемы диагностики и лечения лямблиоза у детей // Terra medica. – № 4, 2-3. – С. 23-27.

5. *Тумольская Н. И.* Роль лямблий в патологии человека // Врач. – 2000. – № 8. – С. 23-25.

6. *Поляков В. Е., Иванова И. А., Казакова С. И.* Лямблиоз у детей и подростков // Рос. мед. журнал. – 2004. – № 6. – С. 47-50.

7. *Ежова И. С.* Лямблиоз // Мед. сестра. – 1988. – № 7. – С. 59-61.

8. *Hellard M. E., Sinclair M. I., Hogg G. G., Fairley C. K.* // J. Gastroenterol. Hepatol. – 2000. – Vol. 15, N 3. – P. 290-293.

Агаркова Л. Д., Соколовська О. М., Маслодудова К. М., Мельніченко І. М. **Зараженість лямбліозом населення Київського району м. Донецька. –** У статті подано становище зараженості лямбліозом населення Київського району м. Донецька, описані особливості біологічного розвитку лямблій, засоби зараження, поширеність. Наведені статистичні данні зараженості населення залежно від різних факторів.

Ключові слова: лямбліоз, інвазіонність, фактори зараження.

Agarkova L. D., Sokolovskaya O. M., Maslodudova E. N., Melnichenko I. N. **The invazyation population lyamblyy in the Kievsky area of Donetsk. –** The results of the research testify that in the Kievsky area of Donetsk in the last few years is growth of invazyation population of lamblyy.

Key words: lamblios, invazyation, factors disease.

УДК 594.38

Н. В. Гураль-Сверлова[1], В. В. Мартынов[2]

КОНХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *CEPAEA VINDOBONENSIS* (GASTROPODA, PULMONATA, HELICIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

[1]Государственный природоведческий музей НАН Украины, г. Львов
[2]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 312
e-mail: matynov@dongu.donetsk.ua

Гураль-Сверлова Н. В., Мартынов В. В. **Конхологические особенности популяций *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на территории Донецкой области**. – Фенетическая структура исследованных популяций *C. vindobonensis* отличается относительно высокой долей фенотипа 10345, низкой долей 1(23)45, выраженной тенденцией к сужению 2-й полосы на раковинах фенотипа 12345 и редкой встречаемостью формы *pallescens*. Окраска раковин в популяциях постепенно осветляется при продвижении с юга на север. Средние размеры раковин уменьшаются на юге и в урбанизированных биотопах. Проведено сравнение с данными из других регионов Украины.

Ключевые слова: *Cepaea*, полиморфизм, конхологические параметры, Украина, Донецкая область.

Введение

Наземные моллюски рода *Cepaea* давно привлекают внимание исследователей благодаря отчетливо выраженному полиморфизму в окраске раковины, что позволяет изучать генетико-популяционные процессы методами фенетики, т. е. на большом статистическом материале и без значительных материальных затрат. Однако до сих пор основное внимание уделялось двум представителям данного рода, распространенным преимущественно в Средней, Западной и Северной Европе, а именно *Cepaea nemoralis* (L.) и *C. hortensis* (Müll.). На Украине оба указанных вида хотя и встречаются, но только в виде отдельных интродуцированных популяций в западной части страны, в основном во Львовской области [1]. В то же время автохтонный вид *Cepaea vindobonensis* (Fér.) населяет практически всю территорию Украины, что делает возможным изучение географической изменчивости конхологических признаков и, следовательно, более обоснованную оценку их адаптивной ценности.

До сих пор исследования фенетической структуры популяций *C. vindobonensis* были сосредоточены в западной [2] и юго-западной [3-5] части Украины. Обобщающий анализ полученных данных [1] позволил выявить, во-первых, существенные различия между двумя регионами, которые могут быть объяснены действием климатической селекции, во-вторых, некоторые общие тенденции изменения фенетической структуры популяций в урбанизированной среде. Метрические признаки раковин *C. vindobonensis* исследовали, преимущественно, вне связи с фенетической структурой конкретных популяций или колоний [1, 6], хотя физические свойства раковины и, следовательно, ее адаптивную ценность в конкретных условиях внешней среды формируют не отдельные конхологические признаки (окраска, форма, размеры раковины, толщина раковинной стенки и т. д.), а их совокупность [7]. Поэтому целесообразнее проводить параллельные фенетические и конхиометрические исследования, что было сделано пока только на западе Украины [2, 8].

Целью данной работы было выяснение специфических конхологических особенностей популяций *C. vindobonensis*, обитающих в юго-восточной части Украины, путем фенетического и конхиометрического исследования выборок, собранных в природных и антропогенно трансформированных биотопах Донецкой области. Дополнительными заданиями были анализ возможного влияния урбанизации и географического расположения заселенных моллюсками биотопов на фенетическую структуру популяций и метрические характеристики раковин, сравнение полученных результатов с данными из других регионов страны.

Материал и методы исследований

Всего в период с сентября 2005 г. по июль 2006 г. на территории Донецкой области было собрано 12 выборок, состоявших из пустых раковин *C. vindobonensis*, реже – из недавно погибших или живых (выборка U2) особей. Данные о местах сбора выборок и общем характере заселенных моллюсками биотопов указаны в табл. 1. Размеры участков колебались в значительных пределах: от 40-50 м^2 (участки NU1 и U4) до нескольких тысяч квадратных метров (участки NU5 и U5); однако их протяженность не превышала 150 м.

Таблица 1

Места сбора выборок *C. vindobonensis*

Код выборки	Административный район	Населенный пункт	Биотоп
Урбанизированные биотопы			
U1	Амвросиевский	г. Амвросиевка	Лесополоса (ясень, бересклет) без травяного яруса
U2	–	г. Донецк	Рекультивированный террикон, нижняя часть западного склона
U3	Славянский	г. Славянск	Берег оз. Соленое, заросли тростника
U4	Ясиноватский	г. Авдеевка	Сорно-степной участок с отдельными кустами шиповника
U5	–	г. Донецк	Парк Ленком, сорно-степная растительность с доминированием пырея и отдельными деревьями лоха
Неурбанизированные биотопы			
NU1	Першотравневый	с. Белосарайская Коса	Белосарайская коса, куртины злаков, кермека и сорной растительности
NU2	Першотравневый	с. Юрьевка	Степной участок
NU3	Марьинский	с. Галициновка	Лесополоса (робиния) со слабо развитым травяным ярусом
NU4	Тельмановский	с. Самсоново	Заповедник "Хомутовская степь", заросли терна на склоне вдоль реки
NU5	Тельмановский	с. Гранитное	Заросли терна на степном склоне
NU6	Славянский	с. Богородичное	Пойменный дубово-кленовый лес, без травяного яруса
NU7	Славянский	с. Богородичное	Меловые склоны с куртинами злаково-разнотравной растительности

При анализе полученных результатов все выборки были разделены на две группы. В первую группу попали выборки из урбанизированных биотопов (U1-U5), во вторую – из природных и антропогенно измененных биотопов, расположенных вне населенных пунктов (NU1-NU7). По географическому расположению мест сбора выборки были дополнительно разделены на три группы, условно обозначенные в таблицах как "юг", "центр" и "север". К "южным" были отнесены выборки, собранные на побережье Азовского моря (Белосарайская Коса, Юрьевка) или удаленные от берега моря не более чем на 40 км (Самсоново, Гранитное). К "центральным" – отнесены выборки, собранные в Донецке и его окрестностях (Авдеевка, Галициновка), а также в расположенной юго-восточнее Амвросиевке. Места сбора были удалены от берега моря на расстоянии 70-120 км. И, наконец, "северные" выборки (Славянск, Богородичное) отделяло от моря расстояние порядка 200 км.

Учитывали только полностью сформированные раковины половозрелых особей, при проведении конхиометрических исследований – только те из них, которые не подвергались в процессе своего формирования механическим повреждениям, которые могли повлиять на конечные размеры или форму раковины. Поэтому количество промеренных раковин (N) всегда было меньшим, чем при анализе фенетической структуры (No). Из крупной выборки U5 была измерена только произвольно взятая часть раковин. Выборка U4 не была вовлечена в конхиометрические исследования из-за плохой сохранности раковин. Всего при количественном анализе фенетической структуры было учтено 1445 раковин, при проведении конхиометрических исследований – измерено 918 раковин.

Фенотипы определяли и записывали по стандартной методике [9]. Полосы нумеровали арабскими цифрами по направлению от шва (между последним и предпоследним оборотами) к пупку. Отсутствие полосы обозначали "0" вместо соответствующей цифры, слияние соседних полос – круглыми скобками. Две полосы считали слившимися, если они полностью или частично объединялись не менее чем за 90^0 до устья. Относительную ширину трех верхних полос оценивали на последней четверти последнего оборота. Для количественной оценки фенетического разнообразия в исследованных выборках использовали индексы, предложенные Л. А. Животовским [10].

При конхиометрических исследованиях измеряли высоту (ВР) и ширину (ШР) раковины, не учитывая при этом отворот устья. Это позволяет точнее отобразить реальные размеры (объем) раковины [1]. Форму раковины характеризовали отношением ВР / ШР. Её условный объем рассчитывали по формуле

$$Vp = \frac{ШР^2\ ВР}{2}$$

Авторы статьи выражают искреннюю признательность канд. биол. наук Ю. Л. Кульбачко (Днепропетровский национальный университет), канд. биол. наук Е. В. Прокопенко, Т. В. Никулиной, Ю. А. Ткачевой, А. С. Хаустовой, Л. А. Микулич (Донецкий национальный университет) за помощь в сборе конхологического материала.

Результаты и обсуждение

В разных частях Украины [1-3, 5] и видового ареала *C. vindobonensis* в целом [11-13] наиболее типичными для окрасочного полиморфизма раковин являются следующие вариации: 1) по наличию-слиянию отдельных полос – фенотипы 12345, 10345 и 1(23)45; 2) по окраске полос – раковины с нормально пигментированными полосами и форма *pallescens* (см. ниже). Если фенотип 12345 в большинстве случаев доминирует, то соотношение 10345 и 1(23)45 может существенно изменяться и в отдельных популяциях (колониях), и в разных частях ареала. Например, в исследованных ранее выборках из западных (Львовской, Ивано-Франковской, Черновицкой) и юго-западной (Николаевской) областей Украины [1] средняя частота встречаемости мало изменялась для морфы 10345 (соответственно 11,3 и 9,4%) и резко снижалась для морфы 1(23)45 (от 14,0 до 2,1%).

Выборки из Донецкой области (табл. 2) отличаются, в целом, высокой долей фенотипа 10345 (в среднем 26,8%) и низкой встречаемостью морфы 1(23)45 (2,0%). В целом лишь 23 из 1445 исследованных раковин имеют тенденцию к слиянию двух соседних полос: у 21 из них это проявляется в частичном слиянии 2-й и 3-й полос, и лишь у 2-х экземпляров наблюдается частичное слияние 1-й и 2-й полос. Таким образом, низкую встречаемость фенотипов со слившимися полосами, очевидно, можно считать характерной для популяций *C. vindobonensis* из степной зоны Украины. Это вполне согласуется с действием климатической селекции, поскольку раковины с более темной окраской больше подвержены перегреву.

В то же время континентальность климата на территории Украины увеличивается по мере продвижения с запада на восток, что, вероятно, находит свое отражение в увеличении доли раковин с отсутствием 2-й полосы или ее относительно слабым развитием (табл. 3). В целом из 848 раковин фенотипа 12345 у 26% 2-я полоса очень узкая, нитевидная, иногда заметна лишь на отдельных участках раковины. Еще у 44% раковин 2-я полоса отчетливая, но заметно уже 1-й. Таким образом, около 70% пятиполосых раковин имеют тенденцию к сужению и постепенному исчезновению 2-й полосы. Известно, что светло окрашенные морфы *Cepaea* менее чувствительны как к действию высоких температур, так и к резким колебаниям внешней температуры, что может быть полезно в условиях большей континентальности климата [7, 14].

При продвижении с юга, где континентальность климата ослабляется близостью Азовского моря, на север Донецкой области средняя частота встречаемости постепенно увеличивается для морфы 10345 и, соответственно, уменьшается для 12345 и 1(23)45. Одновременно несколько возрастает внутрипопуляционное разнообразие, о чем свидетельствует увеличение среднего значения μ (см. табл. 2).

Таблица 2

Фенетическая структура исследованных выборок *C. vindobonensis*

Выборка	No	Фенотипы				Nm	μ	h
		12345	10345	1(23)45	прочие			
Урбанизированные биотопы								
U1	245	71,4	26,9	1,2	0,4	4	1,86	0,53
U2	40	95,0	5,0	–	–	2	1,44	0,28
U3	91	80,2	18,7	1,1	–	3	1,76	0,41
U4	98	75,7	22,4	2,0	–	3	1,80	0,40
U5	276	13,0	85,5	1,1	0,4	4	1,65	0,59
среднее	150,0	67,06	31,70	1,08	0,16	3,2	1,702	0,442
Неурбанизированные биотопы								
NU1	73	90,4	9,6	–	–	2	1,59	0,21
NU2	64	85,9	3,1	10,9	–	3	1,22	0,59
NU3	43	83,7	7,0	4,6	4,6	4	1,39	0,65
NU4	178	88,2	11,2	0,6	–	3	1,62	0,46
NU5	71	67,6	32,4	–	–	2	1,94	0,03
NU6	63	76,2	22,2	1,6	–	3	1,81	0,40
NU7	203	20,7	78,3	0,5	0,5	4	1,79	0,55
среднее	99,3	73,24	23,40	2,60	0,73	3,0	1,623	0,413
для 3, 6, 7		60,20	35,83	2,23	1,70	3,7	1,663	0,533
По расположению мест сбора								
Юг	96,5	83,02	14,07	5,75	–	2,5	1,592	0,322
Центр	140,4	67,76	29,36	1,78	1,08	3,4	1,628	0,490
Север	119,0	59,03	39,73	1,07	0,17	3,3	1,787	0,453

Примечание. No – количество раковин; Nm – количество морф; μ – показатель внутрипопуляционного разнообразия; h – доля редких морф.

Количественное распределение морф является наиболее выровненным в "южных" выборках, о чем свидетельствует минимальное среднее значение h. Все 4 выборки, собранные на юге Донецкой области, представлены только 2-я или 3-я основными морфами (см. табл. 2), тогда как в половине прочих выборок попадаются единичные раковины с редкими фенотипами. К ним относятся, кроме упомянутой выше морфы (12)345, также фенотипы 12305, 00345, 10045. Весьма вероятно, что последние три морфы представляют собой обусловленные влиянием внешней среды модификации фоновых фенотипов 12345 и 10345.

В отличие от исследованных ранее регионов Украины [1], выборки *C. vindobonensis*, собранные в урбанизированных биотопах Донецкой области, отличаются тенденцией к осветлению, а не к потемнению окраски раковин. Эта тенденция проявляется в некотором увеличении средней частоты встречаемости фенотипа 10345 (см. табл. 2), а также доли раковин с относительно узкой 2-й полосой среди пятиполосых раковин (табл. 3). Однако следует обратить внимание, что большинство исследованных урбанизированных биотопов находятся в центральной части области, а более половины неурбанизированных – в её южной части. Поэтому на полученные результаты могло повлиять географическое расположение выборок (см. выше). Если исключить из анализа 4 "южные" выборки, относительная ширина верхних полос в неурбанизированных биотопах изменяется незначительно (см. табл. 3), однако заметно увеличивается средняя частота встречаемости морфы 10345 (см. табл. 2). Таким образом, без учета "южных" выборок в урбанизированных биотопах наблюдается тенденция скорее не к осветлению, а к некоторому "усреднению" окраски раковин, что выражается в некотором уменьшении доли как наиболее светлых, так и наиболее темных раковин (см. табл. 2). При этом уровень фенетического разнообразия (μ) остается выше в урбанизированных биотопах, что наблюдалось и в других регионах Украины [1, 5].

Таблица 3

Относительная ширина верхних полос на 5-полосых раковинах *C. vindobonensis*

Выборка	N_5	Относительная ширина полос			
		1>2<3	1≈2<3	1≈2≈3	прочие
Урбанизированные биотопы					
U1	175	80,6	14,3	5,1	–
U2	38	84,2	15,8	–	–
U3	73	52,0	43,8	4,1	–
U4	74	93,2	5,4	1,3	–
U5	36	77,8	22,2	–	–
среднее	79,2	77,56	20,30	2,10	–
Неурбанизированные биотопы					
NU1	66	69,7	30,3	–	–
NU2	55	69,1	29,1	–	1,8
NU3	36	63,9	36,1	–	–
NU4	157	63,7	33,1	3,2	–
NU5	48	72,9	22,9	2,1	2,1
NU6	48	56,2	43,7	–	–
NU7	42	92,8	7,1	–	–
среднее	64,6	69,76	28,90	0,76	0,56
для 3, 6, 7		70,97	28,97	–	–
По расположению мест сбора					
Юг	81,5	68,85	28,85	1,32	0,97
Центр	71,8	79,94	18,76	1,28	–
Север	54,3	67,00	31,53	1,37	–

Примечание. N_5 – количество раковин фенотипа 12345; 1>2 – первая полоса шире второй; 1≈2 – полосы приблизительно одинаковой ширины.

Форма *pallescens* достаточно обычная на западе и юго-западе Украины [1, 5, 8] и отличающаяся светло-коричневыми полосами на, обычно, относительно темном фоне раковины, зарегистрирована лишь в одной из 12 исследованных выборок, собранной на севере области – в г. Славянске (U3). При этом моллюски населяли достаточно специфический биотоп – тростниковые заросли на берегу озера. Интересно, что доля особей формы *pallescens* превышает 50%. Средние же размеры раковин у этой формы лишь немного уступают таковым у раковин с нормально пигментированными полосами (табл. 4). При этом различия не достигают статистически значимых величин ни для измеренных (ВР, ШР), ни для высчитанных (ВР / ШР, Vp) параметров (уровень вероятности $p<0,90$). Очевидно, климатические условия региона являются, в целом, неблагоприятными для формы *pallescens*, хотя в некоторых случаях они могут компенсироваться специфическими микроклиматическими условиями. На западе Украины, где форма *pallescens* достаточно обычна, она, напротив, полностью или почти полностью отсутствует в таких специфических биотопах, как склоны холмов с выходящими на поверхность известняковыми породами [1, 2]

Относительно небольшие средние размеры раковин *C. vindobonensis* характерны, во-первых, для выборок, собранных в южной части Донецкой области, во-вторых, для выборок из урбанизированных биотопов (см. табл. 4). Различия между урбанизированными и неурбанизированными биотопами становятся еще более очевидными, если исключить из анализа 4 "южные" выборки" (см. выше). Выборки, собранные в урбанизированной среде, отличались также несколько большей стабильностью высоты и формы раковины, о чем свидетельствуют средние значения Cv для ВР и ВР / ШР (см. табл. 4).

До сих пор не удалось получить однозначных выводов о влиянии урбанизации на размеры раковин *C. vindobonensis*. Так, в региональном ландшафтном парке "Знесиння" во Львове средние размеры раковин увеличивались, их форма становилась более высокой, а окраска темнела по мере продвижения от окраины к центральной части города [8]. При сравнении же 4 городских (г. Николаев) и 2 негородских выборок *C. vindobonensis*, собранных на территории Северо-Западного Причерноморья [1], лишь в одном случае наблюдалось увеличение средних размеров раковин в урбанизированной среде по сравнению с контролем.

Таблица 4

Результаты биометрических исследований раковин *C. vindobonensis*

Выборка	N	Высота раковины (ВР), мм		Ширина раковины (ШР), мм		Индекс ВР/ШР		Объем (Vp), мм^3	
		M±m, мм	Cv, %	M±m, мм	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m, мм^3	Cv, %
Урбанизированные биотопы									
U1	137	17,01±0,061	4,17	21,02±0,076	4,24	0,810±0,002	2,35	3776±38,6	11,96
U2	33	17,06±0,130	4,36	20,70±0,145	4,02	0,825±0,005	3,47	3667±71,9	11,27
U3	62	16,77±0,098	4,61	20,18±0,099	3,85	0,831±0,004	3,33	3429±49,9	11,45
U3-PAL	33	16,74±0,136	4,66	20,15±0,126	3,59	0,831±0,005	3,68	3409±64,9	10,93
U3-NORM	29	16,80±0,144	4,61	20,23±0,157	4,18	0,831±0,005	2,93	3453±77,9	12,15
U5	92	16,97±0,073	4,14	20,01±0,077	3,71	0,848±0,002	2,73	3409±38,7	10,89
среднее	81,0	16,95	4,32	20,48	3,95	0,828	2,97	3570	11,39
Неурбанизированные биотопы									
NU1	65	16,26±0,087	4,33	20,59±0,097	3,78	0,790±0,003	3,23	3461±46,7	10,88
NU2	50	16,05±0,117	5,18	19,54±0,118	4,26	0,821±0,004	3,42	3079±56,2	12,92
NU3	34	18,65±0,167	5,23	21,56±0,149	4,04	0,865±0,005	3,54	4352±95,0	12,72
NU4	157	16,74±0,051	3,82	20,32±0,056	3,45	0,824±0,002	3,15	3468±27,3	9,85
NU5	63	17,86±0,099	4,39	21,40±0,108	4,00	0,835±0,004	3,47	4105±58,5	11,31
NU6	57	18,55±0,138	5,63	21,72±0,129	4,48	0,854±0,005	4,12	4401±79,2	13,60
NU7	168	16,67±0,055	4,29	20,51±0,054	3,43	0,813±0,002	3,33	3516±27,6	10,17
среднее	84,8	17,25	4,69	20,80	3,92	0,829	3,46	3769	11,63
для 3, 6, 7	86,3	17,96	5,05	21,26	3,98	0,844	3,66	4090	12,16
По расположению мест сбора									
Юг	83,7	16,73	4,43	20,46	3,87	0,817	3,32	3528	11,24
Центр	74,0	17,42	4,47	20,82	4,00	0,837	3,02	3801	11,71
Север	95,7	17,33	4,84	20,80	3,92	0,833	3,59	3782	11,74

Примечание. M – среднее арифметическое; m – его ошибка; Cv – коэффициент вариации; PAL – форма *pallescens*; NORM – раковины с нормально пигментированными полосами.

Возможно, во Львовской области, где степной вид *C. vindobonensis* заселяет преимущественно открытые ксеротермные участки, более теплый и стабильный микроклимат большого города может оказаться благоприятным или для роста моллюсков, или для отбора особей с генетически детерминированными крупными размерами раковин [8]. В условиях же степной зоны дополнительное урбогенное тепло может оказаться избыточным. В то же время мелкие размеры раковин не обязательно свидетельствуют о неблагоприятных условиях заселенного моллюсками биотопа, а могут являться конхологической адаптацией к определенному набору макро- и микроклиматических факторов [15].

В среднем измеренные раковины *C. vindobonensis* из Донецкой области несколько шире по сравнению с исследованными ранее выборками изо Львовской и Ивано-Франковской областей [8] и имеют более уплощенную форму. Средние значения ШР и индекса ВР / ШР составили, соответственно 20,69 мм и 0,829 для Донецкой области и 20,43 мм и 0,838 для западного региона страны. К сожалению, разная методика измерения ВР и ШР [1] не позволяет сравнить полученные нами данные с другими имеющимися в литературе сведениями о конхологических параметрах *C. vindobonensis* в разных частях Украины [1, 6].

Проследить влияние микроклиматических особенностей заселенных моллюсками биотопов на весь комплекс конхологических признаков можно на примере 2 выборок, собранных в окрестностях с. Богородичное Славянского р-на (см. табл. 1). На покрытых травянистой растительностью меловых склонах (выборка NU7) наблюдается заметное осветление окраски раковин по сравнению с пойменным дубово-кленовым лесом (NU6). При этом доля раковин фенотипа 10345 увеличивается в 3,5 раза (см. табл. 2), а доля пятиполосых раковин с суженой 2-й полосой – в 1,6 раза (см. табл. 3). В Венгрии аналогичные изменения окраски раковин наблюдались в сухом лесу по сравнению с влажным лесным биотопом [11]. Параллельно ВР уменьшается, в среднем, на 10%, ШР – на 6%, индекс ВР/ШР – на 5%, а рассчитанный условный объем раковины – на 20%. Все выявленные различия статистически достоверны (p>0,999). Таким образом, в открытом ксеротермном биотопе наблюдается ярко выраженная тенденция к осветлению, уменьшению и уплощению раковин модельного вида.

Выводы

Проведенные исследования позволили выявить характерные особенности фенетической структуры популяций *C. vindobonensis* на территории Донецкой области: относительно высокую долю фенотипа 10345 и низкую – 1(23)45, отчетливое преобладание среди 5-полосых раковин таковых с суженой 2-й полосой, редкую встречаемость формы *pallescens*. При этом была отмечена тенденция к постепенному осветлению окраски раковин в популяциях при продвижении с юга на север. Средние же размеры раковин уменьшались как в южной части Донецкой области, так и в исследованных урбанизированных биотопах.

Полученные данные о влиянии урбанизации на фенетическую структуру популяций и метрические признаки раковин *C. vindobonensis* не соответствуют большинству закономерностей, выявленных ранее для западной и юго-западной части Украины, что может быть связано с различными климатическими условиями сравниваемых регионов.

По мере накопления соответствующих данных из других регионов страны полученные результаты будут использованы для комплексного анализа географической изменчивости конхологических признаков *C. vindobonensis* на территории Украины, что позволит точнее оценить адаптивную ценность отдельных признаков, а также их комбинаций.

Список литературы

1. *Сверлова Н. В., Хлус Л. Н., Крамаренко С. С. и др.* Фауна, экология и внутривидовая изменчивость наземных моллюсков в урбанизированной среде. – Львов, 2006. – С. 178-180.
2. *Сверлова Н. В., Кирпан С. П.* Фенетична структура популяцій *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на заході України // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2004. – Т. 19. – С. 107-114.
3. *Крамаренко С. С.* Географічна та хронологічна мінливість фенетичної структури популяцій наземного молюска *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) Півдня України // III новорічні біологічні читання: Зб. наук. праць. – Миколаїв: МДУ, 2003. – Зб. 3. – С. 23-26.
4. *Крамаренко С. С.* Особливості формування поліморфізму наземних молюсків *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda; Pulmonata; Helicidae) в умовах тиску хижаків // Наук. праці Миколаїв. держ. гуман. ун-ту ім. П. Могили. – Миколаїв, 2006. – Т. 58, вип. 45. – С. 23-26.
5. *Крамаренко С. С., Хохуткин И. М., Гребенников М. Е.* Особенности фенетической структуры наземного моллюска *Cepaea vindobonensis* (Pulmonata; Helicidae) в урбанизированных и природных популяциях // Экология. – 2007. – № 1. – С. 42-48.
6. *Хлус Л. М., Хлус К. М.* Конхологічні особливості буковинських популяцій *Cepaea vindobonensis* Fer. (Geophyla, Helicidae) // Гори і люди (у контексті сталого розвитку). Мат. Міжнар. конф. (Рахів, 14-18 жовтня 2002 р.). – Рахів, 2002. – Т. 2. – С. 522-526.
7. *Sverlova N.* Landschnecken-Farbpolymorphismus aus physikalischen Gründen (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) // Malak. Abh. Mus. Tierkde. – Dresden, 2004. – B. 22. – S. 131-145.
8. *Сверлова Н. В.* Вплив урбанізації на конхологічні параметри *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на заході України // Наук. зап. Держ. природозн. музею. – Львів, 2007. – Вип. 23. – С. 85-94.
9. *Clarke B.* Divergent effects of natural selection on two closely-related polymorphic snails // Heredity. – 1960. – Vol. 14, N 3-4. – P. 423-443.
10. *Животовский Л. А.* Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 38-44.
11. *Rotarides M.* Über die Bändervariationen von *Cepaea vindobonensis* Fér. // Zool. Anz. – 1926. – B. 67, H. 1/2. – S. 28-44.

12. *Schilder F. A., Schilder M.* Die Bänderschnecken. Eine Studie zur Evolution der Tiere. Schluß: Die Bänderschnecken Europas. – Jena: G. Fischer-Verlag, 1957. – S. 93-206.

13. *Sacchi C. F.* Population ecology of *Cepaea nemoralis* and *C. vindobonensis* along the north Adriatic coasts of Italy // Malacologia. – 1984. – Vol. 25, N 2. – P. 315-323.

14. *Сверлова Н. В.* Особенности фенетической структуры интродуцированных популяций *Cepaea nemoralis* // Фальцфейнівські читання: Зб. наук. праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2007. – С. 287-292.

15. *Сверлова Н. В.* Проблемы экологической интерпретации результатов конхиометрических исследований городских популяций наземных моллюсков на примере *Helix pomatia* // Фальцфейнівські читання: Зб. наук. праць. – Херсон: Терра, 2005. – Т. 2. – С. 120-125.

Гураль-Сверлова Н. В., Мартинов В. В. **Конхологічні особливості популяцій *Cepaea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на території Донецької області**. – Фенетична структура досліджених популяцій *C. vindobonensis* відрізняється відносно високою часткою фенотипу 10345, низькою часткою 1(23)45, вираженою тенденцією до звуження 2-ої смуги на черепашках фенотипу 12345 і рідкою присутністю форми *pallescens*. Забарвлення черепашок у популяціях поступово світлішає при просуванні з півдня на північ. Середні розміри черепашок зменшуються на півдні та в урбанізованих біотопах. Проведено порівняння з даними з інших регіонів України.

Ключові слова: *Cepaea*, поліморфізм, конхологічні параметри, Україна, Донецька область.

Gural-Sverlova N. V., Martynov V. V. **Conchological peculiarities of *Cepaea vindobonensis* populations on the territory of the Donetsk region.** – Polymorphism structure of the studied populations of *C. vindobonensis* distinguishes the high part of the phenotypes 10345, low part of the one 1(23)45, marked tendency to the contraction of the second band on the shells of the phenotypes 12345 and the rare finds of the *pallescens* form. The shell colour in the populations becomes gradually lighter with the advancement from south to north. The medium-sizes of the shells are decreased in the south region and the urban biotopes. The comparison is made with the data from the other regions of the Ukraine.

Key words: *Cepaea*, polymorphism, conchological parameters, Ukraine, Donetsk region.

УДК 592 : 502.521 : 591.5

Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур, И. М. Лоза

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДВУПАРНОНОГИХ МНОГОНОЖЕК (DIPLOPODA) НА ЭМИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА МОДЕЛЬНЫМИ ПОЧВОСМЕСЯМИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Днепропетровский национальный университет; 49050, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72
e-mail: didur@ua.fm

Кульбачко Ю. Л., Дидур О. А., Лоза И. М. **Оценка влияния представителей двупарноногих многоножек (Diplopoda) на эмиссию углекислого газа модельными почвосмесями при решении проблем рекультивации нарушенных земель.** – Экспериментально изучалось воздействие первичных деструкторов растительного опада (Diplopoda) на выделение углекислого газа ("дыхание") искусственных почвосмесей. Выявлены закономерности его эмиссии из поликомпонентной смеси. Установлено влияние компонентов смеси на продуцирование CO_2 при участии животных-сапрофагов.

Ключевые слова: сапрофаги, выделение углекислого газа, почвосмеси, модельные эксперименты.

Введение

Почвенный воздух является важной составной частью почвы, которая представляет собой сложную полидисперсную, гетерогенную, полифункциональную систему. В то же время, его можно считать наиболее динамичным показателем почвы. Еще В. И. Вернадский [6] отмечал, что почва без газов существовать не может. В почвенном воздухе в больших количествах присутствуют такие газы как азот, кислород, углекислый газ, а в малых – водород, аммиак, бутилен и др. [17]. Он отличается от атмосферного тем, что содержит больше углекислого газа и меньше кислорода [19]. Различный состав и процентное содержание газов влияет на процессы почвообразования, миграцию химических соединений в почве, существование и функционирование различных почвенных организмов [10, 21].

Следует отметить, что наиболее существенное значение в активности почвенной биоты занимает кислород и углекислый газ, потому что их избыток или недостаток сказывается на их физиологических процессах.

Что касается углекислого газа, то его основная масса поступает в почвенный воздух как конечный продукт гетерогенного метаболизма органического вещества. С одной стороны, он принимает активное участие в становлении активной кислотности почвенного раствора, с другой – в трансформации первичных и вторичных минералов, окислительно-восстановительных процессах в почве [3, 15]. Выделение углекислого газа из почвы в приземный слой атмосферы зависит от ее физических и химических свойств, гидротермических условий [2, 11].

Интенсивность потока CO_2, идущего из почвы (или искусственной почвосмеси), можно рассматривать как одну из характеристик почвенного "здоровья". Она является составляющей такого интегрального показателя, как биологическая активность почвы и обусловлена функционированием почвенных микроорганизмов, влиянием грибов, растений и животных, меняет экологические функции почвы, усиливая или ослабляя их. Поэтому выделение CO_2 из почвы характеризует интенсивность биологических процессов в ней.

В природных условиях за короткий срок времени не всегда представляется возможным оценить преимущества или недостатки тех или иных искусственных почвосмесей, применяемых при рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью, и являющихся средой обитания представителей фито-, зоо-, микробоценоза. Выявление их позитивного воздействия на формирование устойчивого культурбиогеоценоза возможно при проведении модельных экспериментов.

Материал и методы исследования

Большинство из окружающих нас в природе веществ являются смесями разнообразных компонентов. Изменением пропорций (относительного содержания) отдельных компонентов, то есть изменением состава многокомпонентной системы, а также режима обработки (воздействия), можно придать смеси желаемые свойства [5, 7, 13, 20, 23]. Такие поликомпонентные системы удобно исследовать, используя методы планирования эксперимента на диаграммах "состав–свойство" [9, 12 и др.].

Объектом исследования служили представители двупарноногих многоножек (Diplopoda). *Предмет исследования* – оценка влияния сапрофагов на выделение CO_2 ("дыхание") многокомпонентной смесью. *Цель исследования* – установить воздействие первичных деструкторов растительного опада на биологическую активность системы, а также выявить закономерности продуцирования CO_2 поликомпонентной смесью при участии животных-сапрофагов.

В эксперименте использовали следующие составляющие: шахтная порода (x_1) с $pH_{\text{водн}}$ = 3,5; почвенная масса чернозема обыкновенного (x_2) в качестве субстрата ($pH_{\text{водн}}$ = 7,0), содержащего гумус; подстилка из листьев робинии псевдоакации (x_3) с $pH_{\text{водн (1:10)}}$ = 6,95.

В качестве параметра оптимизации выбрали интенсивность потока CO_2, выделяемого из тройной смеси субстратов.

Для проверки вклада животных-сапрофагов в выделении имитационными почвогрунтами CO_2 были проведены лабораторные контрольные замеры без участия сапрофагов и опыты с участием сапрофагов.

Содержание CO_2 (г/час·м^2) при дыхании почвосмесей [18] определяли титриметрически согласно закону эквивалентов [4, 8, 16] и рассчитывали по формуле

$$\frac{(V_{\text{хол}} - V_{\text{оп}}) \times C_{1/2\,\mathrm{H_2SO_4}} \times f_{\text{экв}\ \mathrm{CO_2}} \times 44 \times 10^4 \times 60}{S \times 1000 \times t},$$

где ($V_{\text{хол}}$ – $V_{\text{оп}}$) – разница между объемом раствора кислоты, пошедшим на титрование холостой и опытной (анализируемой) пробы, мл; $C_{1/2\,\mathrm{H_2SO_4}}$ – молярная концентрация эквивалента сульфатной кислоты, моль/л; 44 – молярная масса CO_2, г/моль; 10^4 – коэффициент пересчета площади изолятора на 1 м^2; $f_{\text{экв}\ \mathrm{CO_2}}$ – фактор эквивалентности CO_2, равный 1/4; S – площадь сосуда-изолятора, см^2; 60 – коэффициент пересчета времени экспозиции на 1 час; t – время экспозиции, мин; 1000 – коэффициент пересчета объема H_2SO_4 (мл) в литры.

Для создания в опытах оптимальных гидротермических условий обитания животных в лаборатории имитировали выпадение осадков 35 мм/30 дней и поддерживали температуру +20–22ºС (для сравнения отметим: на июнь в степной зоне приходится примерно 60 мм осадков (модальное значение), а на август – около 7 мм (модальное значение)).

План эксперимента приведен в табл. 1. В каждой точке плана было реализовано по два параллельных опыта. Продолжительность экспериментов составила 30 дней в период с 10.10.07 по 10.11.07.

Переменные x_i (i = 1, 2, … q) таких систем являются пропорциями (относительным содержанием) i-х компонентов смеси и удовлетворяют условию

$$\sum_{1 \le i \le q} x_i = 1 \quad (x_i \ge 0).$$

Таблица 1

Матрица симплекс-планирования и обозначение откликов

Номер опыта	Состав смеси, доля единицы			Зависимая переменная
	Шахтная порода (x_1)	Почвенная масса чернозема обыкновенного (x_2)	Подстилка ложно-акациевая (x_3)	
1	1	0	0	y_1
2	0	1	0	y_2
3	0	0	1	y_3
4	0,5	0,5	0	y_{12}
5	0,5	0	0,5	y_{13}
6	0	0,5	0,5	y_{23}
7	0,333	0,333	0,333	y_{123}
8	0,15	0,595	0,255	Проверочная точка
9	0,3	0,49	0,21	Проверочная точка

На приведенном ниже тернарном графике (рис. 1) точками отмечен план эксперимента с соответствующими им откликами. Координаты компонентов определяются не в обычной системе координат, а в специальной – симплексной (треугольной), в которой относительные содержания каждого компонента откладываются вдоль соответствующих сторон (граней) симплекса. Каждой точке такого симплекса соответствует смесь определенного состава. Например, отклик y_1 получен для субстрата, содержащего только шахтную породу, отклик y_2 – почвенную массу чернозема, а отклик y_3 – подстилку.

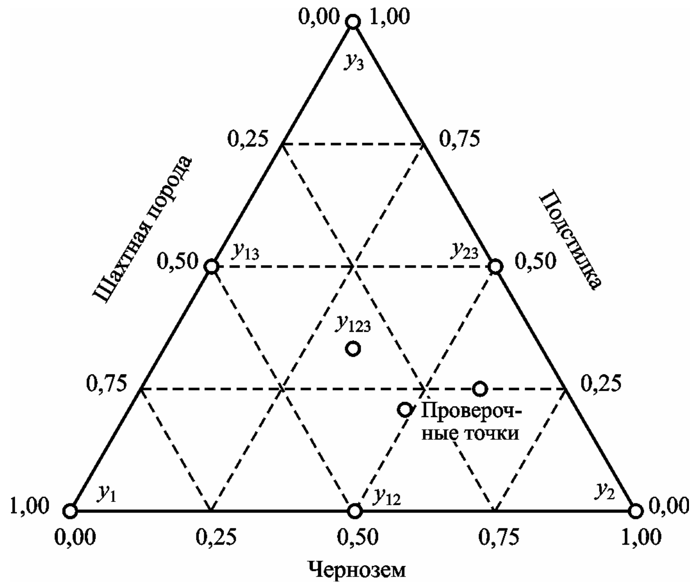


Рис. 1. Геометрическая интерпретация плана эксперимента с обозначениями откликов

Отклики y_{12}, y_{13} и y_{23}, образующие квадратическую решетку, получены добавлением к линейным решеткам срединных точек сторон. Это означает, что отклику y_{12} соответствует содержание в смеси 50% шахтной породы (1-й компонент) и 50% почвенной массы чернозема (2-й компонент), отклику y_{13} – смесь из 50 % шахтной породы (1-й компонент) и 50% подстилки (3-й компонент), отклику y_{23} – смесь из 50% почвенной массы чернозема (2-й компонент) и 50% подстилки (3-й компонент). Добавив к такому плану (такой квадратической решетке) всего лишь одну точку в центре тяжести симплекса – отклик y_{123}, которому отвечает 33,3%-й состав всех смесовых компонентов, – получаем неполно-кубическую решетку.

Для проверки адекватности полученной модели были реализованы опыты в трех проверочных точках (опыты № 7, 8, 9). Такие проверочные точки позволяют расширить модель до неполной кубической (7-й опыт) и оценить адекватность описывающей экспериментальные результаты модели (опыты № 8 и 9).

Результаты и их обсуждение

Для установления общего направления сдвига (разность между вторым и первым замерами) исследуемого признака воспользовались статистическим критерием знаков. Он позволяет установить, в какую сторону в выборке в целом изменяются значения признака при переходе от первого измерения ко второму: изменяются ли показатели в сторону улучшения, повышения или усиления или, наоборот, в сторону ухудшения, понижения или ослабления.

Результаты опытов по установлению вклада представителей фитосапрофагов в биологическую активность, в частности в "дыхание" имитационных почвогрунтов, приведены в табл. 2. Обработка данных показала, что вклад, вносимый в выделение CO_2 животными, является статистически достоверным (α = 0,05): продукция CO_2 при участии животных выше (на 20-е и 27-е сутки), чем без них. Причем, в экспериментах минимальное значение отношения опыт/контроль составило 0,75 (6-й опыт, 27-е сутки), остальные значения колеблются в диапазоне от 1,30 до 2,68 (20-е сутки) и от 1,12 до 1,53 (27-е сутки).

Таблица 2

Воздействие животных-сапрофагов на выделение CO_2 в эксперименте

Номер опыта	Состав смеси, доля единицы			Сдвиг отклика* и отношение О/К (n = 9 экз./опыт)			
	Шахтная порода (x_1)	Почвенная масса чернозема обыкновенного (x_2)	Подстилка ложноакациевая (x_3)	20-е сутки		27-е сутки	
1	1	0	0	+	1,35	+	1,32
2	0	1	0	+	1,84	+	1,53
3	0	0	1	+	1,30	+	1,32
4	0,5	0,5	0	+	1,84	+	1,19
5	0,5	0	0,5	+	1,42	+	1,12
6	0	0,5	0,5	+	1,52	–	0,75
7	0,333	0,333	0,333	+	1,66	+	1,37
8	0,15	0,595	0,255	+	2,68	+	1,32
9	0,3	0,49	0,21	+	1,52	+	1,35

Примечание. * – сдвиг отклика – разница показателя в опыте без животных (К) и с ними (О).

После реализации матрицы планирования для потоков CO_2 на 20-е сутки от начала эксперимента были рассчитаны коэффициенты полинома третьей степени и построено уравнение регрессии вида

$$y = 0{,}519x_1 + 0{,}599x_2 + 0{,}585x_3 + 0{,}869x_2x_3 + 3{,}945x_1x_2x_3$$

(R^2 с учетом степеней свобод = 91,40 %),

где y – интенсивность потока CO_2, продуцируемого при участии представителей сапрофагов смесью субстратов, г /час·м^2; x_1 – относительное содержание шахтной породы в смеси; x_2 – относительное содержание чернозема в компонентной смеси; x_3 – относительное содержание подстилки из листьев робинии псевдоакации в трехкомпонентной системе; x_2x_3 и $x_1x_2x_3$ – взаимодействия факторов. Модель описывает характер и степень влияния факторов на зависимую переменную. Коэффициенты влияния факторов и их взаимодействий приведены в табл. 3.

Большая величина коэффициента детерминации R^2 полученного неполного кубического уравнения свидетельствует о пригодной работоспособности самой модели. Ее проверка показала, что она адекватна (α = 0,04), то есть достаточно хорошо аппроксимирует экспериментальные данные по сравнению с линейной (α = 0,35) и квадратической (α = 0,07) моделями.

Таблица 3

Статистическая оценка эффектов математической модели

Факторы и их взаимодействия	Коэффициент	Уровень значимости α для эффектов взаимодействия
x_1	0,519	
x_2	0,599	
x_3	0,585	
x_1x_2	0,146	0,51
x_1x_3	–0,423	0,12
x_2x_3	0,869	0,02
$x_1x_2x_3$	3,945	0,04

Установлено, что для интенсивности потока CO_2, улавливаемого на 20-е сутки (то есть через три недели от начала постановки опытов), достоверно значимо влияние всех используемых компонентов смеси – шахтной породы (x_1), чернозема обыкновенного (x_2) и лесной подстилки из листьев робинии (x_3), их парный эффект – взаимодействие чернозема и подстилки (x_1x_3), а также тройное взаимодействие шахтной породы, чернозема и подстилки ($x_1x_2x_3$) (см. табл. 3). Статистически незначимыми являются эффекты x_1x_2 и x_1x_3. В уравнении регрессии они не приведены.

Сравнение величины коэффициентов регрессии показывает, что вклад в эмиссию углекислого газа с поверхности смесей таких компонентов как почвенная масса чернозема (+0,599) и подстилка (+0,585) превышает вклад, вносимый шахтной породой (+0,519).

Зависимость потока CO_2 от выбранных в эксперименте факторов представлена поверхностью отклика (рис. 2). Она позволяет визуально оценить влияние факторов на параметр оптимизации – изменение выделения CO_2 в любой области факторного пространства. На приведенном рисунке видно, что изменение зависимой переменной имеет нелинейный характер, определяемый эффектом двойного взаимодействия почвенной массы чернозема и листового опада (x_2x_3) и одновременным тройным эффектом всех компонентов смеси ($x_1x_2x_3$).

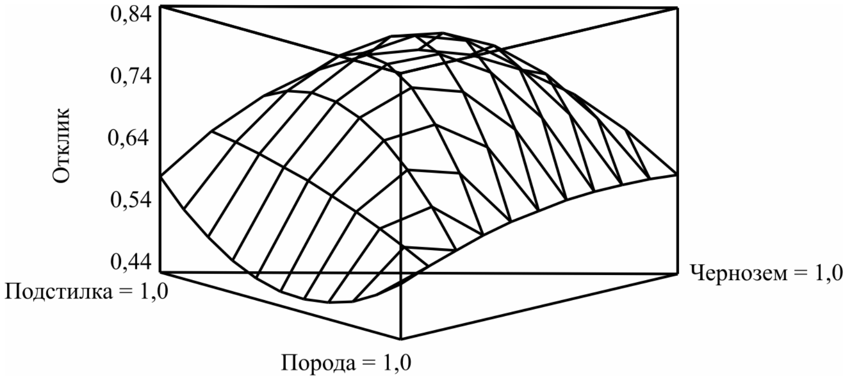


Рис. 2. Интенсивность выделения CO_2, улавливаемого из исследованной трехкомпонентной системы на 20-сутки эксперимента, г/час·м^2

Варьирование составом компонентов смеси в эксперименте – шахтной породы от 0 до 40%, чернозема – от 25 до 70%, а подстилки – от 30 до примерно 75% – отвечает зоне максимального выделения потока CO_2 (рис. 3). Иными словами, в почвосмесях, включающих в свой состав субстраты, малопригодные для существования представителей Diplopoda (в нашем случае таким субстратом является шахтная порода), можно достигать бóльшего значения эмиссии углекислого газа (как отражения биологической активности почв) за счет добавления в смесь массы чернозема и подстилки из листьев робинии псевдоакации.

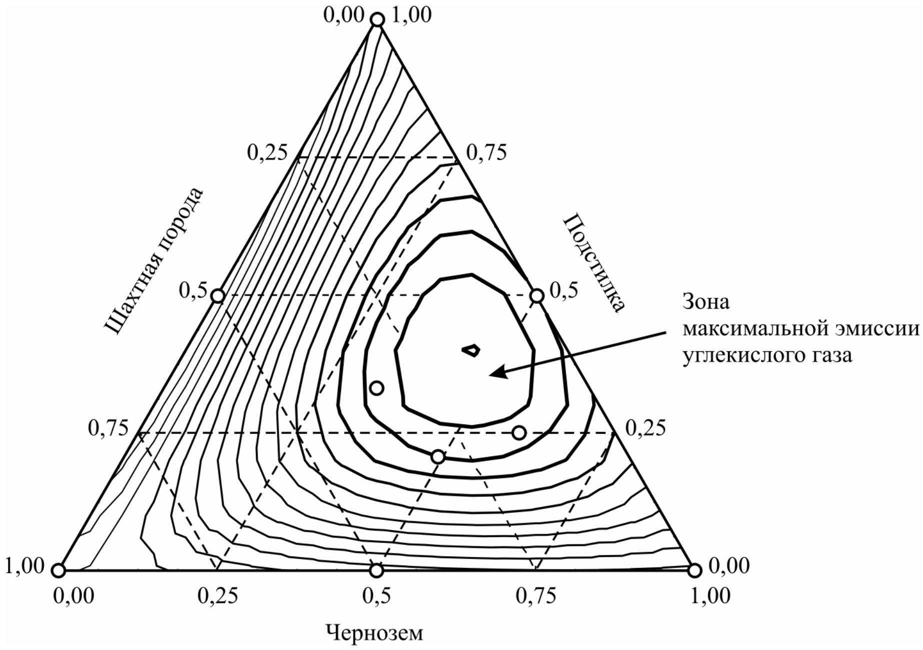


Рис. 3. Контурные кривые для описания эмиссии углекислого газа почвосмесями в эксперименте

Выводы

Выявлено, что присутствие животных-сапрофагов в искусственных почвосмесях способствует более интенсивному выделению углекислого газа как одной из характеристик биологической активности почв.

Рассчитана математическая модель, описывающая скорость продукции CO_2 от состава многокомпонентной почвосмеси. В проведенных опытах с участием представителей почвенных сапрофагов установлено статистически достоверное влияние шахтной породы, чернозема обыкновенного и подстилки на характер почвенного дыхания.

Шахтная порода вносит наименьший вклад в биологическую активность почвосмесей. При добавлении к шахтной породе подстилки скорость выделения углекислоты возрастает, что может способствовать формированию благоприятной среды обитания животных и улучшению их структурно-функциональных характеристик.

Список литературы

1. *Адлер Ю. П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

2. *Блэк К. А.* Растение и почва. – М.: Колос, 1973. – 503 с.

3. *Бусленко Л. В.* Динаміка карбондіоксиду ґрунтів Західного Полісся і його вплив на життєдіяльність люмбріцід (Oligochaeta, Lumbricidae) // Наук. зап. Тернопільського держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. біол. – 2003. – № 3-4 (22). – С. 39-44.

4. *Васильев В. П.* Аналитическая химия: В 2 ч. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. Учеб. для хим.-технол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – Ч. 1. – 320 с.

5. *Верзилов В. В.* Влияние компонентов муки на рост и нуклеазную активность актиномицетов / В. В. Верзилов, В. Н. Максимов, Н. А. Красильников // Заводская лаборатория. – 1972. – № 6. – С. 877-881.

6. *Вернадский В. И.* К вопросу о химическом составе почв и о необходимости анализа газов почв // Собрание сочинений. – М.: АН СССР, 1960. – Т. 5. – С. 303-308.

7. *Галактионова Ю. А.* Крашение бумажной массы диазосоединениями / Ю. А. Галактионова, Е. Ю. Беляев, В. В. Седых, Г. А. Субоч // Химия растительного сырья. – 2001. – № 4. – С. 107-110.

8. *Глинка Н. Л.* Задачи и упражнения по общей химии. – Л.: Химия, 1987. – 272 с.

9. *Зедгинидзе И. Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

10. *Карпачевский Л. О.* Динамика свойств почвы. – М.: Геос, 1997. – 170 с.

11. *Кононов А. В.* Эмиссия углекислого газа мерзлотными почвами лиственничных лесов центральной Якутии в зависимости от гидротермических условий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Якутск, 2006. – 16 с.

12. *Львовский Е. Н.* Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

13. *Маркова Е. В.* Применение частично сбалансированного неполноблочного плана для исследования физико-механических свойств резиновых смесей / Е. В. Маркова, С. Н. Путилина, И. С. Борисенко // Заводская лаборатория. – 1972. – № 10. – С. 1234-1239.

14. *Налимов В. В.* Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.

15. *Орлов Д. С.* Химия почв. – М.: МГУ, 1985. – 376 с.

16. *Пискарева С. К.* Аналитическая химия / С. К. Пискарева, К. М. Барашкова, К. М. Ольшанова. – М.: Высш. шк., 1994. – 384 с.

17. *Почвоведение* / Сост.: И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов и др. – М. : Агропромиздат, 1989. – 719 с.

18. *Практикум* по агрохимии: Учеб. пособие / Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

19. *Практикум* по почвоведению / Под ред. И. С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.

20. *Селезнев В. А.* Оптимизация процесса раскисления спокойной углеродистой стали / В. А. Селезнев, А. Н. Сургучев, Н. П. Литвиненко и др. // Заводская лаборатория. – 1973. – Т. 39, № 3. – С. 327-328.

21. *Структурно-функциональная роль почв* и почвенной биоты в биосфере / Сост.: Г. В. Добровольский, И. П. Бабьева, Л. Г. Богатырев и др. – М.: Наука, 2003. – 364 с.

22. *Томашевський В. М.* Моделювання систем. – К.: Вид. група BHV, 2005. – 352 с.

23. *Турченко А. Е.* Модифицирование структуры сырца и улучшение свойств керамических облицовочных изделий из каолинсодержащего сырья при введении ионогенных ПАВ: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2006. – 24 с.

***Кульбачко Ю. Л., Дідур О. О., Лоза І. М.* Оцінка впливу представників двопарноногих багатоніжок (Diplopoda) на емісію вуглекислого газу модельними ґрунтовими сумішами при вирішенні проблем рекультиваці порушених земель.** – У експерименті вивчався вплив первинних деструкторів вуглекислого газу ("дихання") штучних сумішей ґрунту. Виявлено закономірності його емісію з полікомпонентної суміші. Встановлено вплив компонентів суміші на продукування CO_2 за участю тварин-сапрофагів.

Ключові слова: сапрофаги, виділення вуглекислого газу, суміші ґрунту, модельні експерименти.

***Kulbachko Yu. L., Didur O. A., Loza I. M.* Assessment of millipedes influence (Diplopoda) on CO_2 emission in artificial soil blends for needs of lands rehabilitation.** – Influence of primary litter destructors (Dilopoda) on CO_2 emission ("respiration") from artificial soils has been studied. Regularities of the emission were revealed. The influence of the soil components on CO_2 reduction upon saprophages participation has been found.

Key words: saprophages, CO_2 emission, artificial soil, model experiments.

УДК 631.4:634.9+631.4:574

О. Н. Кунах, А. В. Жуков

ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ НЕЙТРАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Днепропетровский национальный университет

49050, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72 e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Кунах О. Н., Жуков А. В. **Динамика сообществ почвенных животных с позиций теории нейтрального разнообразия.** – В работе приведены основные результаты теории нейтрального разнообразия. Сделана попытка применить эти результаты для анализа структуры комплексов почвенных животных в условиях экспериментального загрязнения почвы тяжелыми металлами. Этот подход является продуктивным для оценки сообществ обитателей почвы.

Ключевые слова: теория нейтрального разнообразия, почвенная мезофауна, демография, миграция.

Поиск механизмов, которые лежат в основе распределения обилия видов продолжает привлекать значительное внимание специалистов [1, 7-9, 11-13]. Теория нейтральности в экологии придает дополнительный импульс этим поискам благодаря тому, что с её помощью было показано, что типы разнообразия, которые возникают в естественных условиях, могут быть выведены из предположения о том, что организмы в сообществе обладают одинаковыми демографическими свойствами в пересчете на одну особь [5]. Развитие этой теории в последнее время сконцентрировано на описании относительного видового обилия нейтрального сообщества в масштабе метасообщества и локального сообщества [9, 12, 13]. Метасообщество определяется как отдельная в эволюционном отношении биогеографическая единица, в пределах которой многие из видов сообщества возникают, живут и погибают [3]. В противоположность этому, локальное сообщество подвержено обмену мигрантами с метасообществом или с другими локальными сообществами через иммиграцию или эмиграцию. Распределение обилия видов локального сообщества может быть описано мультиномиальным распределением [6, 9], или некоторыми другими моделями [12, 13], в то время как распределение лог-серий является хорошо известным способом описания метасообщества [5, 13].

Концептуальное отличие между метасообществом и локальным сообществом играет важную роль в теории нейтральности биоразнообразия [5]. Метасообщество рассматривается как источник иммигрантов и динамически независимо от локального сообщества [9, 12, 13]. Виды в этих моделях рассматриваются не как полностью нейтрально-симметричные, так как их относительное обилие в локальном сообществе является функцией их относительного обилия в метасообществе. В отсутствие иммиграции, эти модели локального сообщества не могут конвергировать в модели метасообщества (т.е. мультиномиальные модели с нулевой суммой не могут быть сведены к распределению лог-серий). Это совершенно справедливо при применении для классической системы "остров-материк", в которой локальные обилия видов на острове зависят посредством иммиграции от фиксированных численностей видов в метасообществе. Поэтому эти модели могут быть более точно названы островными моделями.

Однако в действительности нет четкой линии, которая отделяет метасообщество и локальное сообщество. В реальных ландшафтах существует континуум от локального сообщества до крупномасштабного метасообщества. Континуум изменяется в степени, которая определяется динамикой сообщества вследствие миграции. В противоположность системам типа "остров-материк", в непрерывных ландшафтах локальные сообщества вложены в метасообщество. Очень общим подходом для моделирования таких систем является предположение о полной симметричности локального сообщества, в котором видовое обилие подвержено влиянию локальной рождаемости и смертности, так же как иммиграции и эмиграции. Было показано, что рассмотрение четырех фундаментальных процессов популяционной динамики – рождаемость, смертность, иммиграция и эмиграция позволяют вывести полностью симметричную модель распределения относительного обилия видов в сообществе любого масштаба [3]. Модель имеет вид

$$< \phi_n >= \theta \frac{\Gamma(n+\alpha)\Gamma(n+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(n+1+\beta)} x^n, n = 1,2,..., \tag{1}$$

где $< \phi_n >$- число видов с численностью n особей; α=λ/b, β=μ/d, x=b/d, λ – скорость иммиграции, μ – скорость эмиграции, b – скорость рождаемости, d – скорость смертности. Параметр θ является нормализующим фактором, который позволяет при суммировании уравнения по всем n получить число видов в сообществе (для частот суммирование даст 1). Параметр θ имеет форму

$$\theta = \frac{1+\beta}{\alpha x} \frac{1}{F(1+\alpha, 2+\beta, x)}, \tag{2}$$

где $F(1+\alpha, 2+\beta, x)$ – стандартная гипергеометрическая функция.

Предложенная модель является моделью локального сообщества, так как отражает влияние миграционных процессов. Можно показать, что при отсутствии миграции (α=β=0) модель легко редуцируется к модели распределения лог-серий метасообщества. Кроме того, при отсутствии эмиграции (μ=0 или β=0) модель принимает форму усеченного негативного биномиального распределения

$$< \phi_n >= \theta \frac{\Gamma(n+\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \frac{x^n}{n!}, n = 1,2,..., \tag{3}$$

Параметр x в модели имеет такое же значение, как и в распределении лог-серий Фишера, равный отношению скорости рождаемости к скорости смертности [13]. Генерализованная модель имеет два параметра (α и β), которые являются мерой относительной интенсивности в сообществе иммиграции по отношению к рождаемости и эмиграции по отношению к смертности. Дополнение в модель параметров, которые отражают миграционные процессы, обеспечивает более детальное рассмотрение влияния четырех базовых демографических процессов – рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции на распределение обилия видов. Высокое значение параметра α (т. е. интенсификация иммиграции по отношению к рождаемости) приводит к сглаживанию распределения видового обилия с левой стороны. Такая форма распределения предполагает, что число редких видов не велико, а существенную часть сообщества составляют более обильные виды. Этот результат не противоречит выводам метапопуляционной теории [2], которая утверждает, что постоянная иммиграция должна препятствовать исчезновению редких видов путем увеличения их обилия. Защитный эффект, который оказывается на редкие виды в данной модели, рассматривается с нейтральной позиции, т.е. скорость иммиграции является независимой от обилия отдельных видов. В противоположность иммиграции, эмиграция сглаживает кривую распределения обилия видов с правой стороны, что отражает увеличение доли редких видов.

Как и в распределении лог-серий Фишера для метасообщества, параметр θ в данной модели также выступает в качестве параметра биоразнообразия и является функцией α, β и x.

В центре теории нейтрального разнообразия Хуббелла находится универсальный безразмерный параметр θ. Этот параметр является результатом произведения размера сообщества JM и скорости появления новых видов в сообществе ν, т.е. θ=2*JM*ν. Фундаментальный параметр θ полностью определяет патерны биоразнообразия (распределение обилия видов – species-abundance distribution (SAD) и отношения виды-площадь – species-area relationship (SAR). Для метасообщества, в то время как для локального сообщества SAD и SAR определяются параметром биоразнообразия совместно с иммиграцией, эмиграцией, рождаемостью и смертностью. Параметр θ имеет функциональную связь с индексом разнообразия Симпсона [4]:

$$D_S = \frac{\theta}{1+\theta}, \tag{4}$$

где D_S – индекс разнообразия Симпсона. Определение индекса Симпсона является результатом случайного отбора проб, поэтому он имеет дисперсию, которую можно определить через параметр θ

$$V(D_s) = \frac{2\theta}{(1+\theta)^2(2+\theta)^2(3+\theta)}. \qquad (5)$$

В свою очередь, дисперсия параметра θ может быть вычислена по формуле

$$V(\theta) = \frac{2\theta(1+\theta)^2}{(2+\theta)(3+\theta)}. \qquad (6)$$

Хуббелл определил фундаментальное число биоразнообразия как безразмерную величину. Однако в выражении θ=2*JM*ν параметр ν представляет число новых видов, которое появляется на каждое событие рождения, что имеет размерность [вид/экземпляр]. Параметр JM представляет либо размер популяции [число экземпляров], либо число рождений на каждое поколение [число экземпляров/генерация]. Таким образом, θ имеет размерность либо [вид], либо [вид/генерация]. Следовательно, θ является альтернативным представлением числа видов [10]. Между параметром θ, числом экземпляров в метасообществе JM и числом видов существует функциональная связь

$$S(\theta) \approx 1+\theta \ln(1+(JM-1)/\theta). \qquad (7)$$

Когда JM велико, а число видов существенно выше единицы, выражение может быть упрощено:

$$S(\theta) \approx \theta \ln(JM/\theta), \qquad (8)$$

что эквивалентно $S \approx 2*JM*\nu \ln(2\nu)$. Соответственно, средняя продолжительность жизни видов приблизительно равна S/JM*ν генераций, что также может быть представлено как - ln(2ν). Таким образом, средняя длительность жизни видов в сообществе обратно зависит от натурального логарифма скорости возникновения в сообществе новых видов.

С помощью приведенных моделей был проведен анализ структуры животного населения почвы центральной поймы р. Самара-Днепровская в условиях экспериментального загрязнения почвы никелем и свинцом. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Синэкологические характеристики комплекса почвенных беспозвоночных центральной поймы р. Самара-Днепровская в условиях экспериментального загрязнения среды никелем и свинцом в апреле 2004 г. (период экспозиции – 5 месяцев)

Параметры	Ni				Pb				Контроль	
	I		II		I		II			
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Θ	4,84	5,30	2,99	4,71	3,16	4,56	3,85	4,08	5,56	7,83
Var(Θ)	2,58	2,36	1,43	2,14	2,24	2,71	2,18	1,78	2,67	3,35
Θs	5,13	4,49	2,18	3,90	4,16	5,55	4,00	3,00	5,42	7,70
α	0,11	0,09	0,15	0,25	0,07	0,12	0,17	0,136	0,06	0,05
β	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,196	0,04	0,03
x	0,84	0,87	0,85	0,54	0,98	0,81	0,76	0,880	0,94	0,94
Ds	0,84	0,82	0,69	0,80	0,81	0,85	0,80	0,75	0,84	0,89
V(Ds)	0,028	0,025	0,050	0,029	0,047	0,030	0,037	0,035	0,023	0,014
S	15	16	18	18	15	13	16	18	18,00	21
A	150	130	46	103	139	64	54	52	228	238
S(Θ)	18	18	9	16	13	13	11	12	22	28
LS	6,87	6,40	5,47	6,17	7,57	5,28	5,28	5,09	7,43	6,83

Примечание. Θ, Var(Θ), α, β, x – оценки параметров распределения обилия видов почвенных беспозвоночных в соответствии с моделью, Θs – оценка Θ на основе индекса Симпсона, A – обилие, экз./м^2, S – число видов, S(Θ) – оценка числа видов, Ds – индекс Симпсона, V(Ds) – дисперсия Ds, LS – средняя продолжительность жизни в сообществе (число генераций); I – уровень загрязнения 2 ПДК, II – 5 ПДК; А – вариант без изоляции; Б – вариант с изоляцией.

В сообществах почвенных животных в апреле 2004 г. фундаментальное число биоразнообразия имеет наибольшее значение в контрольных условиях. При нарастании загрязнении почвы, которое вызвано как свинцом, так и никелем, прослеживается четкая тенденция в снижении фундаментального числа биоразнообразия. Эта тенденция является дозо-зависимой: в целом, при более высоком уровне загрязнения степень снижения разнообразия проявляется в большей мере. В октябре 2004 г., спустя 11 месяцев после начала эксперимента, в структуре сообщества загрязнение проявляется уже только при уровне загрязнения 5 ПДК, что справедливо для обоих токсикантов.

Меры разнообразия сообщества – фундаментальное число разнообразия и индекс Симпсона демонстрируют тесную корреляцию при токсикогенных изменениях в структуре сообщества ($Ds=0.031\Theta+0,67$, $R2=0,58$ – весной; $Ds=0.04\Theta+0,62$, $R2=0,55$ – осенью), что отражает тенденцию разнообразия сообществ педобионтов к снижению при загрязнении почвы тяжелыми металлами.

Таблица 2

Синэкологические характеристики комплекса почвенных беспозвоночных центральной поймы р.Самара-Днепровская в условиях экспериментального загрязнения среды никелем и свинцом в октябре 2004 г. (период экспозиции – 11 месяцев)

Параметры	Ni				Pb				Контроль	
	I		II		I		II			
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Θ	6,07	3,65	4,79	4,73	4,90	4,65	3,85	4,08	5,09	5,58
Var(Θ)	2,68	2,25	2,08	2,05	2,20	2,46	1,69	1,79	2,25	3,00
Θs	5,45	4,19	3,74	3,65	4,04	4,76	2,77	3,00	4,19	6,47
α	0,06	0,14	0,08	0,12	0,08	0,10	0,13	0,14	0,08	0,07
β	0,10	0,20	0,05	0,23	0,04	0,25	0,19	0,20	0,05	0,10
x	0,94	0,90	0,92	0,90	0,91	0,95	0,90	0,88	0,92	0,95
Ds	0,85	0,81	0,79	0,79	0,80	0,83	0,74	0,75	0,81	0,87
V(Ds)	0,020	0,040	0,028	0,029	0,027	0,029	0,037	0,035	0,026	0,023
S	21	22	22	21	23	15	21	21	32	22
A	152	175	119	113	119	107	89	79	174	147
S(Θ)	21	15	17	16	17	16	13	13	19	19
LS	6,44	7,74	6,42	6,35	6,38	6,27	6,28	5,93	7,06	6,54

Примечание. см. табл. 1.

Значения фундаментального числа разнообразия Θ, которые найдены двумя способами – на основании модели (1) распределения обилия видов и на основании индекса Симпсона (4) – тесно коррелированны между собой ($\Theta s=0,97\Theta$, $R2=0,76$ – весной; $\Theta s=0,89\Theta$, $R2=0,53$ – осенью), что подтверждает гипотезу о функциональной связи этих двух индексов.

Демографические характеристики животного населения описываются параметрами α, β, x.

Отношение процессов рождаемости и смертности определяется параметром x. Во всех вариантах этот параметр меньше 1, что свидетельствует о преобладании процессов смертности над рождаемостью. У большинства представителей почвенной мезофауны жизненный цикл занимает период от нескольких месяцев до нескольких лет, и период размножения длится относительно короткий период времени, по отношению к длительности всего жизненного цикла. Смертность же имеет место на протяжении всего жизненного цикла популяции. Поэтому отношение рождаемости к смертности вне периода размножения закономерно ниже единицы. Между разнообразием и параметром x существует положительная связь ($x=0,03\Theta+0,68$, $R2=0,11$ – весной; $x=0,022\Theta+0,81$, $R2=0,51$ – осенью).

Это свидетельствует о том, что в ответ на загрязнение почвы происходит снижение разнообразия сообщества почвенных животных за счет увеличения их смертности.

Параметр распределения обилия видов α, который характеризует активность процессов иммиграции, увеличивается при нарастании загрязнения и снижении разнообразия сообщества ($\alpha=-0{,}03\Theta+0{,}27$, $R2=0{,}40$ – весной; $\alpha=-0{,}037\Theta+0{,}28$, $R2=0{,}86$ – осенью).

Параметр β указывает на активность процессов эмиграции. Между этим параметром и другими характеристиками сообщества нельзя установить однозначной зависимости. По всей видимости, уровень эмиграции, который существует в данных экспериментальных условиях, не может быть полностью охарактеризованным выбранным нами методом.

Оценка количества видов, которая сделана на основании модели (1) по формуле (8) совпадает с динамикой количества видов, обнаруженных в пробах, но практически всегда ниже экспериментальных данных. Очевидно, что не все виды, которые обнаружены в пробах, соответствуют предположениям теории нейтральности, на основе которой получена модель (1). Основным предположением теории является эквивалентность видов в демографическом отношении. Такое ограничение правомерно по отношению к однородным в экологическом и таксономическом отношении сообществам живых организмов. Животное население почвы связано общностью среды обитания, но демонстрирует широкое разнообразие форм и таксономического состава. Поэтому тот факт, что некоторые виды не вписываются в рамки модели, выведенной из гипотезы нейтральности видов, является вполне закономерным. С другой стороны, общая картина динамики сообщества, которая становится видна с помощью модели (1), является вполне информативной и заслуживает доверия.

Продолжительность жизни почвенных животных, которая рассчитана из модели (1) по формуле $S/JM*\nu$, приведена в единицах, равных одной генерации. Длительность поколений почвенных животных различна у каждого вида и изменяется от нескольких недель (энхитреиды, некоторые виды дождевых червей) до нескольких месяцев и лет. В среднем эту цифру можно принять равной 1 году, так как период активности у многих почвенных животных имеет место один раз в год и совпадает с весной. Расчет продолжительности жизни почвенных животных в центральной пойме р. Самара показал, что этот параметр, в среднем, составляет 6,83-7,43 периодов генерации весной и 6,54-7,06 осенью. При загрязнении почвы тяжелыми металлами продолжительности жизни животных снижается. Снижение длительности жизни связано с уровнем токсической нагрузки.

Список литературы

1. *Etienne R. S., Olff H.* A novel genealogical approach to neutral biodiversity theory // Ecology Letters. – 2004. – Vol. 7. – P. 170-175.

2. *Hanski I.* Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations // Biol. J. of the Linnean Society. – 1991. – 42. – P. 17-38.

3. *He F.* Deriving a neutral model of species abundance from fundamental mechanisms of population dynamics // Functional Ecology. – 2005. – № 19. – P. 187-193.

4. *He F., Hu X.-S.* Hubbell’s fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index // Ecology Letters. – 2005. – Vol. 8. – P. 386-390.

5. *Hubbell S. P.* The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. – Princeton, MA: Princeton University Press, 2001 a. – 360 p.

6. *Hubbell S. P.* The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001 b. – 540 p.

7. *Magurran A. E., Henderson P. A.* Explaining the excess of rare species in natural species abundance distribution // Nature. – 2003. – 422. – P. 714-716.

8. *McGill B. J.* Strong and weak tests of macroecological theory // Oikos. – 2003. – V. 102. – P. 679-685.

9. *McKane A. J., Alonso D., Sole R.* Analytic solution of Hubbell’s model of local community dynamics // Theoretical Population Biology. – 2004. – Vol. 65. – P. 67-73.

10. *Ricklefs R.* A comment on Hubbell ’s zero-sum ecological drift model // Oikos. – 2003. – Vol. 100, 1. – P. 185-192.

11. *Sugihara G., Bersier L.-F., Southwood T.R.E., Pimm S.L., May R.M.* Predicted correspondence between species abundances and dengrograms of niche similarities // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 100. – 2003. – P. 5246-5251.

12. *Vallade M., Houchmandzadeh B.* Analytical solution of a neutral model of biodiversity // Physical Review. – 2003. – E 68, 061902-0061905.

13. *Volkov I., Banavar J. R., Hubbell S. P., Maritan A.* Neutral theory and relative species abundance in ecology // Nature. – 2003. – Vol. 424. – P. 1035-1037.

Кунах О. М., Жуков О. В. **Динаміка угруповань ґрунтових тварин з позицій теорії нейтрального розмаїття.** – У роботі наведені основні результати теорії нейтрального розмаїття. Зроблено спробу застосувати ці результати для аналізу структури комплексів ґрунтових тварин в умовах експериментального забруднення ґрунту важкими металами. Зазначений підхід є продуктивним для оцінки угруповань мешканців ґрунту.

Ключові слова: теорія нейтрального розмаїття, ґрунтова мезофауна, демографія, міграція.

Kunach O. N., Zhukov A. V. **The soil animal community dynamic on the basis of neutral diversity theory.** – The main results of the neutral diversity theory have been presented in the work. These results were attempted to analyze the structure of the soil animals complexes under experimental heavy metal contamination condition. This approach has been demonstrated to be useful for soil animal community assessing.

Key words: neutral diversity theory, soil mesofauna, demography, migration.

УДК 504.064 : 594.141

Д. В. Лукашев

ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ Р. ЮЖНЫЙ БУГ МАРГАНЦЕМ И МЕДЬЮ С ПОМОЩЬЮ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *ANODONTA ANATINA* (LINNAEUS, 1758)

Киевский национальный университет им. Т. Шевченко; 03033, г. Киев, ул. Владимирская, 64
e-mail: dek@biocc.univ.kiev.ua

***Лукашев Д. В.* Индикация загрязнения экосистемы р. Южный Буг марганцем и медью с помощью двустворчатых моллюсков *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758). –** В работе использованы данные химического состава *Anodonta anatina* из 18 условно чистых районов русла р. Южный Буг. Исследованы закономерности накопления марганца и меди в тканях и раковинах моллюсков из различных участков реки. Рассчитаны фоновые уровни содержания данных элементов в моллюсках. На основании превышения фоновых показателей содержания меди были определены участки реки, характеризующиеся хроническим и периодическим загрязнением тяжелыми металлами.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, тяжелые металлы, Южный Буг, фоновая концентрация.

Введение

Речная система Южного Буга в последнее время ощущает все возрастающее антропогенное влияние. Непосредственно в акватории данной реки расположены такие крупные промышленные объекты, как Южно-Украинская АЭС, строящаяся Ташлыкская ГАЭС, Ладыжинская ГРЭС, предприятия областных городов (Хмельницкий, Винница, Николаев). Наиболее опасное загрязнение водных экосистем происходит при поступлении сбросов, обогащенных тяжелыми металлами. Для идентификации районов, наиболее подверженных загрязнению, необходимо использовать комплекс мониторинговых мероприятий, заключающийся в регулярном отборе проб абиотических компонентов экосистемы (чаще всего – воды).

Как показано многочисленными исследованиями, для целей биологического мониторинга полиметаллического загрязнения можно с успехом использовать определение химического состава индикаторных видов гидробионтов. Двустворчатые моллюски не способны к эффективной регуляции своего химического состава, и поэтому более чувствительны к изменениям состава среды, чем рыбы или ракообразные [14]. Кроме того, моллюски способны накапливать металлы, как в мягких тканях, так и в своих органо-минеральных скелетах. При этом химический состав мягких тканей в большей степени отражает кратковременные изменения концентрации загрязнителей в среде, тогда как состав раковин, формирующихся в течение всей жизни моллюска, является интегральным показателем состава окружающей среды за длительный период [12]. Поэтому повышенная концентрация тяжелых металлов в раковине может свидетельствовать о наличии хронического загрязнения экосистемы, тогда как повышенная концентрация в мягких тканях говорит о кратковременном или относительно недавнем поступлении загрязнения [5].

Представленная работа посвящена анализу изменений содержания марганца и меди в тканях и раковинах моллюсков *Anodonta anatina* на протяжении всего течения р. Южный Буг – от истока, до устья. Особое внимание уделено районам, относительно удаленным от известных источников загрязнения.

Материал и методы исследования

Для проведения исследования было выбрано 18 точек вдоль русла р. Южный Буг (рис. 1). Отбор проб проводили в районах, расположенных выше по течению от крупных населенных пунктов и не ощущали непосредственного загрязнения сточными водами. Данные участки были приняты в качестве условно фоновых, как это принято в подобных исследованиях [10, 13]. Для уменьшения влияния сезонных колебаний химического состава, отбор моллюсков проводили в сжатые сроки – с 25 по 28 июля 2006 г. В каждой выбранной точке отбирали по 1 л воды в трех повторностях и 12-15 экземпляров моллюсков *A. anatina* (длиной 80-90 мм).

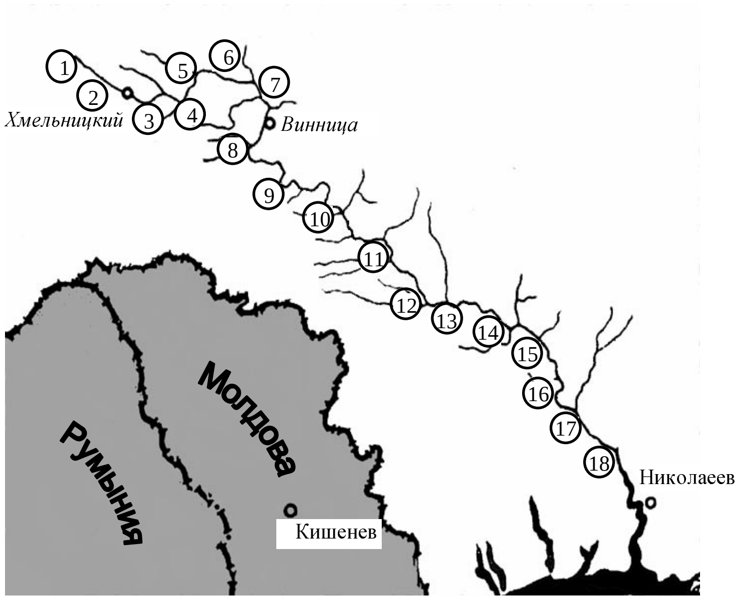


Рис. 1. Расположение районов исследования вдоль русла р. Южный Буг: 1 – с. Купель; 2 – с. Гузевица (выше г. Хмельницкий); 3 – выше г. Меджибож; 4 – выше г. Летичев; 5 – выше пгт. Новоконстантинов; 6 – с. Лелитка (выше г. Хмельник); 7 – с. Гущинцы (выше г. Винница); 8 – выше г. Тывров; 9 – выше г. Брацлав; 10 – выше г. Ладыжин; 11 – с. Ставки (выше г. Гайворон); 12 – выше пгт. Завалье; 13 – с. Дубиново; 14 – с. Чаусово (выше г. Первомайск); 15 – с. Панкратово (выше г. Южноукраинск); 16 – с. Бугское (выше г. Вознесенск); 17 – выше г. Новая Одесса; 18 – с. Гурьевка (выше г. Николаев)

Концентрацию Mn и Cu в мягких тканях моллюсков и воде определяли с помощью пламенного (ацетилен-воздух) атомно-адсорбционного спектрофотометра С115-М1 с дейтериевым корректором фона и компьютерно-аналитическим комплексом КАС-1. Пробы готовили стандартными методами мокрой минерализации [3]. Концентрацию металлов выражали в мг/кг массы сухой ткани или мг/л воды.

Пробы воды фильтровали на месте через целлюлозно-ацетатный мембранный фильтр (диаметр пор 0,45 мкм), подкисляли 1 мл HNO_3 (хч, перегнанная). В течение двух суток пробы доставляли в лабораторию. Определение содержания тяжелых металлов в воде проводили после предварительного упаривания, согласно стандартным методикам [7].

Нормальность распределения значений концентрации металлов анализировали с помощью теста Шапиро-Уилка, как наиболее чувствительного [11]. Достоверность отличий содержания тяжелых металлов в различных районах русла реки оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA, $p<0,05$) [11]. Для вычисления пределов колебаний фоновых концентраций использовали метод расчета абсолютного отклонения медианы концентрации (MAD) [16]. При статистической обработке данных использовали статистический программный пакет Statictica 5.5, StatSoft Inc. [9].

Результаты и обсуждение

Анализ распределения содержания тяжелых металлов в воде р. Южный Буг показал, что концентрация Cu характеризуется значительными колебаниями (табл. 1). Возрастание концентрации Cu отмечено как в верховьях реки, так и в нижнем ее течении. Подобная ситуация была отмечена для р. Дон [2]. Дисперсионный анализ показал отсутствие достоверного влияния на содержание данного элемента удаленности района от истока ($p<0,05$). Концентрация Mn достоверно повышалась в районе г. Хмельницкий (№ 2-3), пгт. Завалье (№ 12) и в районе г. Первомайск (№ 14) и г. Южноукраинск (№ 15). Во всех случаях не отмечено превышения законодательно регламентируемых показателей содержания данных элементов в воде.

Таблица 1

Изменение концентрации (мкг/л) растворенных форм металлов в воде по течению р. Южный Буг

№ точки	Cu		Mn	
	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD
1	0,01	0,01	1,7	0,9
2	0,10	0,10	8,0	1,9
3	0,06	0,06	1,4	0,2
4	0,01	0,01	5,0	1,3
5	0,02	0,02	3,6	1,3
6	0,02	0,02	7,0	1,8
7	0,05	0,05	1,5	1,0
8	0,04	0,04	2,7	0,3
9	0,03	0,03	5,5	1,0
10	0,02	0,02	4,9	0,6
11	0,04	0,04	5,2	0,9
12	0,09	0,09	4,3	1,5
13	0,03	0,03	8,8	2,1
14	0,25	0,25	2,8	0,7
15	0,09	0,09	4,1	1,4
16	0,03	0,03	4,0	1,5
17	0,07	0,07	2,3	1,0
18	0,07	0,07	1,5	1,1

Мягкие ткани и раковины моллюсков из различных районов реки достоверно отличались по своему химическому составу (ANOVA, $p<0,05$). Корреляционный анализ не выявил достоверной связи между содержанием металлов в воде и моллюсках ($p>0,05$). Высокие показатели накопления Cu в мягких тканях были отмечены в точках № 8, 11, 15, 17 (6,2-12,2 мг/мг) (рис. 2). Повышенным содержанием Cu характеризовались раковины моллюсков из точек № 16, 17 (2,35-5,5 мг/кг). Достоверной зависимости между содержанием Cu в тканях и раковинах моллюсков отмечено не было.

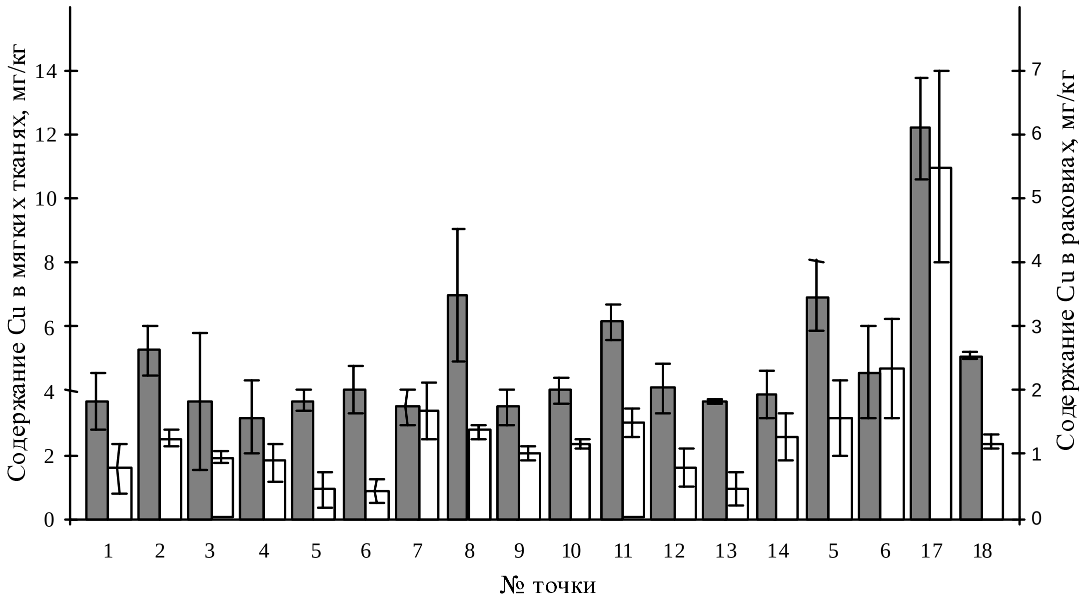


Рис. 2. Динамика содержания Cu в мягких тканях (1) и раковинах (2) *Anodonta anatina* р. Южный Буг

Сравнение полученных данных по содержанию Cu в анодонтах из р. Южный Буг с имеющимися в литературе, показало, что в большинстве районов уровни накопления не превышали характерные для других водоемов. По данным О. А. Бессонова и др. [2], в тканях *A. cygnea* из Нижнего Дона содержание Cu колебалось в пределах 0,8-32,0 мг/кг; в раковинах – 3-15 мг/кг. Значительно более высокие значения были указаны для анодонт из незагрязненных водоемов Европейской части СССР: в мягких тканях 7,5-91,4 мг/кг, в раковинах – 5,3-30,2 мг/кг [8]. Также высокая концентрация меди была характерна для *A. cygnea* из озер Италии, в среднем в тканях составлявшая 34 мг/кг, в раковинах – 11 мг/кг [15]. Следует отметить, что в приведенные диапазоны попадаю только максимальные зарегистрированные концентрации Cu в моллюсках Южного Буга.

Концентрация Mn в мягких тканях *A. anatina* р. Южный Буг характеризовалась значительными колебаниями (рис. 3). В верховьях реки содержание Mn было несколько повышенным (3,9-5,2 г/кг), после чего в районе населенных пунктов Меджибож – Летичев – Новоконстантинов происходила стабилизация его концентрации в пределах 2,4-2,8 г/кг. Следующее повышение концентрации металла было отмечено выше г. Хмельник (4,4 г/кг), за которым происходило ее снижение до 2,1-2,8 г/кг. Также повышенным содержанием отличались моллюски, отобранные выше г. Брацлав (5,3 г/кг). Начиная с района пгт. Гайворон и до самого устья Южного Буга ткани моллюсков характеризовались высокой концентрацией Mn (3,8-6,1 г/кг). Особенности динамики накопления Mn в раковинах моллюсков в общих чертах отражали его содержание в тканях. Корреляционный анализ показал достаточно высокий уровень зависимости накопления Mn в раковинах и тканях (коэффициент корреляции Пирсона +0,86; $p<0,05$). Однако повышенное накопление Mn в раковинах наблюдалось практически на всем протяжении Южного Буга; начиная от Новоконстантинова (точка № 5) и до самого устья его содержание было стабильно повышенным (560-780 мг/кг).

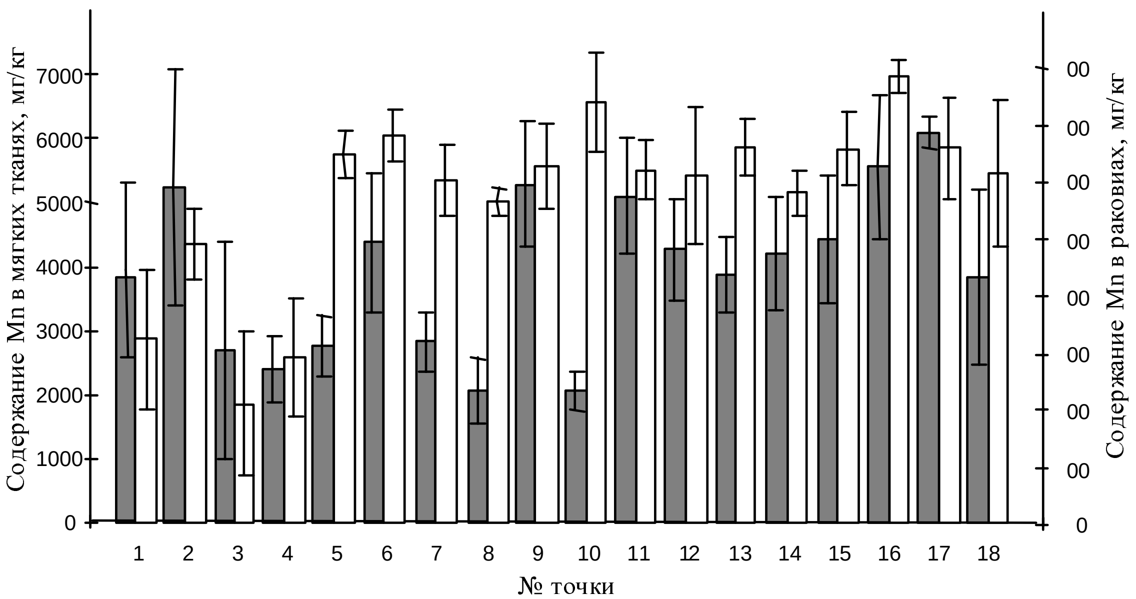


Рис. 3. Динамика содержания Mn в мягких тканях (1) и раковинах (2) *Anodonta anatina* р. Южный Буг

Значительные колебания Mn в моллюсках *A. cygnea* были отмечены также в условиях Нижнего Дона. Колебания этого металла в тканях находились в пределах 32-800 мг/кг, в раковинах – 100-1500 мг/кг [2]. В озерах Италии содержание марганца в среднем составляло в мягких тканях 11250 мг/кг, в раковинах – 289 мг/кг [15].

Отбор моллюсков из условно чистых районов речного русла позволил оценить средние величины концентрации тяжелых металлов, характерные для бугских *A. anatina* (табл. 2). При этом были рассчитаны значения верхнего фонового предела, превышение которого свидетельствует о наличии загрязнения [1, 4].

Таблица 2

Фоновые уровни содержания (мг/кг) меди и марганца в моллюсках *Anodonta anatina* р. Южный Буг

Показатели фоновых значений	Cu		Mn	
	Мягкие ткани	Раковина	Мягкие ткани	Раковина
Средняя фоновая концентрация	4,5	1,2	3834	639
Нижний фоновый предел	2,5	0,4	1237	482
Верхний фоновый предел	6,4	2,0	6432	797

Превышение предельного фонового значения (6,4 мг/кг) содержания Cu в мягких тканях в ряде районов дает основание утверждать о наличии загрязнения. Такими районами были точки № 8, 11, 15, 17. В раковинах критическим уровнем фонового содержания Cu являлось 2,0 мг/кг. Превышение было зарегистрировано в точках № 16, 17. Таким образом, достоверное повышение содержания Cu в раковинах моллюсков свидетельствует о постоянном загрязнении р. Южный Буг выше г. Вознесенска и г. Новая Одесса, вероятно, созданном сбросами г. Южноукраинска и г. Вознесенска. Наличие повышенной концентрации Cu в тканях моллюсков и отсутствие такого повышения в их раковинах в точках № 8, 11, 15 можно объяснить непериодическим кратковременным повышением содержания Cu в экосистеме. Так, загрязнение реки в районе г. Тыврова создается благодаря сбросам вышерасположенного областного центра г. Винница, в районе пгт. Гайворона – благодаря сбросам г. Ладыжин, в районе г. Южноукраинска – благодаря сбросам г. Первомайска.

Несмотря на значительные колебания концентрации Mn в тканях и раковинах анодонты, превышения верхнего фонового уровня на исследованных участках р. Южный Буг зарегистрировано не было. Скорее всего, содержание марганца в экосистеме Южного Буга определяется естественными факторами, и по этой причине отсутствуют резкие изменения его содержания. Ранее нами было показано, что в р. Днепр в летний период повышение концентрации марганца в раковинах моллюсков связано с интенсивным накоплением планктоногенных взвешенных форм марганца в речной воде [6].

Выводы

1. Анализ изменения концентрации Cu и Mn в тканях и раковинах *A. anatina* из р. Южный Буг выявил отсутствие влияния на данные показатели химического состава воды. Особенности накопления Mn в раковинах моллюсков в общих чертах отражали его содержание в тканях.

2. Определены верхние фоновые пределы содержания Cu и Mn в мягких тканях *A. anatina* (соответственно 6,4 и 6432 мг/кг) и раковинах (соответственно 2,0 и 797 мг/кг), характерные для экосистемы Южного Буга.

3. На основании превышения фонового уровня содержания Cu в раковинах из районов городов Вознесенска и Новая Одесса, сделан вывод о хроническом загрязнении данного участка русла реки. Превышение фонового уровня содержания Cu в тканях моллюсков из районов г. Тывров, пгт. Гайворон и г. Южноукраинск свидетельствует о кратковременном загрязнении.

Список литературы

1. *Алексеенко В. А.* Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.

2. *Бессонов О. А., Белова С. Л., Водолазкин Д. И.* Биогеохимический цикл тяжелых металлов в экосистеме Нижнего Дона. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1991. – 112 с.

3. *Ермаченко Л. А., Ермаченко В. М.* Атомно-адсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях. – М., 1997. – 92 с.

4. *Ковалевский А. Л.* Биогеохимические поиски рудных месторождений. – М.: Недра, 1984. – 172 с.

5. *Лукашев Д. В.* Использование раковин *Dreissena bugensis* для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами экосистемы реки Днепр в районе Киева // Экологическая химия. – 2006. – Т. 15, № 3. – С. 186-195.

6. *Лукашев Д. В.* Сезонная динамика накопления марганца в годичных приростах раковин *Unio tumidus* (Bivalvia: Unionidae) // Гидробиологический журн. – 2007. – Т. 43, № 2. – С. 81-88.

7. *Микроэлементы* в природных водах и атмосфере // Тр. Ин-та экспериментальной метеорологии. – 1974. – Т. 2. – 183 с.

8. *Никаноров А. Н., Жулидов А. В.* Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 291 с.

9. *Реброва О. Ю.* Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. – М.: МедиаСфера, 2002. – 312 с.

10. *Camusso M., Galassi S., Vignati D.* Assessment of river Po sediment quality by micropollutant analysis // Water Res. – 2002. – V. 36. – P. 2491-2504.

11. *Conti M. E., Iacobucci M., Cecchetti G.* A statistical approach applied to trace metal data from biomonitoring studies // Int. J. Environment and Pollution. – 2005. – V. 23, N 1 – P. 29-41.

12. *Foster P. Cravo A.* Minor elements and trace metals in the shells of marine gastropods from a shore in tropical East Africa // Water Air and Soil pollution. – 2003. – Vol. 145. – P. 53-65.

13. *Kwan M., Chan M., Lafontaine Y.* Metal contamination in Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) about the St. Lawrence river // Environment. Monitor. Assessment. – 2003. – V. 88. – P. 193-219.

14. *Metcalfe-Smith J. R., Green R. N., Grapentine L. C.* Influence of biological factors on concentrations of metal in the tissues of freshwater mussels (*Elliptio complanata* and *Lampsilis radiata*) from the St. Lawrence river // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1996. – Vol. 53. – P. 205-219.

15. *Ravera O., Cenci R., Beone G. M.* Trace element concentration in freshwater mussels and macrophytes as related to those in their environment // J. Limnol. – 2003. – V. 62, N 1. – P. 61-70.

16. *Reimann C., Filzmoser P., Garrett R.* Background and threshold: critical comparison of methods of determination // Science of the Total Environment. – 2005. – V. 346. – P. 1-16.

Лукашов Д. В. **Індикація забруднення екосистеми р. Південний Буг марганцем та міддю за допомогою двостулкових молюсків *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758). –** У роботі використано дані щодо хімічного складу *Anodonta anatina* з 18 умовно чистих районів русла р. Південний Буг. Досліджено закономірності нагромадження марганцю та міді у тканинах та черепашках молюсків із різних ділянок річки. Розраховано фонові рівні вмісту даних елементів у молюсках. На підставі перевищення фонових показників вмісту міді було визначено ділянки русла, які характеризувалися хронічним та періодичним забрудненням важкими металами.

Ключові слова: двостулкові молюски, важкі метали, Південний Буг, фонова концентрація.

***Lukashov D. V. Indication* of pollution of South Bukh river ecosystems by manganese and copper with the help of mussel *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758).** – The chemical content data of *Anodonta anatina* from 18 relative clean sites of South Bukh river were used. Features of manganese and copper uptake by soft tissues and mussel's shells from different areas of riverbed were investigated. The background concentration this metals in mollusks was estimated. On the basis of copper concentration exceeding of background level in mussels was determinate areas that characterized by continuous and periodical metal contamination.

Key word: bivalve mollusk, trace metal, South Bukh, background concentration.

УДК 595.71

Ю. Ю. Овчинникова[1], Е. В. Старостенко[2], А. Д. Штирц[1]

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ КОЛЛЕМБОЛ ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ Г. ДОНЕЦКА

[1]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: ecology@dongu.donetsk.ua
[2]Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16

Овчинникова Ю. Ю., Старостенко Е. В., Штирц А. Д. **Структура и динамика сообществ коллембол искусственных ценозов г. Донецка.** – Структура населения коллембол исследуемых искусственных ценозов г. Донецка отличается от таковой в естественных степных и лесных сообществах меньшим разнообразием семейств и видов, бедным видовым составом, значительно более низкими показателями численности, высокой долей доминирующих и практически полным отсутствием редких видов, явным преобладанием верхнеподстилочных биоморф и группы ксерорезистентных видов над другими. Для почвенно-зоологического мониторинга состояния окружающей среды и при проведении биоиндикационных исследований рекомендуется использовать весь комплекс основных экологических характеристик сообщества коллембол: показатели численности, видового богатства и таксономического разнообразия, изменения в структуре доминирования, в соотношении биоморф и групп гигропреферендумов, индексов экологического разнообразия, а также использование отдельных видов-индикаторов.

Ключевые слова: ногохвостки (коллемболы), биоиндикаторы, структура сообщества, экосистема.

Введение

Ногохвостки – многочисленная группа членистоногих, насчитывающая несколько десятков тысяч видов и подвидов. Основными местами обитания ногохвосток являются верхний слой почвы и гниющий органический материал на его поверхности [22]. Коллемболы играют важную роль в биогеоценозах, оказывая значительное влияние на гумусообразовательные процессы. Ногохвостки, принимающие активное участие в формировании микроструктуры почвы и распаде органического вещества, в настоящее время признаны одной из передовых групп, используемых для мониторинга почвенного блока экосистем [12, 27].

До настоящего времени на территории Украины проводилось изучение фаунистического состава и структуры сообществ коллембол естественных ценозов Карпат [7, 8], лесостепной [14, 24] и степной зон Украины [1, 2, 4, 5, 10, 15-17, 20]. Состав и структура населения коллембол урбоэкосистем исследовались только в Карпатском регионе [28], на территории Донбасса они практически не изучены. В литературе имеются лишь фрагментарные сведения о ногохвостках урбанизированных ландшафтов, расположенных в черте г. Донецка [25].

Целью нашей работы являлось установление видового состава, особенностей структуры и динамики сообществ коллембол некоторых искусственных ценозов г. Донецка.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2004-2006 гг. на территории Центрального парка культуры и отдыха (ЦПКиО) им. Щербакова г. Донецка в трёх биотопах: берег водоёма, лесопосадка и цветочная клумба, а также на территории Донецкого ботанического сада НАН Украины (ДБС) на трёх искусственных модельных степных участках – "Стрельцовская степь", "Хомутовская степь", "Провальская степь".

В каждом исследуемом биотопе отобрано по 10 почвенных проб объёмом 250 см^3. При взятии проб применяли случайную выборку. Выгонка членистоногих проводилась с использованием воронок Тульгрена в течение 7 суток в пробирки с 70% спиртом [6]. Разбор проб проводили в камере Богорова под бинокуляром МБС-2. Микропрепараты изготавливали по общепринятой методике с использованием жидкости Фора [13].

Для определения жизненных форм коллембол использовали систему С. К. Стебаевой [23]. В основу определения гигропреферендумов видов была положена система Н. К. Кузнецовой [9].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований обнаружено 38 видов коллембол, относящихся к 20 родам и 9 семействам. Наиболее богато по числу видов во всех исследуемых биотопах представлены семейства Entomobryidae (17 видов), Isotomidae (9 видов). В семействе Onychiuridae обнаружены 3 вида, в семействе Katiannidae, Neanuridae и Bourletiellidae – по 2 вида, семейства Odontellidae, Cyphoderidae и Sminthurididae представлены каждое одним видом. Семейства Entomobryidae и Isotomidae присутствуют во всех исследуемых биотопах. Наиболее богато по числу видов в большинстве биотопов семейство Entomobryidae. Наибольшим числом видов представлены рода *Pseudosinella* (5 видов), *Lepidocyrtus* (4 вида) и *Isotoma* (4 вида).

За весь период исследований в ЦПКиО им. Щербакова обнаружено 6 семейств коллембол. Наиболее разнообразно представлены семейства Entomobryidae (15 видов) и Isotomidae (8 видов). В семействах Katiannidae и Onychiuridae обнаружено по 2 вида, в семействах Odontellidae и Sminthurididae – по одному виду. Семейства Entomobryidae, Kattianidae, Onychiuridae и Isotomidae присутствуют во всех трёх биотопах во все сроки учёта. Наиболее богато по числу видов и обилию в большинстве биотопов семейство Entomobryidae (рис. 1-3).

Таким образом, по соотношению семейств исследуемые сообщества коллембол отличаются от таковых в природных биотопах преобладанием по числу видов только двух семейств – Entomobryidae и Isotomidae, включающих в основном атмобионтные и подстилочные виды. Семейство Onychiuridae в наших сборах представлено только двумя видами, при этом следует отметить, что данное семейство в природных ландшафтах составляет таксономическую основу сообществ коллембол. Вероятно, незначительное количество или отсутствие в сборах представителей семейства Onychiuridae может служить индикатором степени антропогенной нагрузки на биотоп.

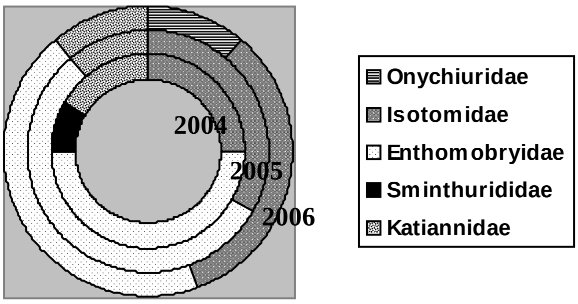


Рис. 1. Таксономическая структура населения коллембол берега водоёма ЦПКиО им. Щербакова (2004-2006 гг.)

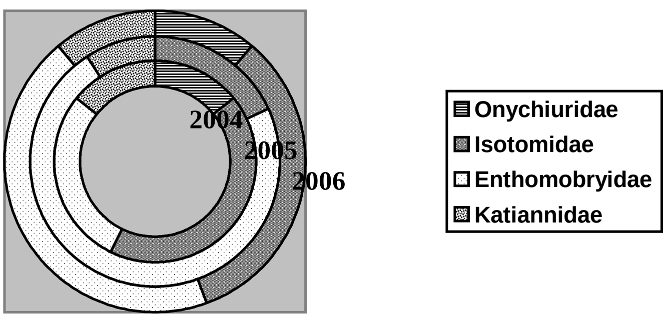


Рис. 2. Таксономическая структура населения коллембол лесопосадки ЦПКиО им. Щербакова (2004-2006 гг.)

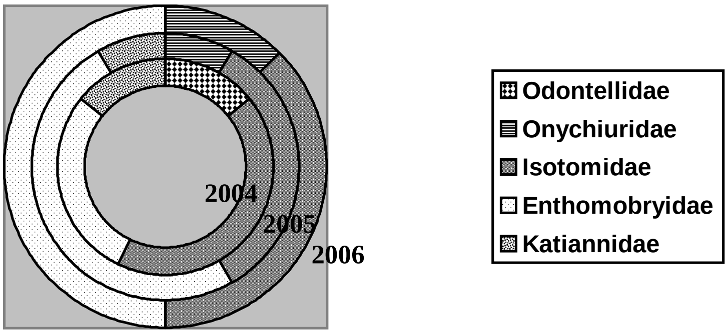


Рис. 3. Таксономическая структура населения коллембол цветочной клумбы ЦПКиО им. Щербакова (2004-2006 гг.)

На берегу водоёма в ЦПКиО обнаружено 17 видов из 9 родов и 5 семейств, в лесопосадке – 16 видов из 9 родов и 4 семейств, в цветочной клумбе – 15 видов из 9 родов и 5 семейств (табл. 1-3).

Таблица 1

Видовой состав коллембол на территории ЦПКиО им. Щербакова (2004 г.)

№	Виды	Биотопы		
		Берег водоёма	Лесопосадка	Цветочная клумба
	ODONTELLIDAE			
1.	*Axenyllodes bayeri* Kseneman, 1935	0	0	1
	ONYCHIURIDAE			
2.	*Metaphorura affinis* (Boerner, 1902)	0	1	0
	ISOTOMIDAE			
3.	*Isotomiella minor* (Schaffer, 1896)	0	1	0
4.	*Folsomia sp.*	1	0	0
5.	*Cryptopygus orientalis* Stach, 1947	0	0	1
6.	*Isotoma notabilis* Schaffer, 1896	1	1	0
7.	*Isotoma anglicana* Lubbok, 1862	0	0	1
8.	*Isotoma sp.*$_1$	1	1	1
9.	*Isotoma sp.*$_2$	0	0	1
	ENTHOMOBRYIDAE			
10.	*Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835)	1	0	0
11.	*Orchesella taurica* Stach, 1960	1	0	0
12.	*Orchesella sp.*	1	0	0
13.	*Lepidocyrtus cyaneus* (Tullberg, 1871)	0	0	1
14.	*Lepidocyrtus violaceus* (Geoffroy, 1762)	0	0	1
15.	*Lepidocyrtus lanuginosus* (Gmelin, 1788)	0	1	0
16.	*Pseudosinella octopunctata* (Boerner, 1901)	1	0	0
17.	*Pseudosinella imparipunctata* Gisin, 1953	1	0	0
18.	*Pseudosinella alba* (Packard, 1873)	1	1	0
	SMINTHURIDIDAE			
19.	*Sphaeridia gr. pumilis* (Krausbauer, 1898)	1	0	0
	KATIANNIDAE			
20.	*Sminthurinus niger* (Lubbok, 1868)	1	0	0
21.	*Sminthurinus sp.*	1	1	1
Всего видов		12	7	7
Число родов / семейств		7 / 4	6 / 4	5 /4

Примечание. 1 – наличие вида, 0 – отсутствие вида.

Таблица 2

Видовой состав коллембол на территории ЦПКиО им. Щербакова (2005 г.)

№	Виды	Биотопы		
		Берег водоёма	Лесопосадка	Цветочная клумба
	ONYCHIURIDAE			
1.	*Mesaphorura sp.*	0	0	1
	ISOTOMIDAE			
2.	*Anurophorus sp.*	0	0	1
3.	*Isotoma anglicana* Lubbok, 1862	1	1	1
4.	*Isotoma notabilis* Schaffer, 1896	1	0	1
5.	*Isotoma sp.*	1	1	1
	ENTHOMOBRYIDAE			
6.	*Heteromurus major* (Moniez, 1889)	0	1	0
7.	*Corynothrix sp.*	0	0	1
8.	*Enthomobrya sp.*	1	1	1
9.	*Lepidocyrtus cyaneus* (Tullberg, 1871)	0	0	1
10.	*Lepidocyrtus violaceus* (Geoffroy, 1762)	0	1	1
11.	*Lepidocyrtus sp.*	0	1	1
12.	*Pseudosinella octopunctata* (Boerner, 1901)	1	1	1
13.	*Pseudosinella sexoculata* Schoett, 1902	1	1	0
14.	*Pseudosinella alba* (Packard, 1873)	1	1	0
15.	*Pseudosinella sp.*	1	1	0
	KATIANNIDAE			
16.	*Sminthurinus sp.*	1	1	1
Всего видов		9	11	12
Число родов / семейств		4 / 3	6 / 3	9 / 4

Примечание. 1 – наличие вида, 0 – отсутствие вида.

Таблица 3

Видовой состав коллембол на территории ЦПКиО им. Щербакова (2006 г.)

№	Виды	Биотопы		
		Берег водоёма	Лесопосадка	Цветочная клумба
	ONYCHIURIDAE			
1.	*Mesaphorura sp.*	1	1	1
	ISOTOMIDAE			
2.	*Isotoma anglicana* Lubbok, 1862	1	1	1
3	*Isotoma notabilis* Schaffer, 1896	1	1	1
4.	*Isotoma sp.*	1	1	1
	ENTHOMOBRYIDAE			
6.	*Enthomobrya sp.*	1	1	0
7.	*Pseudosinella octopunctata* (Boerner, 1901)	0	0	1
8.	*Pseudosinella sexoculata* Schoett, 1902	1	1	1
9.	*Pseudosinella alba* (Packard, 1873)	1	1	1
10.	*Pseudosinella sp.*	1	1	1
	KATIANNIDAE			
11.	*Sminthurinus sp.*	1	1	0
Всего видов		9	9	8
Число родов / семейств		5 / 4	5 / 4	3 / 3

Примечание. 1 – наличие вида, 0 – отсутствие вида.

На модельном участке "Провальской степи", расположенном на территории Донецкого ботанического сада, обнаружено 9 видов из 6 родов и 4 семейств, на участке "Стрельцовской степи" – 8 видов из 5 родов и 4 семейств, на участке "Хомутовской степи" – 5 видов из 4 родов и 3 семейств (табл. 4).

Таблица 4

Видовой состав коллембол модельных степных участков на территории Донецкого ботанического сада НАН Украины (2003 г.)

№	Виды	Биотопы		
		Провальская степь	Стрельцовская степь	Хомутовская степь
	NEANURIDAE			
1.	*Pseudachorutes parvulus* (Boerner)	0	1	0
2.	*Pseudachorutes sp.*	0	1	0
	ONYCHIURIDAE			
3.	*Metaphorura affinis* (Boerner, 1902)	0	0	1
4.	*Prothaphorura serbica* (Loksa & Bogoevic, 1967)	1	0	0
	ISOTOMIDAE			
5.	*Crypthopygus thermophilia* (Axelson, 1900)	0	0	1
6.	*Isotoma sp.*	0	1	0
	ENTHOMOBRYIDAE			
7.	*Enthomobrya multifasciata* Tullberg,1871	1	1	1
8.	*Enthomobrya sp.*	1	1	1
9.	*Enthomobrya handschini* (Stach, 1960)	1	0	0
10.	*Pseudosinella octopunctata* (Boerner, 1901)	1	1	1
11.	*Pseudosinella imparipunctata* Gisin, 1953	0	1	0
12.	*Pseudosinella alba*	1	0	0
	CYPHODERIDAE			
13.	*Cyphoderus albinus* (Nicolett, 1842)	1	0	0
	BOURLETIELLIDAE			
14.	*Fasciosminthurus strigatus* (Stach, 1922)	1	0	0
15.	*Fasciosminthurus albanicus albanicus* (Stach, 1956)	1	0	0

Примечание. 1 – наличие вида, 0 – отсутствие вида.

Общими для всех исследованных биотопов являются виды *Pseudosinella octopunctata* и *Enthomobrya sp.* По данным И. В. Бондаренко [3] и Е. В. Старостенко [19] эти виды часто встречаются в природных степных и лесных сообществах юго-восточной Украины.

Интересно отметить, что обнаруженный в цветочной клумбе вид *Axenyllodes bayeri* был зарегистрирован на территории юго-восточной Украины только в заповеднике "Хомутовская степь", в норах грызунов [18].

Наибольшая средняя плотность населения коллембол в исследованных биотопах ЦПКиО отмечена на берегу водоёма (3640 экз./м^2), а наименьшая – в цветочной клумбе (1310 экз./м^2).

На модельных степных участках ДБС максимум численности отмечен в "Провальской степи" – 1040 экз./м^2, минимум – на участке "Хомутовской степи", всего 420 экз./м^2. Население коллембол в исследуемых биотопах характеризуется более низкими показателями численности в рассматриваемые периоды, по сравнению с природными сообществами.

Следует отметить, что население коллембол в исследуемых биотопах характеризуется более низкими показателями численности, по сравнению с природными сообществами, в рассматриваемый период. Так, в байрачных дубравах Донецкого кряжа средняя плотность населения ногохвосток составила 3,0-9,1 тыс. экз./м^2 в почве и 20-30 тыс. экз./м^2 в подстилке. В искусственных лесонасаждениях Донецкой области плотность населения коллембол варьировала в пределах 14,2-49,7 тыс. экз./м^2 [3].

Анализ структуры доминирования показал, что для рассмотренных сообществ характерно небольшое количество малочисленных видов (рецедентов и субрецедентов), что, по-видимому, связано со значительной антропогенной нагрузкой в исследуемых биотопах, т. к. согласно сведениям Н. М. Черновой [26], для природных сообществ коллембол характерно большое количество редких и малочисленных видов.

В исследуемых биотопах ЦПКиО в состав доминантов во все сроки учёта входили – *Pseudosinella alba, Isotoma sp$_1$, Isotoma sp. of. anglicana, Sminthurinus sp.*; к субдоминантам отнесены *Isotoma notabilis, Lepidocyrtus cyaneus, Pseudosinella sp.;* к рецедентам – *Enthomobrya sp., Orchesella taurica, Orchesella sp., Heteromurus major, Anurophorus sp.* и *Mesaphorura sp.* В цветочной клумбе в 2004 г. к эудоминантам отнесён вид *Lepidocyrtus violaceus.*

Коллемболы всех исследованных участков относятся к 8 жизненным формам (биоморфам) – атмобионтные, верхнеподстилочные, нижнеподстилочные, подстилочно-почвенные, верхнепочвенные, кортикикольные, синэкоморфные и глубокопочвенные. Наиболее разнообразны группы поверхностных, атмобионтных, верхненодстилочных и полупочвенных биоморф. Для сообществ коллембол большинства исследуемых участков характерно преобладание верхнеподстилочных биоморф как по числу видов, так и по обилию, что в целом характерно и для природных сообществ ногохвосток юго-востока Украины.

В результате проведенных исследований биоморфной структуры коллембол ЦПКиО в 2004-2006 гг. наблюдается значительное варьирование соотношения жизненных форм коллембол. В 2004 г. на берегу водоёма по обилию преобладали подстилочно-почвенные биоморфы (50%); в лесопосадке также наблюдается преобладание подстилочно-почвенных биоморф над всеми остальными по обилию (33%); в цветочной клумбе верхнеподстилочные биоморфы занимают доминирующую позицию (80%). В 2005 г. в двух биотопах (лесопосадка и цветочная клумба) заметно преобладают верхнеподстилочые биоморфы; на берегу водоёма наибольшим числом видов представлены подстилочно-почвенная биоморфа (36%); в лесопосадке доминируют верхнеподстилочные формы (51%). В цветочной клумбе верхнеподстилочные биоморфы представлены наиболее разнообразно (46%). В 2006 г. наблюдалось значительное преобладание верхнеподстилочных биоморф на берегу водоёма и в лесопосадке. В цветочной клумбе подстилочно-почвенная биоморфа была представлена наибольшим количеством особей.

Сообщества коллембол всех исследованных участков представлены 4 группами гигропреферендумов: ксерорезистентные, мезофильные, ксеро-мезофильные, гигро-мезофильные. Наиболее разнообразно представлена группа ксерорезистентных видов.

Анализируя динамику групп гигропреферендумов в ЦПКиО за весь период исследования, следует отметить преобладание в 2004 г. на берегу водоёма и в лесопосадке мезофильных видов, а в цветочной клумбе – ксерорезистентных. В 2005-2006 гг. во всех трёх биотопах заметно преобладала группа ксерорезистентных видов.

Для сравнения, структура гигропреферендумов природных зональных биотопов характеризуется преобладанием ксерорезистентных видов, для лесных сообществ характерно преобладание мезофильной группы [3].

Выводы

Проведенные исследования показали, что структура населения коллембол исследуемых искусственных ценозов г. Донецка отличается от таковой в естественных степных и лесных сообществах меньшим разнообразием семейств и видов, бедным видовым составом, значительно более низкими показателями численности, высокой долей доминирующих и практически полным отсутствием редких видов, явным преобладанием верхнеподстилочных биоморф и группы ксерорезистентных видов над другими.

Вероятно, незначительная представленность или отсутствие в сборах представителей семейства Onychiuridae может служить индикатором степени антропогенной нагрузки на биотоп.

Подводя итог, следует отметить, что исследования по структуре и динамике населения коллембол могут быть использованы для почвенно-зоологического мониторинга состояния окружающей среды, при проведении биоиндикационных исследований с целью определения степени воздействия антропогенной нагрузки на экосистемы. Для этого нами рекомендуется использовать *весь комплекс* основных экологических характеристик сообщества коллембол: показатели численности, видового богатства и таксономического разнообразия, изменения в структуре доминирования, в соотношении биоморф и групп гигропреферендумов, индексов экологического разнообразия, а также использование отдельных видов-индикаторов.

Список литературы

1. *Бондаренко И. В.* Изучение фауны ногохвосток (Collembola, Entognatha) в лесных ценозах Левобережной Украины // Изв. Харьк. энтомол. общ-ва. – 1998. – Т. 6, вып. 1. – С. 108-112.

2. *Бондаренко І. В.* Вивчення епігейного комплексу колембол (Collembola, Entognatha) у байрачній діброві на Донецькому кряжі // Наук. вісник "Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства". – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – С. 22-25.

3. *Бондаренко-Борисова І. В.* Колемболи (Collembola, Entognatha) лісів у Степу Південного Сходу України: фауна, екологія: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.09 / Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена. – К., 2002. – 20 с.

4. *Бондаренко И. В., Старостенко Е. В., Таращук М. В.* Некоторые особенности лабораторного разведения ногохвосток (Collembola, Entognatha) различных семейств // Вестн. зоол. – 1997. – Т. 4, вып. 31. – С. 42-50.

5. *Бондаренко-Борисова И. В., Усова З. В.* Особенности вертикального распределения ногохвосток (Collembola, Entognatha) в почве байрачного леса // Мат. Всеукр. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених "Біорізноманіття природних та техногенних біотопів України". – Донецьк: ДонНУ, 2001. – Ч. ІІ. – С. 56-60.

6. *Гиляров М. С.* Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 264 с.

7. *Капрусь І. Я.* Видовий склад і структура населення ногохвісток (Collembola) в корінних і похідних лісах Сколівських Бескид // Мат. Міжнар. конф. "Фауна Східних Карпат: сучасний стан і охорона" (м. Ужгород, 13-16 вересня 1993 р.). – Ужгород, 1993. – С. 194-197.

8. *Капрусь І. Я.* Ногохвостки (Collembola) лісових і лучно-степових екосистем Медоборів // Науковий вісник. – 2000. – Вип. 10.3. – С. 283-292.

9. *Кузнецова Н. А.* Влажность и распределение коллембол // Зоол. журн. – 2003. – Т. 82, № 2. – С. 239-247.

10. *Мартынова Е. Ф.* К диагностике ногохвосток рода *Folsomia* Willem (Collembola, Isotomidae), встречающихся на территории СССР // Фауна Сибири. Тр. биол. ин-та АН СССР. – Новосибирск: Наука, 1973. – Вып. 16, ч. 2. – С. 7-23.

11. *Мартынова Е. Ф., Челноков В. Г., Расулова З. К.* Виды рода *Heteromurus* Wankel, 1860 (Collembola, Entomobryidae, s.l.) в фауне СССР // Вестн. зоол. – 1974. – № 2. – С. 67-71.

12. *Мелецис В. П.* Биоиндикационное значение коллембол (Collembola) при загрязнении почвы березняка-кисличника индустриальной кальцийсодержащей пылью // Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью. – Рига: Зинатне, 1985. – С. 149-209.

13. *Определитель* коллембол фауны СССР / Под ред. Н. М. Черновой, Б. Р. Стригановой. – М.: Наука, 1988. – 214 с.

14. *Прокопенко А. А.* К фауне коллембол Левобережной Украины // Биол. науки. – 1987. – № 1. – С. 38-42.

15. *Старостенко Е. В.* Изучение суточной динамики горизонтальных миграций коллембол (Collembola, Entognatha) по поверхности почвы в условиях открытого ландшафта // Изв. Харьк. энтомол. общ-ва. – 1998. – Т. 6, вып. 1. – С. 113-119.

16. *Старостенко Е. В.* До вивчення сезонної динаміки угруповань колембол (Collembola, Entognatha) в умовах відкритих ландшафтів степу в південно-східної України // Наук. вісник "Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства". – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – Вип. 9, № 7. – С. 172-176.

17. *Старостенко Е. В.* Изучение сообществ коллембол степных ценозов левобережной Украины // Тез. докл. I Междунар. конф. "Структура и функциональная роль животного населения в природных и трансформированных экосистемах" (г. Днепропетровск, сентябрь 2001 г.). – Днепропетровск: ДНУ, 2001. – С. 100-101.

18. *Старостенко Е. В., Усова З. В.* Изучение особенностей сообществ коллембол (Collembola) степных ценозов юго-восточной Украины в условиях разнорежимного заповедания (на примере заповедника "Хомутовская степь") // Мат. Всеукр. конф. студ., аспірантів та молодих вчених "Біорізноманіття природних і техногенних біотопів України" (м. Донецьк, 19-22 листопада 2001 р.). – Донецьк: ДонНУ, 2001. – Ч. II. – С. 177-182.

19. *Старостенко Е. В.* Коллемболы заповедника "Провальская степь" (отделение Луганского природного заповедника) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. тр. – Донецк: ДонНУ, 2002. – С. 141-145.

20. *Старостенко Е. В., Бондаренко И. В.* К изучению фауны коллембол (Collembola) юго-востока Украины // Тез. доп. Нац. конф. "Збереження біорізноманітності в Україні" (м. Канів, 21-24 жовтня 1997 р.). – К.: Егем, 1997. – С. 52.

21. *Старостенко Е. В., Таращук М. В.* Коллемболы (Collembola) Луганского природного заповедника // Энтомологические исследования в Украине: Тр. Укр. энтомол. общ-ва. Вестн. зоол. – 2003. – Suppl. № 16. – С. 138-141.

22. *Стебаев И. В.* Изменение животного населения почв в ходе их развития на скалах и на рыхлых продуктах выветривания в лесо-луговых ландшафтах Южного Урала // Pedobiologia. – 1963. – Bd. 2. – S. 265-309.

23. *Стебаева С. К.* Жизненные формы ногохвосток (Collembola) // Зоол. журн. – 1970. – Т. 49, вып. 10. – С. 1437-1454.

24. *Таращук М. В.* Эколого-фаунистическая характеристика почвенных ногохвосток (Collembola) в двух биотопах лесостепи УССР // Фауна и биоценологические связи насекомых Украины. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 4-12.

25. *Тимошенко Л. А.* Формирование видовых группировок ногохвосток (Collembola, Entognatha) на породных отвалах угольных шахт Донбасса // Вестн. зоол. – 1995. – № 4. – С. 37-41.

26. *Чернова Н. М.* Принципы количественного анализа населения коллембол // Фауна и экология ногохвосток. – М.: Наука, 1984. – С. 29-43.

27. *Чернова Н. М., Кузнецова Н. А.* Общие особенности структуры населения ногохвосток лесных почв // Экология микроартропод лесных почв. – М.: Наука, 1988. – С. 5-23.

28. *Шрубович Ю. Ю.* Формирование населения почвенных ногохвосток (Collembola) урбанизированных экосистем г. Львова: Автореф. дис. … канд. биол. наук. – Черновцы, 2002. – 17 с.

Овчинникова Ю. Ю., Старостенко О. В., Штірц А. Д. **Структура та динаміка угруповань колембол штучних ценозів м. Донецька.** – Структура населення колембол досліджуваних штучних ценозів м. Донецька відрізняється від природних степових і лісових угруповань меншою розмаїтістю родин і видів, бідним видовим складом, більш низькими показниками чисельності, високою часткою домінуючих і практично повною відсутністю рідкісних видів, явною перевагою поверхнево-підстилочних біоморф і групи ксерорезістентних видів над іншими. Для ґрунтово-зоологічного моніторингу стану навколишнього середовища й при проведенні біоіндикаційних досліджень рекомендується використовувати весь комплекс основних екологічних характеристик угруповань колембол: показники чисельності, видового багатства й таксономічного

різноманіття, зміни в структурі домінування, у співвідношенні біоморф і груп гігропреферендумів, індексів екологічного різноманіття, а також використання окремих видів-індикаторів.

Ключові слова: ногохвістки (колемболи), біоіндикатори, структура угруповань, екосистема.

Ovchinnikova Y. Y., Starostenko H. V., Shtirts A. D. **Structure and dynamics of springtails community of factitious cenosis of the city of the Donetsk**. – Structure of the population of collembola of factitious cenosis of Donetsk are researched, differs from those in natural steppe and wood communities by smaller variety of families and species, poor species composition, considerably lower metrics of number, high long dominating and practically by complete absence of infrequent species, obvious predominance upper litteral biomorph and groups of cseroresistentic species above others. For soil-zoological monitoring of a state of an environment and at carrying out of bioindicator researches it is recommended to utillize all complex of the main ecological characteristics of community springtails: rates of number, species and taxonomical variety, change in structure of prevalence, in the ratio biomorph and groups of gigropreferendums, indexes of ecological variety, and also usage of separate species-indicators.

Key words: springtails, bioindicators, structure of community, ecosystem.

УДК 637.6

В. П. Патика[1], О. О. Троїцька[2]

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОДЕСТРУКТИВНОГО ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ УТИЛІЗАЦІЇ ТРУПНОЇ СИРОВИНИ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОВКІЛЛЯ

[1]Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного; м. Київ, вул. Заболотного, 154
e-mail: vpatyka@mail.ru
[2]Інститут механізації тваринництва УААН; 69017, м. Запоріжжя, Орджонікідзевський р-н, острів Хортиця; e-mail: imt@zp.ukrtel.net

Патика В. П., Троїцька О. О. **Шляхи зменшення екодеструктивного впливу процесу утилізації трупної сировини тваринного походження на екологічний стан довкілля.** – У статті викладено шляхи зменшення екодеструктивного впливу на довкілля від процесу утилізації трупної сировини тваринного походження, що здійснюється на ветеринарно-санітарних утилізаційних заводах, які визначені за результатами проведених досліджень впливу виробничої діяльності Токмацького ветсанутильзаводу на навколишнє середовище. За результатами проведених досліджень надано рекомендації, які дозволяють знизити екологічні втрати від впливу виробничої діяльності ветсанутильзаводу на об’єкти довкілля.

Ключові слова: трупна сировина, утилізація відходів, екологічна безпека, ветеринарно-санітарні утилізаційні заводи, об’єкти довкілля.

Вступ

Філософія виробничої діяльності людства потребує переходу від прагнення до максимального отримання продукції до одночасно погодженого з цим адекватного стану довкілля. Як показує практика, відходи можуть завдавати збитки оточуючому середовищу та помітно впливати на зростання екологічної напруги, призводячи до забруднення ґрунтів, водоймищ, повітряного басейну. Безпосередні та довготривалі проблеми видалення, знешкодження й утилізації відходів з кожним роком набувають все більшого значення [1]. Відходи тваринного походження – це надзвичайно активна біологічна маса, в якій утворюються найбільш небезпечні для тварин і людей мікроорганізми та збудники тяжких інфекційних захворювань [3]. На теренах України вирішення проблеми утилізації трупної сировини поставлено на промислову основу та здійснюється на спеціалізованих підприємствах – ветеринарно - санітарних утилізаційних заводах.

На сьогодні в Україні налічується 25 ветсанутильзаводи і практично всі вони розташовані у багатонаселеній місцевості (рис. 1). Терміни введення цих ветсанутильзаводів у експлуатацію досить різні, проте, пройшло вже більше чверті століття від їх запуску. Тому питання впливу їх виробничої діяльності на довкілля вимагає від науки такого рішення, яке б дозволило мінімізувати негативний вплив процесу утилізації трупної сировини на оточуюче середовище.

Пріоритетними завданнями, які покликані вирішувати такі спеціалізовані утилізаційні підприємства, як ветеринарно-санітарні утилізаційні заводи, з огляду на визначену екологічну політику в Україні – є саме завдання, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля з боку біогенних відходів тваринного походження, шляхом знищення патогенних мікроорганізмів, факультативно-потенційних збудників хвороб та значного скорочення кількості небажаних мікроорганізмів, які потрапляють у довкілля в процесі утилізації трупної сировини. Ця функція утилізаційних спеціалізованих підприємств повинна здійснюватися постійно й за суттю є саме екологічною функцією, при здійсненні якої одночасно вирішуються наступні питання: епідеміологічні, ветеринарні, санітарно-гігієнічні, ресурсозберігаючі та інші [4]. Для ветеринарно-санітарних утилізаційних підприємств, котрі є зразковими підприємствами з утилізації тваринних відходів, актуальним залишається питання значного удосконалення організації виробничого процесу по відношенню до довкілля. Вирішуючи це питання, на основі науково-обґрунтованих рішень, можливо не тільки зменшити дефіцит сировини та енергії, а й сприяти оздоровленню оточуючого середовища.

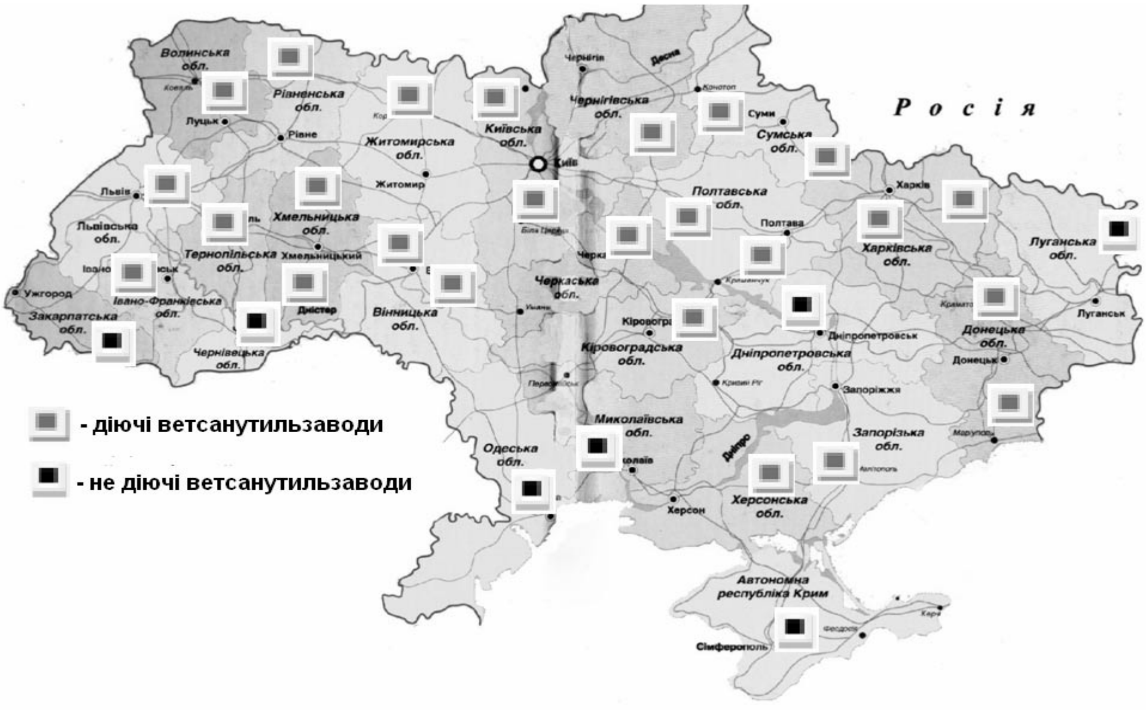


Рис. 1. Схема розташування ветсанутильзаводів в Україні

Матеріали і методи досліджень

При визначенні шляхів зменшення екодеструктивного впливу на довкілля від процесу утилізації трупної сировини тваринного походження, який здійснюється на Токмацькому ветеринарно-санітарному утилізаційному заводі, використовували методику оцінки екологічних втрат, запропоновану Л. Г. Мельником [2]. Фізико-хімічні та бактеріологічні дослідження об’єктів довкілля (повітря, ґрунтів, води) проводили за загальноприйнятими методиками, в основу яких були закладені сучасні інструктивно-методичні настанови.

Результати та обговорення досліджень

За результатами проведених досліджень встановлено, що середні температурні показники повітряного середовища виробничої зони ветсанутильзаводу свідчать, що виробничий процес утилізації трупної сировини у вакуум-горизонтальних котлах викликає фізичне (теплове) забруднення повітря робочої зони ветсанутильзаводу, що негативно відбивається на самопочутті працівників та сприяє підвищенню інтенсивності утворювання й розповсюдження смороду на довкілля. Особливо це відчутно у теплий період року, коли у апаратному відділенні середня температура повітря перевищує оптимальний показник десь на $6{,}6^0$С, що пов’язано із роботою вакуум-горизонтальних котлів, які виділяють у повітря додаткове тепло. Узагальнюючи результати досліджень температурного режиму повітряного середовища виробничої зони ветсанутильзаводу, визначили, що необхідно удосконалити вентиляційну систему, яка функціонує не задовільно й не забезпечує необхідного рівня вентиляції повітря у виробничій зоні ветсанутильзаводу.

З цієї ж причини виникає ефект підвищення відносної вологості повітряного середовища виробничої зони – у апаратному відділенні до 85,3% (особливо у перехідний період), коли температура зовнішнього повітря знижується, а відносна вологість зростає. Повітрообмін, який здійснюється за допомогою притоко-витяжної вентиляції відбувається не достатньо ефективно, що підтверджує необхідність удосконалення вентиляційної системи.

Швидкість руху повітря у виробничій зоні ветсанутильзаводу (особливо у сировинно-роздільному та пакувально-складському відділеннях) складає 0,4 м/с та 0,5 м/с, що не відповідає оптимальній за ГОСТ 12.1005-88 нормі швидкості руху повітря. Відзначена швидкість пересування повітряного потоку у виробничій зоні ветсанутильзаводу сприяє накопиченню та циркуляції пилу у робочій зоні. Це також пов’язано із незадовільним функціонуванням вентиляційної системи й недостатньою герметизацією існуючих пилоутворюючих процесів подрібнення сировини та напівфабрикату.

Вивчення запиленості та загазованості повітря виробничої зони ветсанутильзаводу показало, що процес утилізації трупної сировини супроводжується викиданнями насичених частинками сировини вологих парів з вакуум-горизонтальних котлів під час термічної обробки сировини, а ділянка механічного подрібнення шкварок та доведення її до стану відповідаючому м’ясо-кістковому борошну характеризується досить значним пилоутворюванням. При цьому запиленість повітряного середовища може перевищувати гранично допустимі норми у 7,5 разів. Зменшення запиленості повітряного середовища виробничих відділень ветсанутильзаводу можливе за умов ретельної герметизації існуючих пилоутворюючих процесів або при удосконаленні технології виробництва, що не тільки покращить умови праці на території цих виробничих приміщень, а й знизить небезпеку розповсюдження небажаної мікрофлори у довкіллі разом із частинками пилу, який утворюється в процесі утилізації трупної сировини.

Проведені хімічні дослідження повітряного середовища виробничої зони ветсанутильзаводу показали, що під час викидів парів із працюючих вакуум-горизонтальних котлів виникає перевищення гранично допустимої норми концентрацій шкідливих для людини та довкілля газів: сірководню – на 30%, аміаку – на 10% і окислу вуглецю – на 15%, що вказує на хімічне забруднення повітря. Зважаючи на те, що визначені у повітрі хімічні сполуки є реальною загрозою здоров’ю людей та псують екологічний стан довкілля, необхідно впровадити заходи, які б дозволили запобігти викиданню у повітря цих сполук у процесі утилізації трупної сировини у вакуум-горизонтальних котлах. Також підвищений вміст таких сморідних газів, як аміак та сірководень у повітрі робочої зони, призводить до того, що знаходитися у виробничих приміщеннях не звичній до специфічного смороду людині практично нестерпно і навіть небезпечно. Аналогічне відчуття викликає сморід, який розповсюджує трупна сировина в процесі її зберігання, подрібнення та завантаження до вакуум-горизонтальних котлів. Навкруги ветсанутильзаводу також стоїть специфічний неприємний запах, який відчувається у близько розташованих населених пунктах (до 18 км) при відповідному напрямку вітру. Тому з метою зменшення антропогенного навантаження на повітряне середовище, пов’язаного з процесом утилізації трупної сировини на ветсанутильзаводі, рекомендуємо знищувати специфічні шкідливі, сморідні пари та гази, які забруднюють повітря на території утильзаводу та біля нього, шляхом спалювання їх у котельні або за допомогою барометричних конденсаторів. Однак, на нашу думку, не достатньо боротися із забрудненням повітря на ветсанутильзаводі тільки нейтралізацією смердючих парів при роботі котлів, а необхідно застосовувати цілий комплекс заходів з очищення та дезодорації повітря, що допоможе зменшити екодеструктивний вплив цього чинника на людей і довкілля.

Трупна сировина, яка поступає на утилізацію, зазвичай не має докладної бактеріологічної характеристики, тому що тільки невелика її частка підлягає бактеріологічним дослідженням (біля 7%). Однак для визначення впливу на довкілля процесу утилізації трупної сировини, з’ясування питання мікробного обсіменіння сировини досить актуальне, тому що мікрофлора, яка привноситься із трупною сировиною, може помітно вплинути на ступінь бактеріальної забрудненості повітря, виробничого обладнання, спецодягу, стічних вод, ґрунтів та ін. За результатами проведених досліджень було встановлено, що загальна кількість мікробних тіл у 1 г трупної сировини варіює від 886 тис. до 2466 тис. Виділені культури були віднесені до сальмонел, ентеропатогенних ешеріхій та до інших умовно-патогенних мікроорганізмів. Тому необхідно посилити бактеріологічний контроль за трупною сировиною, яка поступає до ветсанутильзаводу на утилізацію.

Узагальнюючи результати дослідження бактеріальної забрудненості повітря виробничої зони ветсанутильзаводу, можна констатувати, що визначено досить значне забруднення повітря, переважно коковою мікрофлорою та спорами плісеневих грибів. Бактеріальне обсіменіння повітря на різних ділянках виробничої зони відрізняється між собою і залежить від характеру технологічної операції, яку виконують на тій чи іншій ділянці спеціалізованого підприємства. Отримані дані дозволяють чітко визначити найбільш небезпечні для повітряного середовища у екологічному та епідеміологічному плані виробничі відділення заводу – це сировинно-роздільне та апаратне, які саме є джерелами мікрофлори, що потім розповсюджується у повітрі на території заводу та за її межами. Це пов'язане із технологічними процесами, які здійснюються в цих виробничих відділеннях ветсанутильзаводу: процесів деструкції, сушіння та подрібнення. Тому, в першу чергу, необхідно впровадити попереджувальні заходи саме в цих відділеннях виробничої зони.

Узагальнюючи дані по мікробному обсіменінню поверхні технологічного обладнання, виробничих приміщень та спецодягу робітників, які працюють на різних ділянках виробництва, встановили факт значного обсіменіння мікрофлорою сировинно-роздільного та апаратного відділень ветсанутильзаводу. Тому, при визначенні шляхів зменшення екодеструктивного впливу на довкілля виробничої діяльності ветсанутильзаводу, треба враховувати, що при проведенні поточних і заключних дезінфекційних заходів необхідно дотримуватися спеціальної спрямованості їх проведення, яка визначається результатами проведених досліджень, а саме посилити якість дезінфекційних робіт саме у сировинно-роздільному та апаратному відділеннях ветсанутильзаводу.

Особлива увага проведених досліджень на наявність сальмонел як у довкіллі, так і у пробах м'ясо-кісткового борошна пояснюється тим, що за даними районної ветеринарної бактеріологічної лабораторії саме сальмонели найчастіше виявлялися у контрольованих партіях готового продукту, а тому існує небезпека розповсюдження сальмонел із м'ясо-кістковим борошном, що є реальною загрозою зараження сальмонельозом сільськогосподарських тварин та довкілля. Досліджуючи трупну сировину протягом проходження нею всього технологічного процесу треба відмітити, що сировина, яка поступає на ветсанутильзавод піддається інтенсивній термічній обробці, тому напівфабрикат, який утворюється є практично стерильним. Однак, в процесі подальшої обробки, відбувається вторинне обсіменіння вже готового м'ясо-кісткового борошна різною мікрофлорою, у тому числі і патогенною. За результатами бактеріологічних досліджень напівфабрикату та кінцевого продукту на різних етапах технологічного процесу встановлено, що бактеріологічне обсіменіння продукту збільшується в кінці технологічного процесу, а саме після подрібнення напівфабрикату до м'ясо-кісткового борошна та при його таруванні.

Узагальнюючи отримані результати бактеріологічних досліджень продукції треба відзначити, що хоча проведені дослідження не виявили наявності сальмонел у готовому м'ясо-кістковому борошні, проте необхідно включити проведення постійного контролю за кінцевим продуктом виробництва та впровадження технологій для боротьби із вторинним обсіменінням готової продукції до комплексу заходів щодо захисту довкілля при експлуатації ветсанутильзаводу. Посилений жорсткий контроль та запобігання вторинного обсіменіння м'ясо-кісткового борошна дозволить звести розповсюдження різної мікрофлори, у тому числі й патогенної, до мінімуму та буде сприяти екологізації процесу утилізації трупної сировини на спеціалізованих заводах.

Результати проведених хімічних та бактеріологічних досліджень стічних вод на різних стадіях очищення встановили, що існуюча система їх очищення Токмацького ветсанутильзаводу забезпечує досить високий рівень хімічного та бактеріологічного очищення. Стічні води, які поступають на очисні спорудження від ветсанутильзаводу, містять велику кількість зважених та органічних речовин, біогенних елементів – азоту амонійного, хлоридів, а також мають незадовільні органолептичні показники (специфічний запах – 5 балів). Тому ці стоки представляють небезпеку для довкілля, особливо для поверхневих вод. Однак при подальшому очищенню стічних вод ветсанутильзаводу на загальноміських очисних спорудах забезпечується задовільна якість знезараження та очищення стоків. За екологічною класифікацією, за якою об'єктивним показником якості води можуть слугувати 6 класів сапробності, досліджувані води відповідають класам, які не тільки придатні для зрошення полів, але й при необхідності можуть використовуватися для розведення риби та т. ін.

Незадовільна робота устаткування термічної обробки стічних вод з "брудної" зони ветсанутильзаводу може спричинити попадання патогенної та умовно-патогенної мікрофлори до довкілля. Тому необхідно включити до заходів, які забезпечують зменшення негативного впливу процесу утилізації трупної сировини на довкілля, удосконалення устаткування для термічної обробки стоків та забезпечення його безперервної роботи.

За результатами проведених досліджень визначили, що мікробне обсіменіння 1 г ґрунту з території заводу, а також колі-титр відрізняється від контрольних результатів, що характерно для забрудненого ґрунту. Відсоток виявлення спорової мікрофлори, у пробах ґрунту, відібраних з території ветсанутильзаводу, складав 86,9±1,7% (сибірської виразки не виявлено). У цих пробах були визначені сальмонели та ентеропатогені типи кишкової палички, що пояснюється фактом зберігання трупної сировини на майданчику території утильзаводу, з якого мікрофлора, притаманна цій сировині, із витікаючою за межи асфальтового покриття рідиною, потрапляє до близько розташованих ґрунтів і забруднює їх патогенною мікрофлорою. Тому необхідно ліквідувати або значно удосконалити майданчик для зберігання трупної сировини на території ветсанутильзаводу, який є осередком та джерелом потрапляння у довкілля (ґрунт) небажаної мікрофлори.

Отже, узагальнення результатів проведених досліджень дозволили визначити шляхи удосконалення та доповнення існуючих заходів зі зменшення екодеструктивного впливу на довкілля від виробничої діяльності ветсанутильзаводу, що дозволить покращити екологічну ситуацію як на самому спеціалізованому ветсанутильзаводі, так й у навколишньому середовищі.

За результатами проведених досліджень виявлені наступні організаційні недоліки, які негативно впливають на екологічний процес утилізації трупної сировини в цілому і усунення яких дозволить помітно сприяти екологічній безпеці цього процесу стосовно довкілля:

– в зв’язку з тим, що насьогодні, практично зруйнована система організованого збору та заготівлі трупної сировини на спеціальних пунктах виникає ситуація, яка провокує екологічні негаразди при накопиченні та транспортуванні трупної сировини, тому її доставка на утилізаційні заводи повинна здійснюватися тільки у спеціальних закритих автомобілях, завдяки чому початкове зараження на шляху проходження не розповсюджується;

– рекомендується максимально механізувати процеси підготовки трупної сировини до утилізації у вакуум-горизонтальних котлах (особливо всі етапи подрібнення трупної сировини), а також звести переміщення трупної сировини до мінімуму. Необхідно уникати створювання на території утилізаційного заводу накопичень не подрібненої трупної сировини, що є осередоком екологічної небезпеки;

– забезпечити чітке дотримання розділення території заводу на "брудну" та "чисту" зони, що дозволить надійніше попередити розповсюдження патогенної мікрофлори у довкілля;

– ветсанутильзавод має включати до своїх планів заходи із очищення повітря (як складової частини виробничого процесу), тому що це підприємство несе відповідальність за додержання встановлених гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у атмосфері, що відноситься до комплексу питань, пов’язаних із екологією. Технологічні процеси утилізації трупної сировини на утилізаційному заводі, пов’язані з інтенсивним розповсюдженням смороду, який не сприятливо діє як на працівників заводу, так і на людей, які працюють або мешкають на території розповсюдження запахів із ветсанутильзаводу. Забруднення довкілля інтенсивно пахучими викиданнями утилізаційного заводу можливо запобігти двома шляхами: по-перше, при розробці технології та устаткування або при удосконаленні обладнання, яке вже експлуатується, необхідно прагнути, щоб все обладнання, починаючи із приймання сировини і закінчуючи виходом готової продукції, складало замкнуту систему, яка дозволяє зовсім запобігти викиданню пахучих речовин у атмосферу або у повітря виробничих приміщень; по-друге, для існуючого обладнання, на якому здійснюються технологічні процеси, слід встановити додаткові пристрої для збору та дезодорації викидів. Отже такі підприємства, як заводи з утилізації трупної сировини, повинні вирішити проблему дезодорації комплексно;

– важливим організаційним заходом, який спрямовано на зменшення екологічної небезпеки, є боротьба із шкідливими комахами та тваринами у сфері діяльності утилізаційного заводу, тому необхідно дотримуватися загальних принципів профілактики розповсюдження шкідливих комах та тварин, а саме підтримувати загальну чистоту на виробництві та на території заводу; знизити інтенсивність запахів; слідкувати за щільністю закриття дверей; регулярно вилучати сміття; відмовитися від зберігання невикористаних бочок та дерев'яних ящиків; вилучати мертвих мух та інших комах (тарганів, мурах і т. ін.); закладати отвори у стінах через які проходять трубопроводи, кам'яною кладкою; співпрацювати із службами, які займаються боротьбою із шкідливими комахами та тваринами. Такі заходи повинні стати складовою частиною планів заводу з утилізації трупної сировини, з метою недопущення розповсюдження патогенної мікрофлори у довкілля, при цьому необхідно проводити боротьбу із шкідливими тваринами на складах готової продукції.

За результатами проведених досліджень розроблено комплекс заходів, що дозволяють зменшити екодеструктивний вплив виробничої діяльності спеціалізованих утильзаводів на довкілля (рис. 2).

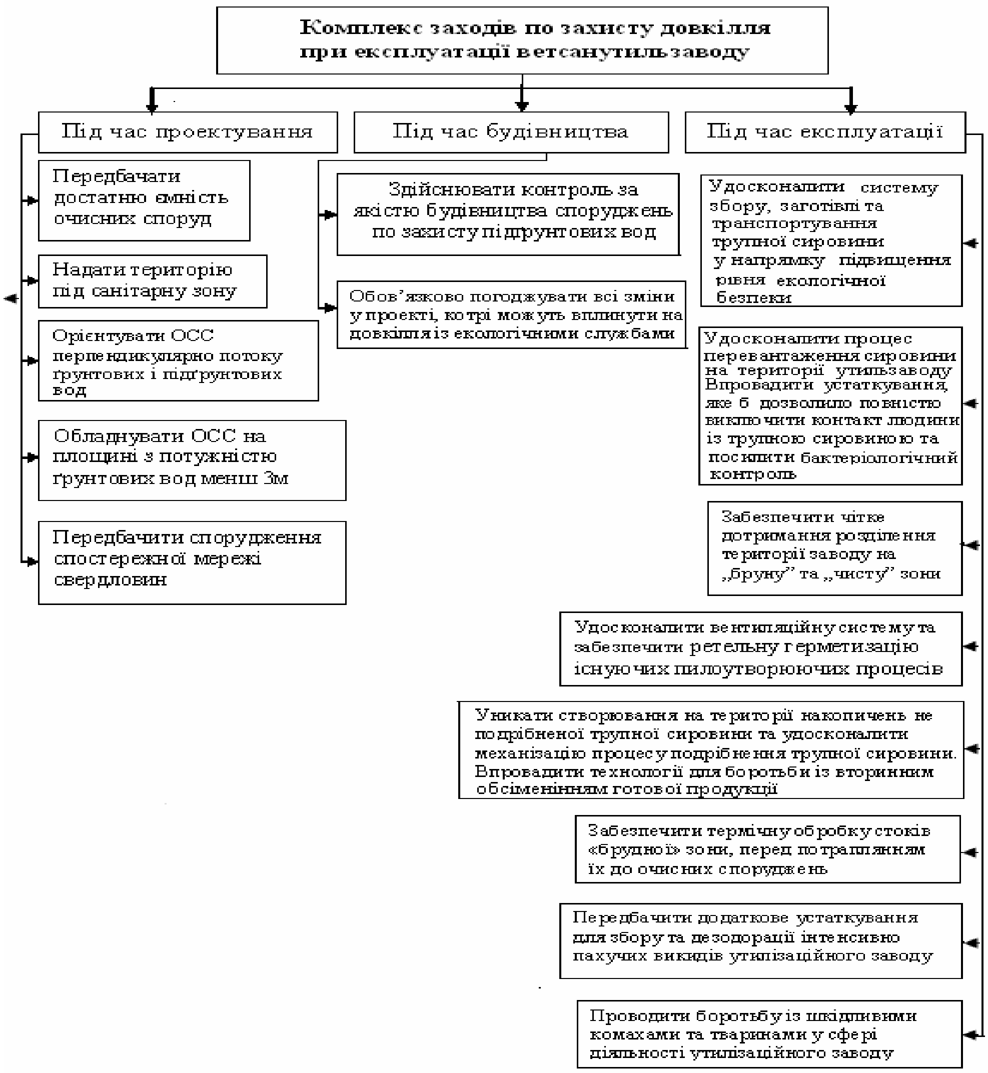


Рис. 2. Схема комплексу заходів із захисту довкілля на ветсанутильзаводі

Висновки

Підводячи підсумки та прогнозуючи подальший розвиток спеціалізованих підприємств з утилізації трупної сировини, для яких саме екологічна функція являється пріоритетною, зазначимо, що необхідно удосконалювати технологію та устаткування у напрямах комплексного використання всіх тваринних відходів та максимальному рівні нейтралізації їх негативної дії на довкілля. Завданням утилізаційних підприємств залишається значне удосконалення організації виробничого процесу відносно до ступеня їх безпеки для оточуючого середовища.

За результатами проведених досліджень, можна рекомендувати такі напрями зменшення екологічних втрат від впливу на довкілля виробничої діяльності Токмацького ветсанутильзаводу з утилізації трупної сировини: зменшення екодеструктивного впливу за рахунок некапіталоємних заходів, які послаблюють негативний вплив на довкілля без зміни базової структури виробництва. Впровадження цих заходів у практику може сприяти зменшенню екологічних втрат на 25-40%, ліквідації екодеструктивного впливу на довкілля, за рахунок капіталоємних заходів, які спрямовані на переведення процесів утилізації трупної сировини на спеціалізованих ветсанутильзаводах на безвідходний цикл виробництва. Цей напрямок дозволить розширити ресурсні можливості за рахунок більш глибокої, комплексної переробки сировини для отримання кормів та добрив (при сучасному рівні науки і техніки можливо високоефективно використовувати практично всі побічні продукти та відходи тваринної сировини), а також розвинути виробництво, з урахуванням екологічного чинника, як внутрішньо притаманному елементу формування технологічної структури. При цьому можливо створити екологічно чисте виробництво на базі впровадження безвідходних технологічних структур, де функціонування очисних споруджень безпосередньо пов’язано із рециркуляцією ресурсів.

Список літератури

1. *Гуменюк Г. Д., Жадан А. М., Коробко А. Н.* Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в животноводстве. – К.: Урожай, 1991. – С. 103-110.

2. *Методи* оцінки екологічних втрат / За ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 288 с.

3. *У сфері* переробки відходів // Здоров’я тварини і ліки. – К.: Тов. "Новий друк", 2007. – № 5. – С. 7.

4. *Утилизация* павших животных: Пер. с нем. / Под. ред. Л. А. Седова. – М.: Колос, 1982. – 299 с.

Патика В. Ф., Троицкая Е. А. **Пути уменьшения экодеструктивного влияния процесса утилизации трупного сырья животного происхождения на экологическое состояние окружающей среды. –** В статье изложены пути уменьшения экодеструктивного влияния на окружающую среду процесса утилизации трупного сырья животного происхождения, осуществляемого на ветеринарно-санитарных утилизационных заводах, которые определены по результатам проведенных исследований влияния производственной деятельности Токмацкого ветсанутильзавода на окружающую среду. По результатам исследований предложены рекомендации, позволяющие снизить экологические потери от влияния производственной деятельности ветсанутильзавода на объекты окружающей среды.

Ключевые слова: трупное сырье, утилизация отходов, экологическая безопасность, ветеринарно-санитарные утилизационные заводы, объекты окружающей среды.

Patika V. F., Troitskaya E. A. **Paths of decrease of the ecodestruktiv influencing of process of utilization of a corpse raw material of animal origin on the ecological state of environment. –** In the article there are the expounded ways of reduction of ecodestruktiv influence on surrounding an environment from the process of utilization of a corpse raw material of animal origin, that is carried out at the veterinary-sanitary plant for utilizations which are definite as a result of the conducted researches of influencing of production activity of the Tokmak veterinary-sanitary factory from utilization on surrounding one an environment. As a result of the conducted researches there are the given recommendations which allow to lower the ecological losses from influencing of production activity of veterinary-sanitary factory from utilization on the objects of environment.

Key words: of a corpse raw material, utilization of wastes, ecological safety, veterinary-sanitary factories on utilization, objects of environment.

УДК 595.4

Е. В. Прокопенко[1], А. В. Жуков[2]

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕНОКОСЦЕВ *TROGULUS NEPAEFORMIS* (SCOPOLI, 1763) И *T. TRICARINATUS* (LINNAEUS, 1758) КАРПАТСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА И КАРПАТСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

[1]Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: procop@dongu.donetsk.ua
[2]Днепропетровский национальный университет; 49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13, корп. 17 e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Прокопенко Е. В., Жуков А. В. **Морфометрический анализ сенокосцев *Trogulus nepaeformis* (Scopoli, 1763) и *T. tricarinatus* (Linnaeus, 1758) Карпатского биосферного заповедника и Карпатского национального природного парка. –** В работе приведен анализ морфометрических признаков сенокосцев рода *Trogulus*, собранных в Карпатах. Выявлены признаки, позволяющие провести видовую идентификацию двух видов рода. Приведены микрофотографии гениталий самцов.

Ключевые слова: Opiliones, *Trogulus*, морфометрический анализ.

Введение

В настоящее время в составе фауны Украины известны три вида сенокосцев рода *Trogulus* Latreille 1802. *T. tricarinatus* (Linnaeus, 1758) и *T. nepaeformis* (Scopoli, 1763) отмечены в Ивано-Франковской, Тернопольской, Черновицкой областях, а последний вид – еще и в Киевской и Хмельницкой областях [1, 2]. Кроме того, в Карпатском национальном природном парке недавно найден европейский *T. coriziformis* C.L. Koch, 1839 [3].

До настоящего времени видовая идентификация видов рода вызывает определенные проблемы. Традиционно определение упомянутых видов производилось по морфометрическим признакам – длине тела, соотношению длин дистального и базального члеников лапки второй пары ног, отношению длины базального членика к его ширине, а также конфигурации тела пениса [4-7] (табл. 1). Невозможность разграничить особи *Trogulus*, собранные в Карпатах, с помощью указанных признаков привели к написанию данной работы.

Таблица 1

Признаки, использовавшиеся для видовой идентификации *Trogulus tricarinatus* и *T. nepaeformis* (по литературным источникам)

Признак	Литературный источник	*Trogulus tricarinatus*	*Trogulus nepaeformis*
Длина тела	(Shilgavy, 1956, 1971)	меньше 8 мм	8-12 мм
Соотношение дистального и базального членика лапки второй пары ног	(Чевризов, 1979б)	больше 1,5	менее 1,5
Соотношение длины базального членика второй пары ног к его ширине (латерально)	(Shilgavy, 1956)	Длина членика менее чем в 2 ¾ раза больше ширины	Длина членика более чем в 2 ¾ раза больше ширины
Шпоры на астрагалусах ног	(Чевризов, 1979б)	Астрагалусы всех 4-х пар ног со шпорами	Астрагалусы II пары ног без шпор
Тело пениса	(Shilgavy, 1956)	На своем протяжении шире, чем базально	На своем протяжении сужается

Материал и методика

Данная работа является результатом обработки коллекции (сборы 1999-2005 гг.), переданной нам В. А. Чумаком (Ужгородский национальный университет). Определение видов было произведено А. Н. Чемерисом (Томский государственный университет).

Материал собран в Карпатском биосферном заповеднике (с. Малая Уголька, Закарпатская область), Карпатском национальном парке (г. Яремча, Ивано-Франковская область), с. Лазы (Закарпатская область) с помощью почвенных ловушек. В качестве ловушек использовались стеклянные банки объемом 0,5 л. Были обследованы буковые и еловые леса и влажные елово-пихтовые субучины.

Промеры были сделаны окуляр-микрометром бинокулярного микроскопа МБС-10 И.И. Головковой с точностью до 0,10 мм. Измерялись следующие параметры: длина тела (ДТ) – от переднего края "капюшона" до заднего края тела; ширина тела (ШТ), длина стернума (ДС) – от переднего края половой крышечки до заднего края последнего абдоминального стернита; базальный членик лапки второй пары ног (ПЛ); дистальный членик лапки второй пары ног (Л). Кроме того, в качестве дополнительных морфометрических характеристик были использованы соотношения указанных промеров в разных сочетаниях (например, длина тела к его ширине и т.д.).

Микрофотографии выполнены с помощью цифровой камеры для микроскопов KONUS #5827 CCD.

Выборка включает 202 экземпляра, среди которых 122 самца *Trogulus nepaeformis*, 8 самцов *T. tricarinatus* и группа из 72 самок, в которую входят представители либо обоих видов, либо одного из них, так как известные нам критерии не позволяют различить самок этих видов.

Результаты и обсуждение

Кластерный анализ выборки сенокосцев *Trogulus nepaeformis* и *T. tricarinatus* по морфометрическим признакам.

Матрица морфологических характеристик сенокосцев была подвергнута кластерному анализу (рис. 1). В качестве меры морфологической близости особей использовалось Эвклидово расстояние, а в качестве правила объединения в кластеры – процедура Ворда.

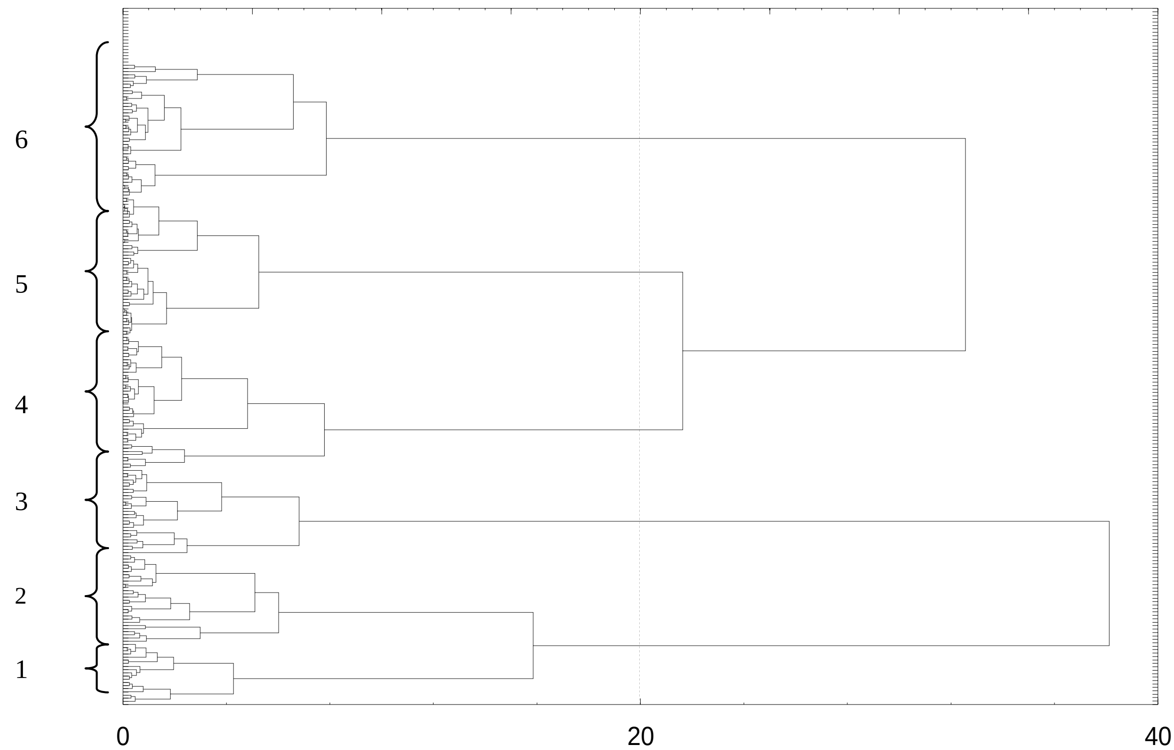


Рис. 1. Кластерный анализ выборки. Фигурными скобками и нумерацией обозначены кластеры 1-6

Для дальнейшего анализа нами выделено 6 кластеров, которые следующим образом соотносятся с существующими группами особей (табл. 2).

Таблица 2

Распределение видов и неопределенной группы по кластерам

Виды	Кластеры						Общий итог
	1	2	3	4	5	6	
Trogulus nepaeformis			10	38	26	48	122
Trogulus tricarinatus	8						8
Самки (не определены)	5	32	31	2	1	1	72
Общий итог	13	32	41	40	27	49	202

В кластер 1 входят все экземпляры вида *Trogulus tricarinatus* и 5 экземпляров самок из неопределенной группы. В кластеры 3-6 входят самцы *T. nepaeformis* и 31, 2, 1 и 1 экземпляр из неопределенной группы, соответственно.

В качестве гипотезы можно предполагать, что по принадлежности к кластеру 1 особи из неопределенной группы могут быть отнесены к виду *Trogulus tricarinatus*, а особи из кластеров 3-6 – к виду *T. nepaeformis*.

В кластер 2 входят только самки, которые до вида не определены. Эта группа на данном этапе исследования, не может быть основательно отнесена ни к какому из видов.

Факторный анализ морфометрических признаков и индексов

В результате обработки полученных морфометрических характеристик сенокосцев средствами факторного анализа выделены шесть факторов, собственные числа которых больше 1 (рис. 1). Превышение единицы собственного числа фактора является одним из критериев отбора числа факторов для дальнейшего анализа [8]. Другим критерием является резкость перегиба кривой (рис. 2).

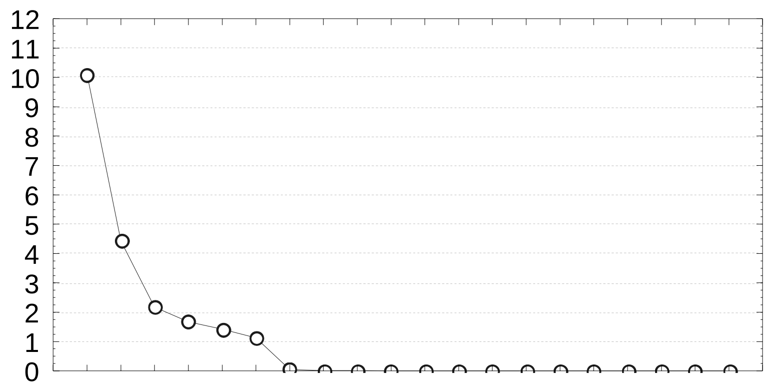


Рис. 2. Собственные числа факторов. По оси абсцисс – номер фактора в порядке уменьшения его значения; по оси абсцисс – собственные числа факторов

Место резкого изгиба также может рассматриваться как способ отличия существенных факторов от несущественных. В нашем случае этот критерий также позволяет отобрать первые 6 факторов, так как после них кривая приближается к горизонтальной прямой.

Первые шесть факторов описывают 99,6% изменчивости признакового пространства. Это со всей уверенностью позволяет заявить, что информация, которая содержится в 21 переменной, используемой для анализа, может быть заменена 6 переменными-факторами без существенной потери информации. Ортогональное факторное решение было подвергнуто варимакс вращению [8].

Значения факторных нагрузок позволяют содержательно интерпретировать выделенные факторы (табл. 3).

Фактор 1 положительно коррелирован с такими морфологическими показателями, как длина дистального членика лапки II пары ног, длина базального членика лапки II, Л/ДСт, Л/ШСт, ПЛ/ДСт, ПЛ/ШСт и отрицательно коррелирован с индексами ДТ/Л, ДТ/ПЛ, ШТ/Л и ШТ/ПЛ. Таким образом, фактор 1 отражает совместную изменчивость размеров члеников лапки второй пары ног. Но он также связан с тем, что у более крупных особей относительный размер этих члеников меньше, чем у более мелких. С увеличением линейных размеров сенокосцев размеры члеников лапки II увеличиваются с меньшей скоростью, чем размеры тела этих животных. Известно, что сенокосцы рода *Trogulus* используют вторую пару ног в основном как сенсорный орган, в меньшей степени – для локомоции. Сложно сказать, связана ли указанная закономерность изменения размеров тела и лапки II с особенностями биологии и поведения рассмотренных видов.

Таблица 3

Факторные нагрузки (показаны нагрузки, превышающие 0,7 по модулю)

Параметр	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Длина тела (ДТ)	-	0,95	-	-	-	-
Ширина тела (ШТ)	-	0,88	-	-	-	-
Дистальный членик лапки II (Л)	0,80	-	-	-	-	-
Базальный членик лапки II (ПЛ)	0,86	-	-	-	-	-
Длина стернума (ДСт)	-	0,93	-	-	-	-
Ширина стернума (ШСт)	-	0,87	-	-	-	-
ДТ/ШТ	-	-	0,93	-	-	-
ДТ/Л	-0,83	-	-	-	-	-
ДТ/ПЛ	-0,94	-	-	-	-	-
ДТ/ДСт	-	-	-	-	0,99	-
ДТ/ШСт	-	-	0,91	-	-	-
ШТ/Л	-0,81	-	-	-	-	-
ШТ/ПЛ	-0,90	-	-	-	-	-
ШТ/ДСт	-	-	-0,78	-	-	-
ШТ/ШСт	-	-	-	-	-	0,99
Л/ПЛ	-	-	-	0,99	-	-
Л/ДСт	0,82	-	-	-	-	-
Л/ШСт	0,79	-	-	-	-	-
ПЛ/ДСт	0,93	-	-	-	-	-
ПЛ/ШСт	0,89	-	-	-	-	-
ДСт/ШСт	-	-	0,76	-	-	-

Фактор 2 может быть интерпретирован как размеры тела животных, так как он положительно коррелирован с такими показателями, как длина и ширина тела и стернума.

Фактор 3 положительно коррелирован с индексом ДТ/ШТ (отношение длины тела к его ширине) и ДТ/ШСт (отношение длины тела к ширине стернума) и ДСт/ШСт (отношение длины стернума к его ширине) и связан отрицательной корреляционной связью с индексом ШТ/ДСт (отношение ширины тела к длине стернума). Таким образом, фактор 3 может быть интерпретирован как вытянутость пропорций тела сенокосцев.

Факторы 4-6 связаны с изменчивостью отдельных морфологических признаков. Фактор 4 – это отношение Л/ПЛ; фактор 5 – ДТ/ДСт; фактор 6 – ШТ/ШСт.

Дискриминантный анализ морфометрических признаков

При проведении дискриминантного анализа морфометрических признаков были использованы факторные веса факторов 1-6 для дискриминации кластеров 1-6. В пространстве первых двух дискриминантных функций кластер 1 четко обособлен от прочих. В состав кластера 1 входят все особи, которые относятся к виду *Trogulus tricarinatus*. Таким образом, прочие кластеры представлены *T. nepaeformis*.

Для дифференциации указанных видов особое значение имеет дискриминантная функция 2 (размеры тела) (рис. 3). Именно по оси ординат (фактор 2) точки, соответствующие кластеру 1 (преимущественно *Trogulus tricarinatus*) четко отделены (дискриминированы) от всех прочих (2-6), поэтому именно дискриминантная функция 2 наиболее важна для дифференциации видов.

Разнонаправленное изменение значений факторов 1, 2, 4 и 5 с одной стороны, и 3, 6 – с другой, составляют причину морфологических различий между рассматриваемыми видами (табл. 4).

Таблица 4

Стандартизированные коэффициенты дискриминантных функций и исходных переменных (факторов)

Факторы	Дискриминантные функции				
	1	2	3	4	5
1	-0,98	-0,64	-0,28	-0,11	0,13
2	0,94	-0,70	-0,25	0,20	0,06
3	-0,53	0,60	-0,65	0,54	-0,19
4	-0,58	-0,66	0,63	0,40	-0,28
5	0,05	-0,33	-0,07	-0,14	-0,70
6	-0,25	0,17	0,40	0,46	0,50
Собственное число	6,38	3,54	1,00	0,16	0,04
Кумулятивная доля	0,57	0,89	0,98	1,00	1,00

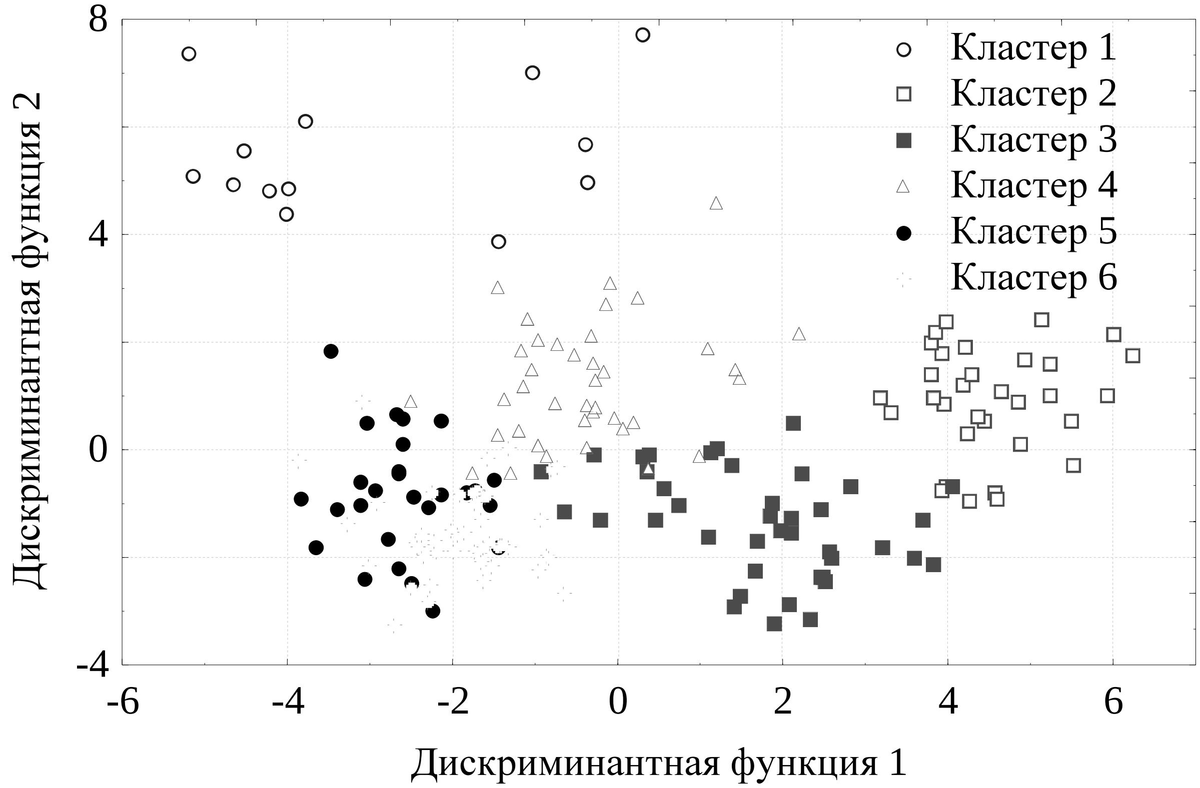


Рис. 3. Расположение кластеров в пространстве дискриминантных функций 1 и 2

Морфометрическая характеристика *Trogulus tricarinatus* и *T. nepaeformis*

Исходя из проведенных исследований, можем заключить, что представители *Trogulus tricarinatus* и *T. nepaeformis*, пойманные в Карпатах, несколько мельче тех, которые собирал V. Silhavy в Чехии (см. табл. 1). Наибольшее число экземпляров *T. nepaeformis* имели длину тела 6,5-7,0 мм, для *T. tricarinatus* это значение – 4,8 мм. Только по одному экземпляру каждого вида имели длину тела около 5,0-5,2 мм. Таким образом, это значение может служить граничным для дифференциации двух видов.

Таблица 5

Морфометрическая характеристика сенокосцев *Trogulus tricarinatus* и *T. nepaeformis*

Параметр	Статистический показатель	*Trogulus tricarinatus*		*Trogulus nepaeformis*	
		Самцы	Самки	Самцы	Самки
Длина тела	Среднее	4,90	5,62	6,80	7,87
Длина тела	Ст. отклонение	0,16	0,36	0,28	0,35
Ширина тела	Среднее	1,87	2,24	2,69	3,22
Ширина тела	Ст. отклонение	0,10	0,15	0,13	0,18
Дистальный членик лапки II	Среднее	0,73	0,65	1,04	0,93
Дистальный членик лапки II	Ст. отклонение	0,04	0,08	0,10	0,11
Базальный членик лапки II	Среднее	0,44	0,42	0,66	0,60
Базальный членик лапки II	Ст. отклонение	0,02	0,08	0,05	0,05
Длина стернума	Среднее	3,74	4,27	5,02	5,89
Длина стернума	Ст. отклонение	0,34	0,23	0,23	0,31
Ширина стернума	Среднее	1,79	2,12	2,64	3,15
Ширина стернума	Ст. отклонение	0,09	0,13	0,13	0,18
ДТ/ШТ	Среднее	2,63	2,51	2,53	2,45
ДТ/ШТ	Ст. отклонение	0,17	0,03	0,09	0,10
ДТ/Л	Среднее	6,74	8,71	6,61	8,61
ДТ/Л	Ст. отклонение	0,37	0,77	0,72	1,12
ДТ/ПЛ	Среднее	11,29	13,58	10,42	13,23

Параметр	Статистический показатель	*Trogulus tricarinatus*		*Trogulus nepaeformis*	
		Самцы	Самки	Самцы	Самки
ДТ/ПЛ	Ст. отклонение	0,55	1,87	0,86	1,25
ДТ/ДСт	Среднее	1,32	1,32	1,35	1,34
ДТ/ДСт	Ст. отклонение	0,11	0,04	0,05	0,04
ДТ/ШСт	Среднее	2,74	2,65	2,58	2,50
ДТ/ШСт	Ст. отклонение	0,19	0,08	0,10	0,11
ШТ/Л	Среднее	2,57	3,47	2,61	3,52
ШТ/Л	Ст. отклонение	0,15	0,34	0,28	0,47
ШТ/ПЛ	Среднее	4,30	5,41	4,12	5,40
ШТ/ПЛ	Ст. отклонение	0,31	0,74	0,35	0,52
ШТ/ДСт	Среднее	0,50	0,52	0,54	0,55
ШТ/ДСт	Ст. отклонение	0,04	0,01	0,03	0,02
ШТ/ШСт	Среднее	1,04	1,06	1,02	1,02
ШТ/ШСт	Ст. отклонение	0,04	0,04	0,02	0,02
Л/ПЛ	Среднее	1,68	1,57	1,59	1,55
Л/ПЛ	Ст. отклонение	0,08	0,24	0,15	0,13
Л/ДСт	Среднее	0,20	0,15	0,21	0,16
Л/ДСт	Ст. отклонение	0,02	0,02	0,02	0,02
Л/ШСт	Среднее	0,41	0,31	0,39	0,30
Л/ШСт	Ст. отклонение	0,02	0,03	0,04	0,04
ПЛ/ДСт	Среднее	0,12	0,10	0,13	0,10
ПЛ/ДСт	Ст. отклонение	0,01	0,01	0,01	0,01
ПЛ/ШСт	Среднее	0,24	0,20	0,25	0,19
ПЛ/ШСт	Ст. отклонение	0,01	0,03	0,02	0,02
ДСт/ШСт	Среднее	2,09	2,02	1,90	1,87
ДСт/ШСт	Ст. отклонение	0,19	0,06	0,09	0,09

Значение соотношения дистального и базального члеников второй пары ног у *T. nepaeformis* колеблется в широких пределах (от 1,2 до 2,0), но максимум экземпляров демонстрируют этот показатель на уровне 1,6-1,7. Для *T. tricarinatus* максимальное значение соотношения члеников второй пары ног – 1,9, минимальное – 1,6. Большинство экземпляров имеет соотношение на уровне 1,6-1,8. Таким образом, хотя среднее значение этого показателя у последнего вида несколько выше, часть экземпляров данный критерий разграничить не позволяет.

Наиболее пригодным признаком для разграничения указанных видов является форма головки пениса (рис. 4-6).

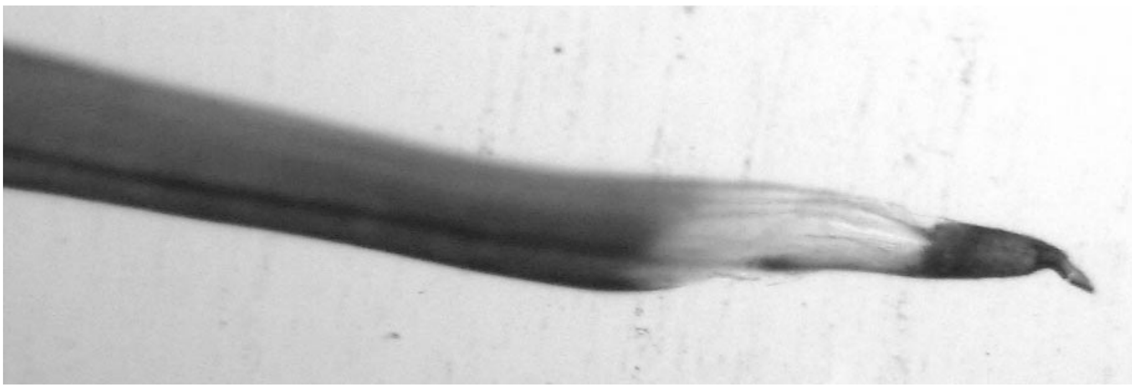


Рис. 4. Пенис *T. nepaeformis* латерально

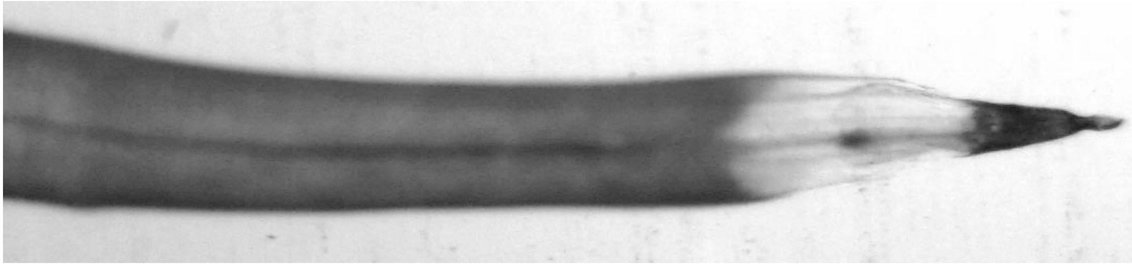


Рис. 5. Пенис *T. nepaeformis* фронтально

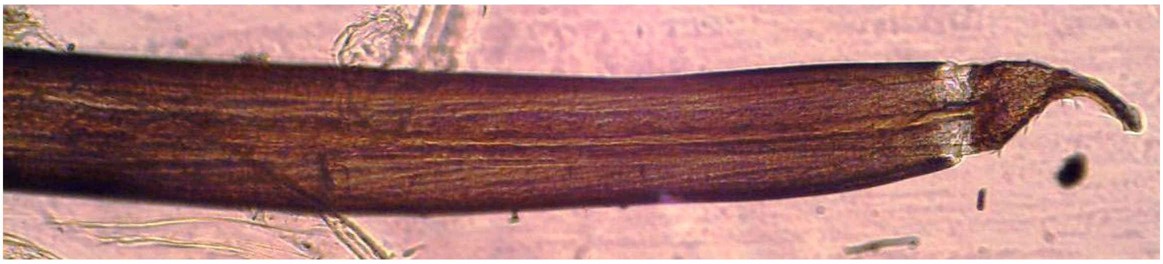


Рис. 6. Пенис *T. tricarinatus* фронтально

Признаки, позволяющие надежно идентифицировать самок указанных видов еще предстоит обнаружить.

Отметим, что морфометрические признаки самок подвержены большей вариации, чем таковые самцов (возможно, из-за отсутствия надежных признаков, позволяющих их идентифицировать и вследствие этого сборного характера групп самок по видам) (табл. 5).

У самцов наиболее вариабельны признаки линейных размеров тела (длина, ширина). Размеры члеников лапки второй пары ног варьируют слабо.

Список литературы

1. *Лукьянов Н.* Список пауков (Araneina, Pseudoscorpionina Phalangina), водящихся в Юго-Западном крае и смежных с ним губерниях России // Зап. Киевск. общ-ва естествоиспыт. – 1897. – Т. 14, вып. 2. – С. 1-19.
2. *Чевризов Б. П.* К фауне сенокосцев (Opiliones) Западных районов Европейской части СССР // Энтомол. обозр. – 1979. – Т. LXIII, № 2. – С. 426-430.
3. *Прокопенко Е. В., Головкова И. И.* Род *Trogulus* Latreille 1802 (Opiliones) в Карпатах // Тез. доп. VII з'їзду Укр. ентомол. тов-ва (м. Ніжин, 14-18 серпня 2007 р.). – Ніжин, 2007. – С. 108.
4. *Silhavy V.* Sekaci – Opilionidea. Fauna CSSR. – Praha: SAV, 1956. – 7. – 272 p.
5. *Silhavy V.* Sekáči – Opilionidea / Daniel M. & Černý V. (eds.), Klíč zvířeny ČSSR. – Praha: Academia, 1971. – 4. – P. 33-49.
6. *Чевризов Б. В.* Краткий определитель сенокосцев (Opiliones) Европейской части СССР // Фауна и экология паукообразных. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – Л., 1979. – Т. 85. – С. 4-27.
7. *Martens J.* Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, 64. Teil, Spinnentiere, Arachnida – Weberknechte, Opiliones. – Verlag G. Fischer, Jena, 1978. – 464 s.
8. *Ким Д. О., Мьюлер Ч. У.* Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 5-77.

***Прокопенко О. В., Жуков О. В.* Морфометричний анализ косариків *Trogulus nepaeformis* (Scopoli, 1763) та *T. tricarinatus* (Linnaeus, 1758) Карпатського біосферного заповідника та Карпатського національного природного парку. –** У роботі наведено аналіз морфометричних ознак косариків роду *Trogulus*, що були зібрані в Карпатах. Знайдено ознаки, що дозволяють провести видову ідентифікацію двох видів роду. Наведено мікрофотографії геніталій самців.

Ключові слова: Opiliones, *Trogulus*, морфометричний аналіз.

***Prokopenko E. V., Zhukov A. V.* Morphometrical analysis of the Opiliones *Trogulus nepaeformis* (Scopoli, 1763) and *T. tricarinatus* (Linnaeus, 1758) from Carpatian biosphere reserve and Carpatian national natural park**. – In article the morphometrical analysis of Opiliones tags of *Trogulus*, assembled in Carpathians is reduced. The tags permitting to lead the specific identification of two species of a genus are detected. The microphotographs of males genitalias are reduced.

Key words: Opiliones, *Trogulus*, morphometrical analysis.

УДК 592 : 595.423

Н. Н. Ярошенко

ПОЧВЕННЫЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ ПОЙМЫ Р. ОЛЬХОВОЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА "ЗУЕВСКИЙ" ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Донецкий национальный университет; 830050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: zool@dongu.donetsk.ua

Ярошенко Н. Н. **Почвенные членистоногие поймы р. Ольховой регионального ландшафтного парка "Зуевский" Донецкой области**. – Впервые в результате проведенных исследований почвенных членистоногих РЛП "Зуевский" в 2006 г. обнаружено 94 вида панцирных клещей, относящихся к 59 родам и 33 семействам, со средней плотностью населения 20032 экз./м^2, что составило 46,82% от общего числа почвенных членистоногих (плотность – 42788 экз./м^2). Другие членистоногие (гамазовые и акариформные клещи, коллемболы и др.) составили 53,18% (плотность населения – 22756 экз./м^2). В луговой степи обнаружено 67 видов орибатид, в лесопосадке – 49, в целинной петрофитной степи – 40, на вершине скалистого берега р. Ольховой – 26 видов. Их средняя плотность населения, соответственно, составила 35868 – 22120 – 6840 – 5840 экз./м^2, других членистоногих – 31200 – 16480 – 21720 – 19360 экз./м^2 , всего почвенного населения – 67068 – 38600 – 28560 – 25200 экз./м^2. Максимум численности орибатид отмечен в октябре в целинной и луговой степях, минимум – в августе; в лесопосадке пик зарегистрирован в августе, минимум – в июле. Пик численности других членистоногих отмечен в октябре (целинная и луговая степи), минимум – в июле; в лесопосадке максимум зарегистрирован в июле, минимум – в августе.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, биотоп, плотность населения, вид.

Введение

Почвенные членистоногие, в том числе панцирные клещи (Acariformes, Oribatei), принимают активное участие в круговороте веществ. Они заселяют все типы почв и растительной подстилки. Особо важна их роль в почвообразовательных процессах. Доминирующие группы членистоногих, такие как панцирные и другие акариформные клещи, гамазовые клещи, коллемболы, способствуют поддержанию гомеостаза в структуре биогеоценозов. Панцирные клещи и другие почвообитающие членистоногие на территории регионального ландшафтного парка РЛП "Зуевский" ранее никем не изучались. В связи с этим, нами впервые проведено исследование фауны, биотопического распределения и сезонной динамики численности панцирных клещей и других почвенных членистоногих.

Материал и методика исследований

Почвенные пробы собраны в июле, августе и октябре 2006 г. в лесопосадке, луговой степи, целинной петрофитной степи и на вершине скалистого берега р. Ольховая. Почвенные образцы брали объемом 250 см^3 (5х5х10 см) в 10-кратной повторности на стационарных участках размером 15х15 м. Камеральную обработку собранного материала проводили в лаборатории акарологии кафедры зоологии ДонНУ по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [2], М. С. Гилярова [3], Г. Д. Сергиенко [4], Н. Н. Ярошенко [7]. Пересчет панцирных клещей и других почвенных членистоногих проводили на 1 повторность. Среднюю плотность почвенного населения определяли по методике К. К. Фасулати [5]. Индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей и других почвообитающих членистоногих исследуемых биотопов (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5% – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [1].

Результаты и обсуждение

Лесопосадка расположена на склоне каменистой целинной степи в близи автотрассы "Макеевка – Зуевка". Лесопосадка представляет собой искусственное насаждение из клена полевого, лоха узколистного, дуба обыкновенного, шиповника и спиреи. Почва суглинистая, каменистая с преобладанием злаковых растений и разнотравья. Поверхностный слой почвы (0-10 см) бо́льшую часть теплого периода года сухой. Растительная подстилка маломощная. Из 30 почвенных проб извлечено 1659 экз. (57,31%) панцирных клещей: имаго – 1027 экз. (61,90%), личинок и нимф – 632 экз. (38,10%). Средняя плотность населения панцирных клещей составила 22120 экз./м^2: имаго – 13693 экз./м^2, преимагинальных фаз – 8427 экз./м^2. В лесопосадке обнаружено 49 видов панцирных клещей, относящихся к 36 родам и 24 семействам. Из них доминировали 3 вида: *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 5,55% (этот вид доминировал только в лесопосадке, часто встречался в целинной петрофитной степи и редко – в луговой степи); *Microppia minus* (Paoli) – 6,51% (редко встречался в остальных биотопах); *Protoribates monodactylus* (Haller) – 5,91% (часто встречался на вершине скалистого берега р. Ольховой и редко – в луговой степи). К часто встречаемым отнесено 10 и к редким – 36 видов (табл. 1). Доминирующие и часто встречаемые виды панцирных клещей составляют основу почвенного зооценоза, как одна из наиболее многочисленных групп членистоногих. В лесопосадке обнаружены 9 видов, которые не встречались в других биотопах: *H. minutissima* (Berl.), *N. borussicus* Srlln., *X. clypeator* Rob.-Desv., *D. splendens* (Coggi), *S. perpendiculata* (Forssl.), *O. nitens* Koch, *L. neerlandica* (Oudms.), *M. obsoleta* (Paoli), *T. novus* (Selln.). Это свидетельствует о различии эдафических условий, характера рельефа, растительного покрова, разобщенности исследуемых биотопов [6].

Кроме панцирных клещей в лесопосадке обнаружены другие представители почвенного зооценоза, которые составили 42,69% (1236 экз., плотность – 16480 экз./м^2) от всего количества почвообитателей (2895 экз., плотность – 38600 экз./м^2). Среди них преобладала сборная группа акариформных клещей – 67,32%, коллемболы – 15,94% и личинки насекомых – 7,70%. Часто встречались гамазовые клещи – 4,77%. Остальные представители различных классов и отрядов членистоногих встречались редко. Общее количество почвенного населения в лесопосадке в 1,7 раза меньше, чем в луговой степи и в 1,3-1,5 раза больше, чем в целинной петрофитной степи и на вершине скалистого берега р. Ольховая, соответственно.

На стационарном участке в лесопосадке численность панцирных клещей и других членистоногих на протяжении трех месяцев исследований незначительно варьировала. В июле (самый жаркий и сухой период) отмечено 25 видов и зарегистрирован минимум численности панцирных клещей – 447 экз. (47,40%), со средней плотностью населения 17880 экз./м^2. Из них личинки и нимфы составили большую часть – 53,02% (237 экз.), что свидетельствует о развитии различных генераций в этот период. В июле из 25 видов панцирных клещей доминировали 4: *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 5,60%, *Oribatula tibialis* Mich. – 7,38%, *Galumna laceata* (Oudms.) – 6,26%, *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 9,84%. Часто встречались 6 и редко – 19 видов. Других почвообитателей в июле собрано максимальное количество – 496 экз. (плотность – 19840 экз./м^2), среди которых доминировали акариформные клещи – 74,0% и личинки насекомых – 16,54%. Часто встречались гамазовые клещи – 3,83%.

В августе, после выпадения осадков, показатель численности панцирных клещей достигает своего максимума – 669 экз. (плотность населения – 26760 экз./м^2). В этот период отмечен максимум видового богатства (27 видов), среди которых доминировали 2: *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 7,03% и *Microppia minus* (Paoli) – 8,67%. Часто встречались 8 и редко – 17 видов. Преимагинальные фазы панцирных клещей составили 40,21% (269 экз.). Как видно, цикл развития большинства видов орибатид приходится в данном случае на теплый период года – июль и август. Других почвообитателей собрано меньше, чем в июле – 365 экз. (плотность – 14640 экз./м^2). Из них преобладали акариформные клещи – 49,60%, коллемболы – 35,89% и гамазовые клещи – 7,67%. Часто встречались личинки насекомых – 2,74%. Всего в августе собрано максимальное количество почвообитателей – 1034 экз. со средней плотностью населения 41360 экз./м^2, что, в основном, обусловлено высокой численностью панцирных клещей.

В октябре численность панцирных клещей, после августовского пика, снизилась до 543 экз. (59,15%), плотность – до 21720 экз./м^2. Количество преимагинальных фаз резко сократилось до 126 экз. (23,21%), что в 2 раза меньше, чем в июле и августе. Численность других почвообитателей примерно одинакова, по сравнению с августом, – 375 экз. (40,85%), плотность – 15000 экз./м^2. Среди последних преобладали акариформные клещи – 49,60% и коллемболы – 35,89%. Часто встречались личинки насекомых – 2,74%. Как видно, в лесопосадке пик численности панцирных клещей приходился на август, минимум – на июль. Пик других почвообитателей был в июле, минимум – в августе. Максимум всего почвенного населения отмечен в августе и обусловлен, в основном, высокой численностью орибатид.

На участке ***луговой степи*** (рис. 1), который находится около р. Ольховая, проективное покрытие травянистой растительности составляло 100%, преобладали злаковые растения. Почва хорошо увлажненная и дернистая.

Рис. 1. Ландшафт РЛП "Зуевский"

В этом биотопе собрана максимальная численность панцирных клещей – 2690 экз. (53,48%) с высоким видовым спектром – обнаружено 67 видов, относящимся к 51 родам и 30 семействам. Их плотность населения составила 35868 экз./м^2: имаго – 14560, личинок и нимф – 21308 экз./м^2. Преимагинальные фазы составили 59,40% (1598 экз.) от общего количества орибатид, что свидетельствует о благоприятных условиях для размножения клещей. Видовой состав увеличился почти в 1,5 раза, по сравнению с лесопосадкой. Доминировал только один вид: *Parachipteria punctata* (Nic.) – 5,33%. Часто встречались 6 и редко – 60 видов (см. табл. 1). Только в данном биотопе обнаружены 22 вида, которые не встречались в других биотопах: *H. r. rufulus* Koch, *E. cylindrica* (Berl.), *T. conspectus* Serg., *T. glaber* (Mich.), *E. flagellifer* Berl., *C. petcinigera* Herm., *X. tegeocranus* Herm., *L. maritima* (Will.), *M. fallax* (Paoli), *O. krivolutskyi* Kul., *S. rugosus* Sitn., *Z. vera* B.-Z., *Z. microporosa* B.-Z., *E. rauschenensis* (Selln.), *P. europaeus* Will., *H. vindobanensis* Will., *T. trimaculatus* (Koch), *M. tridactylus* Will., *P. nivalis* (Hammen), *P. bellus* (Stlln.), *P. willmani* (A. Zachv.), *A. striculus* (Koch) (см. табл. 1).

Других почвообитателей собрано 2340 экз., плотность – 31200 экз./м^2. Преобладали акариформные клещи – 37,78%, коллемболы – 39,91% и гамазовые клещи – 6,28%. Часто встречались мокрицы, кивсяки, тли и личинки насекомых. Остальные представители были малочисленны. Всего из 30 проб было извлечено 5030 экз. почвообитателей, средняя плотность населения которых составила 67068 экз/м^2. В луговой степи плотность почвенного населения в 1,7-2,4 выше, чем, соответственно, в лесопосадке и целинной петрофитной степи, и почти в 8 раз – чем на вершине скалистого берега р. Ольховой. Такие высокие показатели дают основание судить о благоприятных эдафических условиях в луговой степи для основных групп членистоногих.

Сезонная численность панцирных клещей на стационарном участке луговой степи была значительно выше, чем на других исследованных участках. Максимальный показатель зарегистрирован в октябре – 1421 экз. (плотность – 56840 экз./м^2), отмечено 34 вида. В октябре орибатид было собрано в 1,6-3,6 раза больше, чем в июле и августе. Доминировал один вид – *Parachpteria punctata* (Nic.) – 10,21%. Часто встречались 2 и редко – 31 вид панцирных клещей. Высокая численность орибатид обусловлена завершением нимфальных фаз цикла развития и вылуплением личинок из яиц, в связи с чем, отмечена высокая численность преимагинальных фаз – 69,04% (981 экз.). Минимум численности панцирных клещей отмечен в августе – 392 экз. (плотность 15640 экз./м^2), обнаружено 28 видов. Из них доминировали 2 вида: *Malaconothrus punctulatus* v.d Hammen – 6,38% и *Zygoribatula exarata* Berl. – 5,36%. Часто встречались 2 и редко – 24 вида. Преимагинальные фазы составили 68,62% (269 экз.). Как видно, преимагинальные фазы многочисленны в августе и октябре, что свидетельствует об интенсивном развитии панцирных клещей при благоприятных эдафических условиях. В июле численность панцирных клещей также была высокой –877 экз. (плотность – 35080 экз./м^2), обнаружено 36 видов. Доминировали 4 вида: *Eremaeus silvestris* Forssl. – 8,55%, *Multioppia glabra* Mih. – 7,87%, *Ceratozetes gracilis* (Mich.) – 6,96%, *Chamobates cuspidatus* (Mich.) – 6,96%. Часто встречались 6 и редко – 26 видов орибатид. Преимагинальные фазы составили 39,68% (348 экз.). Максимум численности других почвообитателей, как и орибатид, отмечен в октябре – 981 экз. (плотность – 39240 экз./м^2). Среди них преобладали коллемболы – 53,42%, акариморфные – 23,55 и гамазовые клещи – 5,30%. Часто встречались мокрицы, многоножки, тли и личинки насекомых. В октябре численность всего учтенного почвенного населения увеличилась до 2402 экз. (плотность – 96080 экз./м^2), что в 1,5-2,4 раза больше, чем в июле и августе, соответственно. Высокая численность почвенного населения обусловлена такими доминирующими группами, как панцирные, акариформные и гамазовые клещи, а также коллемболы. Минимум других почвообитателей отмечен в августе – 621 экз. (плотность – 24840 экз./м^2), как и всех учтенных членистоногих – 1013 экз. (плотность – 40520 экз./м^2). По сравнению с июлем и октябрем, в августе отмечен минимум численности всего почвенного населения, хотя эти параметры довольно высоки для степного Донбасса. Таким образом, в луговой степи пик численности всего почвенного населения отмечен в октябре, а минимум – в августе.

В ***целинной петрофитной степи*** (см. рис. 1), расположенной на правом берегу р. Ольховой, почва большую часть теплого периода сухая, за исключением весны и периода, когда проходят ливневые дожди. На равнинном участке преобладают типчак, чабрец, полынь и разнотравье. Здесь из 30 почвенных проб извлечено минимальное количество панцирных клещей – 513 экз. (плотность населения – 6840 экз./м^2). Определено 40 видов, относящихся к 27 родам и 18 семействам. Преимагинальные фазы составили 34,11% (175 экз.), что свидетельствует о неблагоприятных условиях верхнего слоя (0-10 см) почвы, особенно в жаркий период лета. В подобных сухих, открытых степных биотопах приоритетное место принадлежит ксерофильным видам. Доминировал один вид – *Malaconothrus punctulatus* v.d. Hammen – 12,09%. Часто встречались 9 и редко – 30 видов орибатид (см. табл. 1). В этом биотопе найдены 5 видов, которые не встречались в других исследуемых биотопах: *D. punctulatus* (Mih.), *M. obsoleta* (Paoli), *Sch. pallidulus* (Koch), *C. selnicki* (Rajcki), *C. longicuspidatus* Kul. Другие почвообитатели составили 54,3% (1629 экз.), плотность – 21720 экз./м^2. Преобладали акариформные клещи – 70,97%, коллемболы – 8,66% и личинки насекомых – 5,47%. Часто встречались мокрицы, гамазовые клещи и тли. Всего почвенного населения учтено 2142 экз. (плотность – 28560 экз./м^2).

На стационарном участке петрофитной степи численность панцирных клещей была невысокая, её максимум отмечен в октябре, минимум – в августе. В октябре учтено 336 экз. (24,09%), плотность – 13440 экз./м^2, отмечено 32 вида. Из них имаго – 63,10%, личинки и нимфы – 36,90%. Доминировал вид *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 5,95%. Часто встречались 15 и редко – 16 видов. Минимум численности орибатид отмечен в августе – 18,93%, плотность – 2960 экз./м^2, что в 1,4-4,5 раза меньше, чем в июле и октябре, соответственно. Отмечен минимум видового богатства (8 видов). Из них доминировали 2: *Malaconothrus punctulatus* v.d. Hammen – 83,79% и *Zygoribatula exarata* Berl. – 8,11%. Редко встречались 6 видов. В июле обнаружено 103 экз. (28,93%) 11 видов орибатид, со средней плотностью населения 4120 экз./м^2. Преимагинальные фазы составили 49,52%. Доминировали 4 вида орибатид: *Scutovertex serratus* Sitnikova – 10,68%, *Ceratozetes gracilis* (Mich.) – 9,71%, *C. sellnicki* (Rajcki) – 7,77%, *Galumna lanceata* (Oudms.) – 8,74%. Часто встречались 3 и редко – 4 вида. Максимум численности других почвообитателей была в октябре – 1059 экз. (75,91%), плотность – 42360 экз./м^2. Максимум численности всех обитателей почвы также приходится на октябрь – 1395 экз. (55800 экз./м^2), минимум отмечен в июле: других членистоногих – 253 экз. (71,07%), плотность – 10120 экз./м^2, всех почвообитателей – 356 экз., плотность – 14240 экз./м^2. В октябре доминировали акариформные клещи – 87,25%, часто встречались гамазовые клещи, многоножки и тли. В июле доминировали акариформные клещи – 80,24% и личинки насекомых – 13,04%. В августе общая численность почвенного населения составила 391 экз., плотность – 15640 экз./м^2. Из них другие обитатели почвы – 317 экз. (81,07%). Преобладали коллемболы – 38,49%, мокрицы – 22,40%, гамазовые – 8,20% и акариформные клещи – 9,15%, а также личинки насекомых – 16,09%.

Таким образом, сезонная численность почвенных членистоногих на трех исследуемых стационарных участках варьирует. Пик численности орибатид в лесопосадке отмечен в августе, минимум – в июле; в луговой степи максимум зарегистрирован в октябре, минимум – в августе; в целинной степи пик – в октябре, минимум – в августе (рис. 2). Пик численности других почвообитателей в лесопосадке был в июле, минимум – в августе; в луговой степи пик отмечен в октябре, минимум – в августе; в целинной степи пик – в октябре, минимум – в июле (рис. 3). Общая численность почвенного населения в луговой и целинной степи максимальной была в октябре, минимальной, соответственно, в августе и июле; в лесопосадке пик отмечен в августе, минимум – в октябре (рис. 4). Колебания численности орибатид и других почвообитателей зависят от сезона года, характера растительности биотопа, эдафических условий и циклов развития доминирующих видов.

На ***вершине скалистого берега р. Ольховая*** из 10 почвенных проб извлечено 146 экз. панцирных клещей (23,17%), плотность населения которых составила 5840 экз./м^2. Обнаружено 26 видов орибатид, среди которых доминировали 4: *Ceratozetes mediocris* Berl. – 17,81%, *Gymnodamaeus bicostatus* Koch – 10,96%, *Scutovertex serratus* Sitn. и *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – по 6,16%. Часто и редко встречались по 11 видов (см. табл. 1). Другие членистоногие почвы составили 76,83% (484 экз.). Доминировали гамазовые клещи 5,37%, акариформные клещи – 16,59% и коллемболы – 16,52%. Общая численность почвенного населения невысокая – 630 экз. (плотность – 25200 экз./м^2).

Таблица 1

Видовое богатство, численность и индексы доминирования (%) панцирных клещей и других почвообитателей РЛП "Зуевский" (2006 г.)

Вид	Лесопосадка	Луговая степь	Петрофитная степь	Вершина скалистого берега р. Ольховая	Всего
Sphaerochthonius splendidus	-	0,15	1,56	1,37	0,28
Hypochthoniella minutissima Berl.	0,06	-	-	-	0,02
Hypochthonius rufulus rufulus Koch	-	0,26	-	-	0,14
H. luteus luteus Oudms.	2,41	0,11	-	-	0,86
Selnikochthonius suecicus Forssl.	0,54	-	-	-	0,18
Brachychthonius immaculatus Forssl.	5,55	0,78	2,34	-	2,50
Liochthonius alprstris (Forssl.)	1,93	-	-	-	0,64
L. lapponicus (Trag.)	2,47	0,04	-	-	0,84
Epilohmannia inexpectata Schuster	0,06	0,19	-	-	0,12
E. cylindrica (Berl.)	-	0,04	-	-	0,02
Nothrus biciliatus Koch	0,42	0,04	-	-	0,16
N. borussicus Selln.	0,06	-	-	-	0,02
Camisia horrida (Herm.)	0,12	0,15	-	-	0,12

Вид	Лесопосадка	Луговая степь	Петрофитная степь	Вершина скалистого берега р. Ольховая	Всего
Platynothrus peltifer (Koch) *	-	0,04	-	-	0,02
Trhypochthonius conspectus Serg.	-	0,07	-	-	0,04
Malaconothrus punctulatus v.d.Hammen	-	2,75	12,09	-	2,71
Trimalaconothrus glaber (Mich.)	-	0,07	-	-	0,04
Hermanniella punctulata Berl.	-	-	-	0,69	0,02
Allodamaeus starki B.-Z.	0,06	0,30	0,58	4,79	0,38
Gymnodamaeus austriacus Will.	-	0,26	1,36	-	0,28
G. bicostatus Koch	-	-	1,75	10,96	0,50
Belba dubinini B.-Z.	0,12	0,04	-	-	0,06
Metabelba pulverulenta (Koch)	1,87	0,30	-	-	0,78
M. papillipes (Nic.)	1,09	0,52	0,20	-	0,66
Eremaeus silvestris Forssl.	0,12	2,79	-	-	1,54
Fosseremaeus laciniatus (Berl.)	0,36	0,04	0,20	1,37	0,19
Eremulus flagellifer Berl.	-	0,22	-	-	0,12
Ctenobelba pectinigera (Berl.)	-	0,04	-	-	0,02
Microzetorchestes emeryi (Coggi)	0,91	-	1,75	4,11	0,60
Xenillus tegeocranus Herm. *	-	0,04	-	-	0,02
X. clypeator Rob-Desv.	0,06	-	-	-	0,02
Dorycranosus splendens (Coggi)	0,06	-	-	-	0,02
D. punctulatus (Mih.)	-	-	0,39	-	0,04
Liacarus vombi (Dalenius)	-	-	-	2,05	0,06
Tectocepheus velatus Mich. *	0,06	1,23	0,39	2,05	0,78
Suctobelbella latirostris (Forssl.)	2,17	0,48	-	3,43	1,08
S. alloenasuta Moritz	2,41	0,04	0,20	-	0,84
S. perpendiculata (Forssl.)	0,06	-	-	-	0,02
S. subtrigona	1,27	0,15	0,78	-	0,58
Multioppia glabra Mih.	3,07	2,57	0,20	4,11	2,54
Quadroppia quadricarinata (Mich.)	0,42	0,11	0,20	-	0,22
Oppiella nova (Oudms.)	3,07	1,00	2,14	4,11	1,90
Oppia krivolutskyi Kul.	-	0,11	-	-	0,06
Oppia nitens Koch	0,06	-	-	-	0,02
Lauroppia neerlandica (Oudms.)	0,42	-	-	-	0,14
L. maritima (Will.)	-	0,07	-	-	0,04
Medioppia obsoleta (Paoli)	2,71	-	-	-	0,89
M. fallax (Paoli)	-	0.04	-	-	0,02
Ramusella clavipectinata (Mih.)	4,82	1,78	1,36	6,16	2,87
R. mihelcici (P.-I.)	0,06	-	-	1,37	0,06
R. obsoleta (Paoli)	-	-	0,98	-	0,10
Microppia minus (Paoli)	6,51	0,07	0,98	1,37	2,34
Berniniella bicarinata (Paoli)	-	0,04	0,58	-	0,08
Scutovertex serratus Sitnikova	0,12	-	2,14	6,16	0,44
S. rugosus Sitnikova	-	0,04	-	-	0,02
Oribatula tibialis Mich.	1,99	-	-	-	0,66
O. pallida Banks	0,06	0,52	-	-	0,30
O. vera B.-Z.	-	0,04	-	-	0,02
Zygoribatula frisiae (Oudms.) *	0,54	0,19	1,95	1,37	0,52
Z. terricola v.d.Hammen	0,36	0,04	-	4,79	0,28
Z. exarata Berl.	-	1,08	3,12	0,69	0,92
Z. thalassophila Gr.	-	0,07	2,92	-	0,34
Z. microporosa B.-Z. *	-	0,04	-	-	0,02
Eporibatula rauschenensis	-	0,04	-	-	0,02
Liebstadia similis (Mich.) *	-	-	0,78	0,69	0,10
Scheloribates laevigatus (Koch)	0,30	2,53	3,12	-	1,77
Sch. latipes (Koch) *	0,12	0,78	2,92	-	0,76
Sch. pallidulus (Koch)	-	-	0,20	-	0,02
Peloribates europaeus Will. *	-	0,07	-	-	0,04

Вид	Лесопосадка	Луговая степь	Петрофитная степь	Вершина скалистого берега р. Ольховая	Всего
P. pilosus Hammer	-	-	-	0,69	0,02
Haplosetes vindobanensis Will.	-	0,11	-	-	0,06
Protoribates capucinus Berl.	1,03	1,00	1,75	-	1,06
P. monodactylus (Haller)	5,91	0,45	-	3,43	2,29
Trichoribates punctulatus Schald.	0,06	-	0,20	-	0,04
T. novus (Sell.) *	0,12	-	-	-	0,04
T. trimaculatus *	-	0,19	-	-	0,10
Latilamellobates naltschiki Schald.	-	-	-	1,37	0,04
Ceratozetes mediocris Berl. *	-	0,78	0,78	17,81	1,02
C. gracilis (Mich.) *	-	2,30	3,50	-	1,59
C. sellnicki (Rajski)	-	-	1,75	-	0,18
C. longicuspidatus Kul.	-	-	0,98	-	0,10
Mycobates tridactylus Will.	-	0,07	-	-	0,04
Punctoribates zachvatkini Schald.	0,06	0,82	4,48	2,05	0,98
Chamobates cuspidatus (Mich.)	-	2,27	-	-	1,22
Peloptulus phaenotus (Koch)	0,12	0,26	0,78	2,05	0,32
Tectoribates ornatus (Schuster)	-	1,11	0,20	-	0,62
Parachipteria punctata (Nic.) *	-	5,53	-	-	2,97
P. nivalis (Hammen)	-	0,07	-	-	0,04
P. bellus (Schelln.)	-	0,37	-	-	0,19
Galumna lanceata Oudms.	2,35	0,52	1,75	-	1,24
Pilogalumna allifera (Oudms.)	3,20	0,93	0,98	-	1,65
Pergalumna willmani (A.Zachv.)	-	0,04	-	-	0,02
Euphthiracarus cribrarius (Berl.)	0,18	0,96	1,56	1,37	0,78
Artropacarus (Sreganacarus) striculus (Koch)	-	0,45	-	-	0,24
Преимагинальные фазы орибатид	38,10	59,40	34,11	9,59	48,30
Всего панцирных клещей (экз.)	1659	2690	513	146	5008
Количество проб	30	30	30	10	100
Количество экз. на 1 пробу	55,30	89,67	17,10	14,60	50,08
Плотность, экз./м^2	22120	35868	6840	5840	20032
Процентное отношение к общему числу	57,31	53,48	23,95	23,17	46,82
Количество видов	49	67	40	26	94
доминирующих	3	1	1	4	-
часто встречаемых	10	6	9	11	7
редких	36	60	30	11	87
Класс Nematoda	-	0,68	0,43	-	0,40
Класс Oligochaeta	-	0,26	0,49	-	0,25
Кл. Crustacae, Отр. Isopoda	0,24	2,09	4,36	0,21	2,18
Кл. Arachnida, Отр. Pseudoscorpiones	0,16	-	-	-	0,04
Отр. Aranei	0,16	-	0,06	-	0,05
Отр. Parasitiformes, надсем. Gamasoidea	4,77	6,28	4,30	5,37	5,31
Отр. Acariformes, надсем. Acaroidea	-	0,21	0,18	4,75	0,54
гипопусы	0,24	-	-	-	0,05
сем. Trombiculidae	0,16	0,68	0,92	1,86	0,74
прочие сем. отр. Acariformes	67,32	37,78	70,97	16,59	56,06
Кл. Myriapoda, Подкл. Chilopoda	0,97	1,84	1,41	-	1,37
Подкл. Diplopoda	0,41	2,91	-	-	1,28
Кл. Insecta, Отр. Diplura	0,32	0,26	-	-	0,18
Отр. Podura	15,94	39,91	8,66	16,52	23,76
Отр. Psocoptera	0,57	0,30	-	0,62	0,30
Отр. Homoptera подотр. Aphidinea	0,16	2,99	2,27	-	1,92

Вид	Лесопосадка	Луговая степь	Петрофитная степь	Вершина скалистого берега р. Ольховая	Всего
Отр. Thysanoptera	0,08	0,04	-	1,86	0,19
Отр. Hemiptera	0,08	0,86	0,12	-	0,40
Отр. Hymenoptera, надсем. Formicoidea	0,32	0,26	0,18	0,21	0,25
надсем. Ichneumonoidea	0,08	0,04	0,06	0,21	0,07
Отр. Coleoptera	0,32	0,17	0,06	0,83	0,23
Отр. Diptera	-	-	0,06	-	0,02
Личинки насекомых	7,70	2,44	5,47	2,07	4,41
Всего других почвообитателей (экз.)	1236	2340	1629	484	5689
Количество экз. на 1 пробу	41,2	78,0	54,3	48,4	56,89
Плотность, экз./м^2	16480	31200	21720	19360	22756
Процентное отношение к общему числу	42,69	46,52	76,05	76,83	53,18
Всего почвообитателей (экз.)	2895	5030	2142	630	10697
Количество экз. на 1 пробу	96,5	167,67	71,4	63,0	106,97
Плотность, экз./м^2	38600	67068	28560	25200	42788

Примечание. * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae.

Таким образом, во всех исследуемых биотопах учтено 5008 экз. орибатид (46,82%), со средней плотностью 20032 экз./м^2; других почвообитателей – 5689 экз. (53,18%), плотность – 22756 экз./м^2; всего почвенного населения – 10697 экз., плотность – 42788 экз./м^2.

Впервые на территории РЛП "Зуевский" обнаружено 94 вида панцирных клещей, относящиеся к 59 родам и 33 семействам. Из них 12 видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей из семейства Anoplocephalidae, паразитирующих в теле домашних и диких животных (в табл. 1 обозначены *). В целом для РЛП отмечено 7 часто встречаемых и 87 малочисленных видов. Для каждого биотопа характерен определенный комплекс доминирующих, часто встречаемых и редких видов. Впервые для фауны орибатид Донецкой области приведены 5 видов: *Trhypochthonius conspectus* Serg., *Liacarus vombi* (Dalenius), *Peloribates pilosus* Ham., *Mycobates tridactylus* Will., *Chamobates cuspidatus* (Mich.).

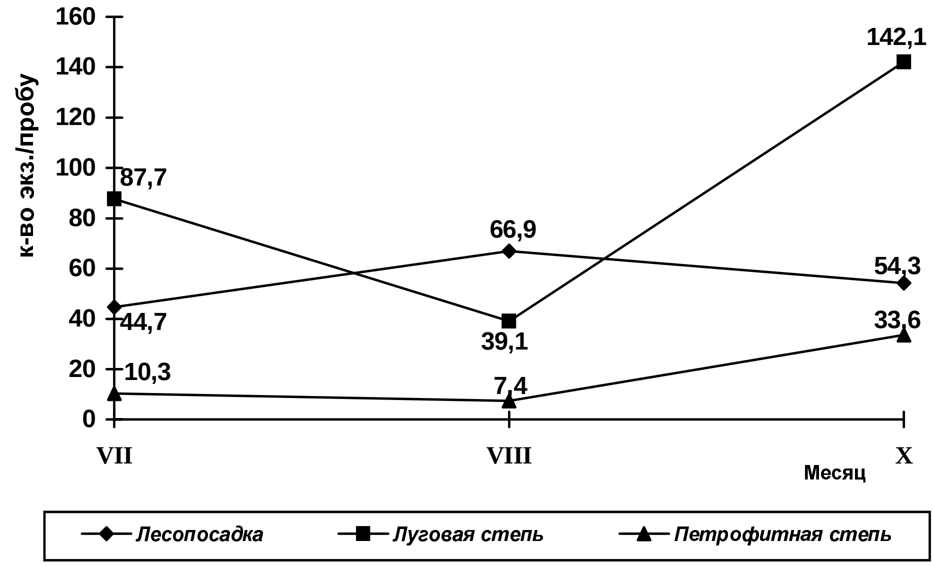


Рис. 2. Сезонная динамика численности панцирных клещей РЛП "Зуевский" (2006 г.)

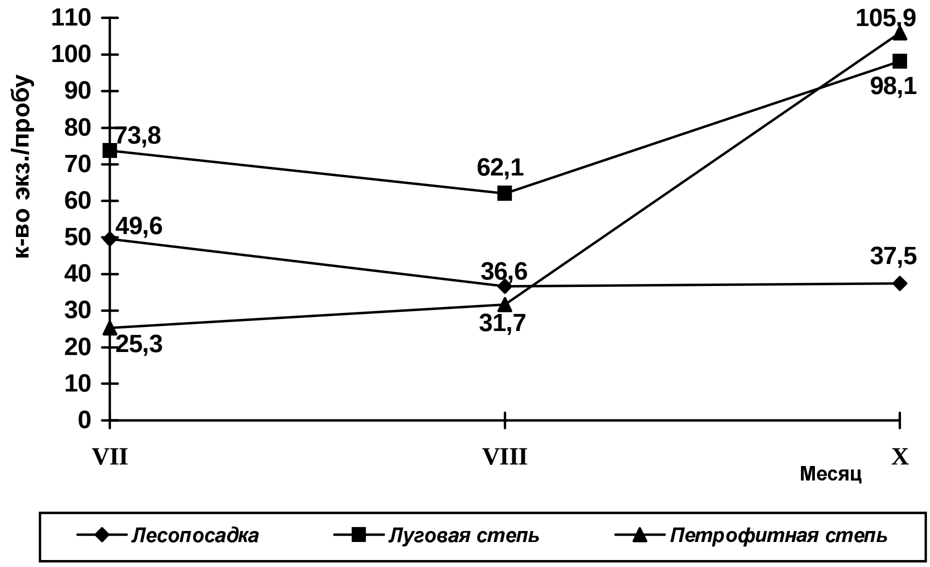


Рис. 3. Сезонная динамика численности других почвообитателей РЛП "Зуевский" (2006 г.)

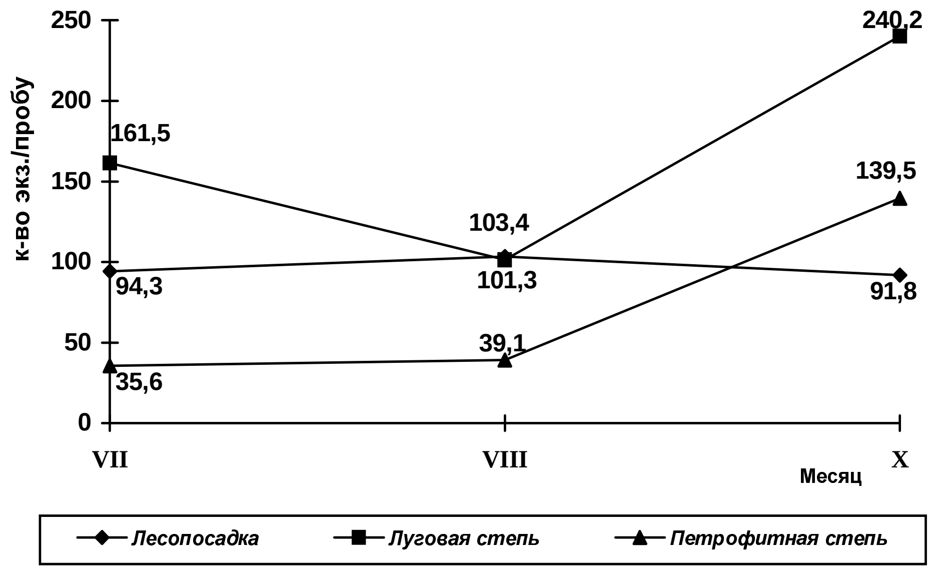


Рис. 4. Сезонная динамика численности всего почвенного населения РЛП "Зуевский" (2006 г.)

Выводы

1. На территории регионального ландшафтного парка "Зуевский" в четырех исследуемых биотопах обнаружено 94 вида панцирных клещей, относящихся к 59 родам и 33 семействам. Из них 12 видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей из семейства Anoplocephalidae, паразитирующих в теле домашних и диких животных.

2. Впервые для фауны Донецкой области отмечены 5 видов: *Trhypochthonius conspectus* Serg., *Liacarus vombi* (Dalenius), *Peloribates pilosus* Hammer, *Mycobates tridactylus* Will., *Chamobates cuspidatus* (Mich.).

3. На протяжении трех месяцев исследований (июль, август и октябрь 2006 г.) в четырех биотопах из 100 проб учтено 5008 экз. (46,82%) панцирных клещей со средней плотностью населения 20032 экз./м^2 (из них личинок и нимф – 2419 экз. (48,30%)). Других почвообитателей собрано 5689 экз. (56,89%), среди которых преобладали акариформные клещи – 3189 экз. (56,06%), коллемболы – 1352 экз. (23,76%) и гамазовые клещи – 302 экз. (5,31%). Часто встречались мокрицы и личинки насекомых.

4. Для каждого исследуемого биотопа характерен определенный видовой состав и численность панцирных клещей.

Наиболее разнообразен видовой спектр орибатид в луговой степи – обнаружено 67 видов из 51 рода и 30 семейств. Доминировал один вид – *Parachipteria punctata* (Nic.) – 5,53%. Часто встречались 6 и редко – 60 видов. Здесь отмечен максимум численности панцирных клещей – 2690 экз. (89,67%), плотность – 35868 экз./м^2, а также других почвообитателей – 2340 экз. (46,52%), плотность – 31200 экз./м^2. Доминировали коллемболы – 934 экз. (39,91%), другие семейства акариформных клещей – 884 экз. (37,78%) и гамазовые клещи – 147 экз. (6,28%). Часто встречались мокрицы, кивсяки, тли и личинки насекомых. Высокая численность почвенного населения обусловлена хорошо увлажненным поверхностным дерновым слоем почвы, густой травянистой растительностью, благоприятными эдафическими условиями, которые способствуют быстрому завершению циклов развития доминирующих групп почвенных членистоногих.

В лесопосадке обнаружено 1659 экз. панцирных клещей (57,31%), плотность населения – 22120 экз./м^2; определено 49 видов, относящихся 36 родам и 24 семействам. Доминировали 3 вида: *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 5,55%, *Microppia minus* (Paoli) – 6,50% и *Protoribates monodactylus* (Haller) – 5,91%. Часто встречались 10 и редко – 36 видов орибатид. Других почвообитателей учтено 1236 экз. (42,69%), плотность – 16480 экз./м^2. Доминировали акариформные клещи – 832 экз. (67,32%), коллемболы – 197 экз. (15,94%) и личинки насекомых – 95 экз. (7,70%).

В целинной петрофитной степи из 30 проб извлечено минимальное количество орибатид – 513 экз. (23,95%), плотность – 6840 экз./м^2. Отмечено 40 видов из 27 родов и 18 семейств. Доминировал один вид – *Malaconothrus punctulatus* v.d.Hammen – 12,09%. Часто встречались 9 и редко – 30 видов. Количество других почвенных обитателей несколько выше, чем в лесопосадке, – 1269 экз. (76,05%). Доминировали акариформные клещи – 1156 экз. (70,97%), коллемболы – 141 экз. (8,66%) и личинки насекомых – 89 экз. (5,47%).

Из 10 почвенных проб на вершине скалистого берега р. Ольховая собрано небольшое количество орибатид – 146 экз. (23,17%), плотность – 5840 экз./м^2, отмечено 26 видов. Доминировали 4 вида панцирных клещей: *Ceratozetes mediocris* Berl. – 17,81%, *Gymnodamaeus bicostatus* Koch – 10,96%, *Scutovertex serratus* Sitn. и *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – по 6,16%. Другие почвообитатели составили 76,83% (484 экз.), средняя плотность населения – 19360 экз./м^2.

5. Численность панцирных клещей и других почвенных членистоногих на трех исследуемых стационарных участках (лесопосадка, луговая степь, петрофитная степь) варьировала по сезонам года, что во многом определяется характером микрорельефа, его растительного покрова и эдафических условий, а также месторасположением биотопа. Так, например, общий пик численности панцирных клещей в целинной и луговой степи отмечен в октябре, минимум – в августе, а в лесопосадке максимум зарегистрирован в августе, минимум – в июле. Численность других почвенных членистоногих также варьировала и максимальных показателей достигала в открытых биотопах степного характера (целинная и луговая степи) в октябре, минимум отмечен в июле; в лесопосадке пик численности зарегистрирован в июле, минимум – в августе. Подобные колебания численности панцирных клещей и других почвенных обитателей в целом характерны для степного Донбасса [7].

Список литературы

1. *Беклемишев В. Н.* Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоол. журн. – 1961. – Вып. 2. – С. 143-158.

2. *Буланова-Захваткина Е. М.* Панцирные клещи – орибатиды. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.

3. *Гиляров М. С.* Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.

4. *Сергиенко Г. Д.* Фауна Украины. Низшие орибатиды. – К.: Наук. думка, 1994. – Т. 25, вып. 1. – 203 с.

5. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.

6. *Мельник О. А., Ярошенко Н. Н.* Панцирные клещи поймы реки Ольховой Регионального ландшафтного парка "Зуевский" // Зб. доп. VI Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, квітень 2007 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2007. – Т. 2. – С. 18-19.

7. *Ярошенко Н. Н.* Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.

Ярошенко М. М. **Ґрунтові членистоногі заплави р. Вільхової регіонального ландшафтного парку "Зуєвський" Донецької області. –** Уперше в результаті проведених досліджень ґрунтових членистоногих РЛП "Зуєвський" у 2006 р. виявлено 94 види панцирних кліщів, що відносяться до 59 родів і 33 родин, із середньою щільністю населення 20032 екз./м^2, що склало 46,82% від загальної кількості ґрунтових членистоногих (щільність – 42788 екз./м^2). Інші членистоногі (гамазові й акаріформні кліщі, колемболи та ін.) склали 53,18% (щільність населення – 22756 екз./м^2). У луговому степу виявлено 67 видів орибатид, у лісопосадці – 49, у цілинному петрофітному степу – 40, на вершині скелястого берега р. Вільхової – 26 видів. Їхня середня щільність населення, відповідно, склала 35868 – 22120 – 6840 – 5840 екз./м^2, інших членистоногих – 31200 – 16480 – 21720 – 19360 экз./м^2, усього ґрунтового населення – 67068 – 38600 – 28560 – 25200 екз./м^2. Максимальна кількість орибатид відзначена у жовтні в цілинному та луговому степах, мінімум – у серпні; у лісопосадці пік зареєстровано у серпні, мінімум – у липні. Пік чисельності інших членистоногих відзначений у жовтні (цілинний і луговий степи), мінімум – у липні; у лісопосадці максимум зареєстровано у липні, мінімум – у серпні.

Ключові слова: панцирні кліщі, орибатиди, біотоп, щільність населення, вид.

Yaroshenko N. N. **The Soil Arthropoda of the flood plain of Olkhovaya river of the regional landscape park "Zuevskiy" of the Donetsk region.** – As a result of studies performed for the first time for soil Arthropoda of RLP "Zuevskiy" in 2006, it is discovered 94 species of oribatid mites, referring to 59 genera and 33 families, with average density of the population 20032 ex./m^2 that has formed 46,82% from the total number of soil Arthropoda (density – 42788 ex./m^2). The other Arthropoda (the Gamasina mites, Acariform mites, Collembola and others.) have formed 53,18% (density of the population – 22756 ex./m^2). In meadow steppe it is discovered 67 species of oribatids, in artificial forest – 49, in virgin petrophytous steppe – 40, on top of the rocky coast of Olkhovaya river – 26 species. Their average density of the population, accordingly, has formed 35868 – 22120 – 6840 – 5840 ex./m^2, the other Arthropoda – 31200 – 16480 – 21720 – 19360 ex./m^2, the whole soil population – 67068 – 38600 – 28560 – 25200 ex./m^2. The maximum of oribatid quantity noted at October in virgin steppe and meadow steppe, minimum – at August; in artificial forest the peak is registered at August, minimum – at July. The peak of quantity of other Arthropoda noted at October (the virgin steppe and meadow steppe), minimum – at July; in artificial forest maximum is registered at July, minimum – at August.

Key words: oribatid mites, oribatids, biotope, density of the population, species.

УДК 576.8+577.15.082

В. Качмарик, В. Снітинський, В. Кащенко

РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ FAD-СИНТЕТАЗИ

Львівський державний аграрний університет; 80381, Львівська обл., Жовківський р-н, м. Дубляни, вул. Володимира Великого, 1; e-mail: lunchbox@ukr.net

Качмарик В., Снітинський В., Кащенко В. **Розробка експрес-методу кількісного визначення активності FAD-синтетази.** – У роботі наведено результати проведеного хроматографічного розділення продукту і субстрату FAD-синтетазної реакції методом тонкошарової хроматографії в одинадцяти системах хроматографічних розчинників. Підібрано хроматографічні системи, в яких проходить їх повне розділення. Підібрано систему (5%-й розчин Na_2HPO_4), в якій продукт FAD-синтетазної реакції – FAD рухається першим (Rf=0,49), у порівнянні із субстратом – FMN (Rf=0,33). Розроблено експрес-метод і проведено апаратурне оформлення методу кількісного визначення активності FAD-синтетази в біологічних об’єктах.

Ключові слова: РФ-кіназа, FAD-синтетаза, флавінмононуклеотид, флавінаденіндинуклеотид, рибофлавін, коефіцієнт рухливості – Rf.

Вступ

Флавінові коферменти – флавінмононуклеотид (FMN) і флавінаденіндинуклеотид (FAD) відіграють особливо важливу роль у метаболізмі мікроорганізмів. Як простетичні групи FMN і FAD входять до складу багатьох окисно-відновних ферментів – флавопротеїнів, які, за різноманітністю виконуючих функцій, можна віднести до найбільш універсальних каталізаторів білкової природи. На сьогодні описано близько 150 флавопротеїнів, що беруть участь у метаболізмі вуглеводів, спиртів, амінокислот, органічних і жирних кислот, процесах генерації енергії в дихальному ланцюгу, активації кисню, біолюмінесценції, фототропізму.

Значні досягнення у дослідженні процесу біосинтезу рибофлавіну (РФ) дозволили створити промислових продуцентів цього вітаміну. Однак регуляція цього процесу та механізми біосинтезу флавінових коферментів у мікроорганізмів вивчені недостатньо. Це пов'язано, насамперед, із складністю визначення активності РФ-кінази та FAD-синтетази, під каталітичною дією яких FMN і FAD синтезуються в клітині. Перший етап біосинтезу флавінових коферментів здійснює РФ-кіназа, другий – FAD-синтетаза.

Визначення активності цих ферментів пов'язане з певними труднощами, оскільки субстрат і продукт цих двох ферментативних перетворень не відрізняються між собою за такими фізико-хімічними показниками, як спектри поглинання і флуоресценції. Існуючі методи визначення активності цих ферментів базуються на хроматографічному розділенні на папері або технікою високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ), які мають низку суттєвих недоліків (трудоємкість, відносно низька чутливість, довготривалість). Тому ми розробили новий експрес-метод визначення активності FAD-синтетази, який позбавляє вищевказаних недоліків.

Матеріали і методи досліджень

Безклітинні екстракти отримували з клітин дріжджів *Candida boidinii* ВСБ-719 та *Pichia guilliermondii* АТСС 9058. Дріжджі культивували на середовищі Беркгольдера [3]. До середовища додавали залізо з розрахунку 1,4 мг/л у вигляді солі Мора ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$), біотин – 1 мкг/л, дріжджовий екстракт – 0,5 г/л. Як джерело вуглецю використовували глюкозу – 20 г/л або метиловий спирт (1%). Дріжджі вирощували при 30°С на круговій качалці (200 об/хв) у 500 мл колбах.

Клітини відокремлювали від культурального середовища центрифугуванням при 3000 об/хв і тричі промивали дистильованою водою та 0,01М фосфатним буфером pH 8,0. Безклітинні екстракти отримували руйнуванням свіжовирощених клітин у гомогенізаторі для клітин і бактерій Л-17 (Київський експериментальний завод медичних препаратів). Для гомогенізації клітин готували суспензію з розрахунку 1 г (суха вага) свіжовирощених клітин на 12 мл 0,05М фосфатного буферу рН 8,0, що містив 1 мМ інгібітора протеїназ – фенілметансульфонілфторид (ФМСФ), і додавали до неї 8 $см^3$ скляних кульок (d =340 мкм). Руйнування проводили при 1000 об/хв протягом 4 хв. із охолодженням, або балістичним методом на спеціально розробленому шейкері в пробірках типу еппендорф при 300 об/хв і амплітуді 4 мм (для малої кількості клітин). Зразки центрифугували 35 хв. при 7000g на центрифузі К-70. Супернатант зливали і проводили висолювання сульфатом амонію до 0,9 одиниць насичення.

Для визначення активності FAD-синтетази готували реакційну суміш (загальний об'єм 1 мл) яка містила 0,1mM FMN, 1mM ATP, 1mM $MgSO_4$ і 0,1M фосфатний буфер, pH 8,0. Суміш інкубували 1 годину при температурі 37^0С і кип'ятили 3 хв на водяній бані для зупинки реакції. Як розчинник використовували 5% розчин $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$. Після детекції в ультрафіолеті, FAD і FMN елюювали і визначали їх концентрації на флуорометрі ЕФ – 3М.

За одиницю активності (Е) FAD-синтетази приймали кількість ферменту, яка необхідна для синтезу 1мкмоль продукту за 1хв при температурі 37^0С.

Підбір хроматографічної системи для розділення FMN і FAD здійснювали методом тонкошарової хроматографії на силікагелі ("Silufol", Чехія). Якість розділення визначили візуально в фільтрованому ультрафіолетовому світлі.

Розділення FMN і FAD проводили методом хроматографії на колонках. Для розділення флавінів на колонках як носій використовували мікрокристалічну целюлозу – ЛТ "Chemapol" типу Avicel (США) і силікагель SILPEARL ("Kavalier", Чехія). Проводили фотографування у фільтрованому ультрафіолетовому світлі цифровою фотокамерою Sony DSC – S75 із ЖЗ-18 фільтром.

Для очищення від домішок використовували препарати FMN Московського експериментального вітамінного заводу.

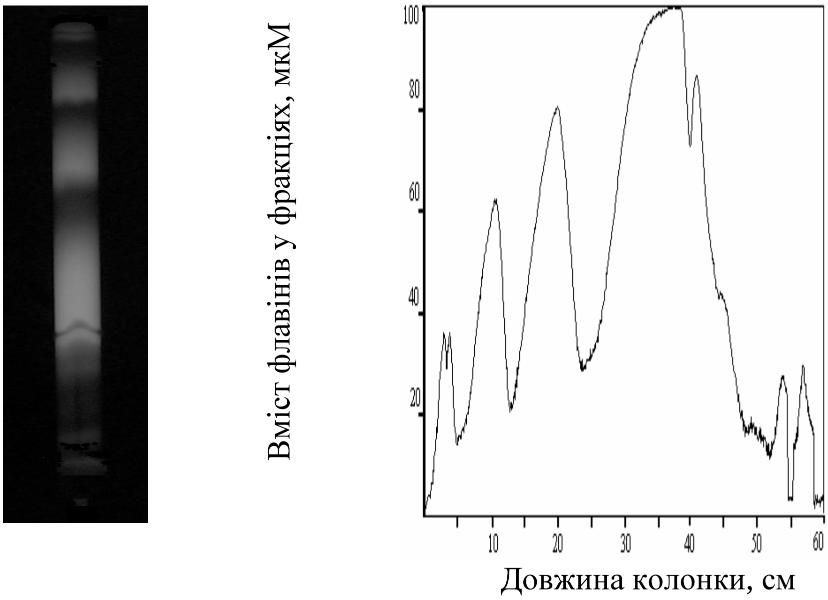
Результати і обговорення

До сьогодні препарати FMN одержують за допомогою хімічного синтезу, а саме, етерифікацією рибофлавіну різними фосфорилюючими агентами [6]. Було встановлено, що препарати FMN, які отримують хімічним синтезом, містять окрім рибофлавін-5′-фосфату значну кількість рибофлавіну та цілу низку його фосфорних ефірів, що відрізняються за хімічною структурою від FMN [10]. Вміст рибофлавін-5′-фосфату в препаратах FMN, які випускаються провідними зарубіжними фірмами, не перевищує 60-70%. Біологічна активність таких ізомерів не вивчена, а їх відокремлення від FMN є складним і практично нездійсненним завданням при отриманні препаративних кількостей FMN. Мікробіологічне виробництво FMN на даний період відсутнє, оскільки мікроорганізми, що здатні нагромаджувати цей нуклеотид у культурах, не описані.

У клітині синтез FMN здійснюється за допомогою ферменту АТФ : рибофлавін-5′-фосфотрансферази (РФ-кінази), який фосфорилює РФ чітко по 5′-положенню бічного рибітильного ланцюга з утворенням рибофлавін-5′-фосфату. Ця реакція є високоспецифічною і не дає утворення ізомерних сполук. Та, незважаючи на це, до сьогодні препарати FMN отримують хімічним шляхом хоча вони і містять домішки.

Для отримання очищеного препарату FMN проводили розподільчу хроматографію на колонці з мікрокристалічною целюлозою типу Avicel ("Chemapol", Чехія). Колонку промивали 1% Na_2HPO_4 і наносили 12 мг розчиненого у ньому FMN. Елюцію проводили 1% розчином Na_2HPO_4 із швидкістю 22 мл/год. Фракції (по 1,5 мл) збирали за допомогою колектора фракцій LKB 1700 MiniRac (Швеція).

Отриманий профіль елюції (рис. 1) демонструє, що вихідний препарат FMN розділився на вісім фракцій, що свідчить про його очищення від домішок.



А **Б**

Рис. 1. Розділення препарату FMN (Московський експериментальний вітамінний завод) за допомогою хроматографії на сілохромі: А – хроматографічне розділення на колонці препарату FMN, зафіксоване цифровою камерою в фільтрованому ультрафіолетовому світлі; Б – аналіз розділення препарату FMN за допомогою програми Scion Image (Scion Corporation)

Для ідентифікації отриманих фракцій використовували тонкошарову хроматографію на пластинках силікагелю ("Silufol", Чехія) у двох системах розчинників: вода насичена ізоаміловим спиртом, 5% Na_2HPO_4. Отримані фракції речовин ідентифікували за коефіцієнтом рухливості (Rf). Фракцію очищеного FMN використовували для наступних досліджень при визначені активності FAD-синтетази у безклітинних екстрактах дріжджів.

Підбір хроматографічних систем для розділення субстрату та продукту FAD-синтетазної реакції здійснювали методом тонкошарової хроматографії. За рівнем активності FAD-синтетаза відноситься до ферментів "мінорних" біосинтетичних шляхів мікробних клітин [4]. Субстрат (FMN) і продукт (FAD) даної ферментативної реакції не відрізняються між собою спектрами поглинання та флуоресценції. Для того, щоб ідентифікувати FMN і FAD після інкубації зразків (визначити активність FAD-синтетази), потрібно відділити FAD від неперетвореного FMN, який кількісно переважає продукт реакції в декілька десятків разів. Тому нашим завданням було підібрати такі хроматографічні системи, в яких продукт добре відділяється від субстрату і має більшу за нього хроматографічну рухливість (Rf). Для розділення субстрату і продукту FAD-синтетазної реакції ми використовували низку відомих хроматографічних систем. У ролі носія використали силікагель, який є гідрофільним сорбентом із високорозвиненою капілярною структурою гелю. Максимальне поглинання води – приблизно 40% за масою. Звичайно використовується висушений гель SiO_2 (силікагель). На силікагелеві пластинки наносили по 5 мкл модельні суміші – FMN+FAD і чисті препарати FMN та FAD як маркери. Як видно (рис. 2), у 0,1 М розчині піридину продукт FAD-синтетазної реакції рухається першим, але від субстрату не відділяється FAD. Величини Rf для FMN і FAD становлять відповідно 0,77 і 0,79.

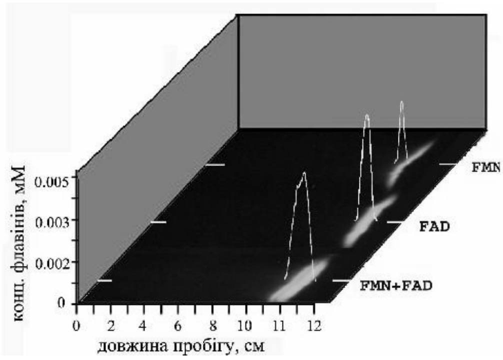


Рис. 2. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в 0,1М розчині піридину

При розділенні FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в H_2O насиченій колідином (рис. 3), рухливість FAD (Rf = 0,72) перевищує рухливість FMN (Rf = 0,70), але за даним показником майже не відрізняється.

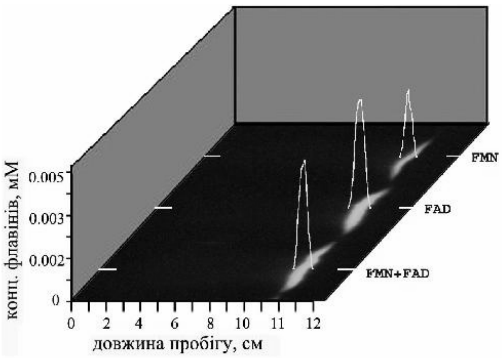


Рис. 3. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в H_2O насиченій колідином

Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в дистильованій воді незначне, рухливість FMN і FAD низька (рис. 4, табл.1).

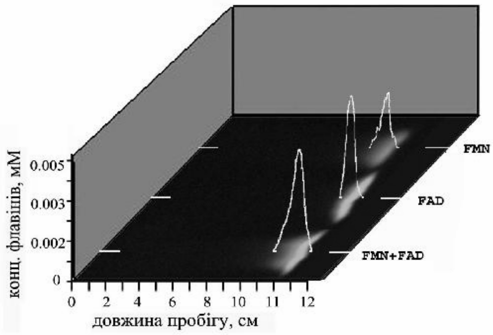


Рис. 4. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в дистильованій воді

Таблиця 1

Величини Rf для FMN та FAD при розділенні в різних хроматографічних системах

Хроматографічна система	Rf		Коефіцієнт рухливості (Rf FAD/Rf FMN)
	FMN	FAD	
5% Na_2HPO_4	0,33	0,49	1,48
2% Na_2HPO_4	0,38	0,48	1,26
1% Na_2HPO_4	0,38	0,45	1,18
H_2O	0,79	0,84	1,06
H_2O насичена ізоаміловим спиртом	0,85	0,87	1,02
0,1 М розчин піридину	0,77	0,79	1,02
H_2O насичена колідином	0,70	0,72	1,02
H_20 насичена ізоаміловим спиртом, Уітбі [11, 12]	0,89	0,90	1,01
н-Бутанол 30 Фенол 160 H_20 100 Хюннекенс та співр.[7]	0,17	0,23	1,35

При розділенні продукту та субстрату методом тонкошарової хроматографії в 1% Na_2HPO_4 (рис. 5) рухливість FAD (Rf = 0,45) перевищує рухливість FMN (Rf = 0,38).

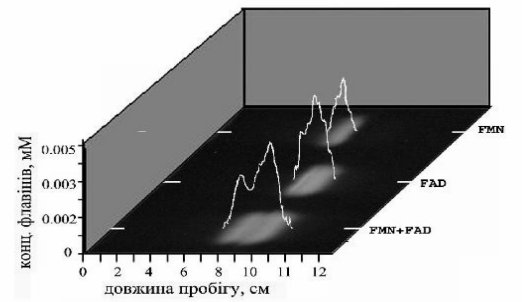


Рис. 5. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в 1% розчині Na_2HPO_4

Таким чином, у наведених вище хроматографічних системах не спостерігається достатнього відділення продукту від субстрату FAD-синтетазної реакції, з метою отримання чистого FAD.

Набагато краще відділення FAD від FMN проходить у хроматографічній системі 2% Na_2HPO_4 (рис. 6), де величини Rf становлять відповідно 0,38 і 0,48.

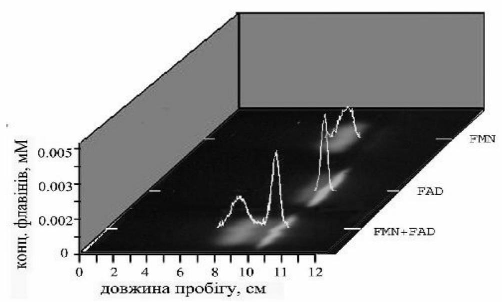


Рис. 6. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в 2% розчині Na_2HPO_4

Найбільша різниця в рухливості продукту (Rf = 0,49) і субстрату (Rf = 0,33) була виявлена при розділенні методом тонкошарової хроматографії в 5% Na_2HPO_4 (рис. 7).

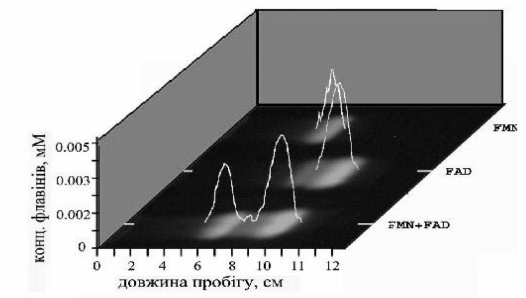


Рис. 7. Розділення FMN і FAD методом тонкошарової хроматографії в 5% розчині Na_2HPO_4

Порівнявши хроматографічну рухливість продукту і субстрату FAD-синтетазної реакції у вищезгаданих системах, ми зробили висновок, що найоптимальнішою для методу визначення активності FAD-синтетази є хроматографічна система, що складається з 5% розчину Na_2HPO_4.

За допомогою тонкошарової хроматографії можна зробити лише якісне визначення активності FAD-синтетази, а для кількісного визначення ми використовували хроматографію на колонках. З цією метою нами було підібрано хроматографічні системи для розділення субстрату та продукту FAD-синтетазної реакції методом хроматографії на колонках. Розділено модельну суміш FMN+FAD за допомогою хроматографії на колонках (рис. 8, 9). В якості колонок використовували одноразові медичні шприци (2 мл), хроматографічна система – 5% Na_2HPO_4, носієм була мікрокристалічна целюлоза ЛТ ("Chemapol" типу Avicel).

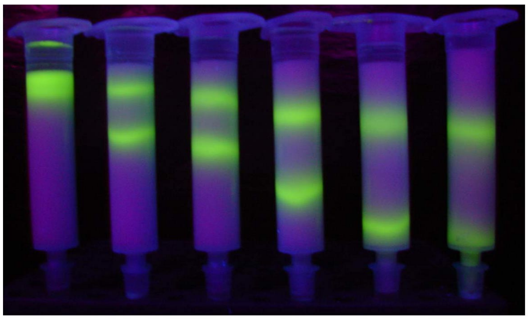


Рис. 8. Розділення FMN та FAD на колонках із мікрокристалічною целлюлозою у 5% розчині Na_2HPO_4 зафіксоване фотокамерою в фільтрованому ультрафіолетовому світлі без світлофільтра

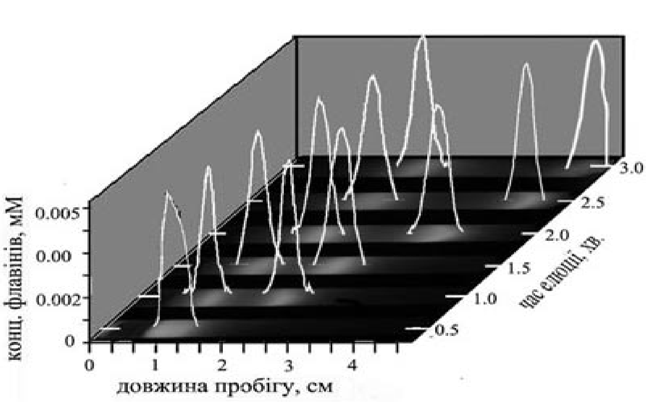


Рис. 9. Аналіз розділення FMN і FAD методом хроматографії на колонках за допомогою програми Scion Image (Scion Corporation)

Підібрані умови розділення FMN і FAD за допомогою хроматографії на колонках із мікрокристалічною целюлозою дозволяють досягнути відділення продукту FAD-синтетазної реакції від субстрату протягом 4 хв (рис. 10), що значно скорочує час визначення активності FAD-синтетази (табл. 2). Після виходу FAD із колонки його концентрацію визначали прямою спектрофотометрією або флюориметрією.

Таблиця 2

Методи розділення продукту і субстрату РФ-кіназної та FAD-синтетазної реакції

№	Метод розділення продукту і субстрату	Фермент	Недоліки методу	Джерело літератури
1.	Екстракція бензиловим спиртом	РФ-кіназа	Неповне міжфазне відділення продукту від субстрату	Kearney E. B., Englard S. [8]
2.	Хроматографія на папері	РФ-кіназа FAD-синтетаза	Трудоємкість, довготривалість, відносно низька чутливість методу	Кащенко В. Е., Шавловский Г. М. [2]
3.	Зв’язування FMN з апофлаводоксином	РФ-кіназа	Складність отримання апофлаводоксину; активність ферменту визначається не за утворенням продукту, а за утилізацією субстрату	Mayhew S. G., Wassink J. H. [9]
4.	Транспорт рибофлавіну в клітину мутантних штамів дріжджів із дерепресованою криптичною рибофлавінпермеазою	РФ-кіназа	Підтримання культури мутантного штаму в активному стані	Кащенко В. Е., Преображенская Е. Н., Сибирный А. А. [1]
5.	ВЕРХ	РФ-кіназа FAD-синтетаза	Довготривалість	Efimov I. at all. [5]
6.	Хроматографічне розділення на мікроколонках з мікрокристалічною целюлозою або силікагелем	РФ-кіназа FAD-синтетаза	Поки що не виявлено	Власна розробка

У результаті розробки експрес-методу кількісного визначення активності FAD-синтетази, були підібрані такі хроматографічні системи, в яких відбувається повне відділення FAD від FMN.

Нами розроблено апаратурне оформлення експрес-методу визначення активності FAD-синтетази. Порівнюючи з усіма відомими методами визначення активності цього ферменту, нами розділення проводилось на колонках, і продукт FAD-синтетазної реакції рухається швидше ніж субстрат, що є найважливішим.

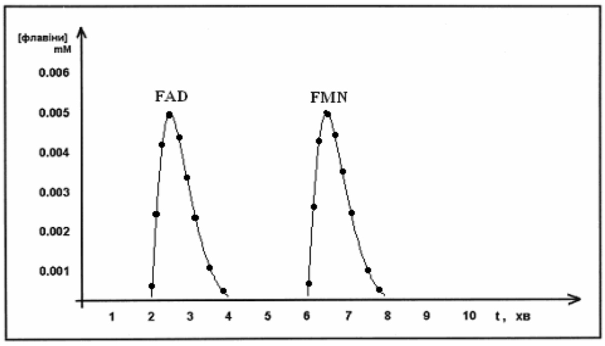


Рис. 10. Графік елюції FAD і FMN при розділенні цих речовин методом хроматографії на колонках

Для визначення активності ферменту необхідно щоб швидкість реакції наближалась до максимальної. Забезпечення таких умов досягається при концентрації субстрату, яка дорівнює 10 Km. Концентрація субстрату, при якій швидкість FAD-синтетазної реакції дорівнює половині максимальної швидкості реакції, становить 10^{-5} M.

Вихід продукту першим є важливим аспектом, бо у протилежному випадку "хвіст" від фракції субстрату заважає точному визначенню кількості продукту.

Для підбору оптимальних хроматографічних систем де продукт рухається першим і повністю відділяється від субстрату, використовували метод тонкошарової хроматографії. Цей метод дозволяє зробити лише якісне розділення. Для кількісного відділеня продукту від субстрату проведено хроматографію на колонках.

Для збільшення кількості досліджуваних проб і зменшення коштів і часу, неохідно було підібрати якомога простіше і доступніше обладнання. Для цього в якості хроматографічних колонок були використані одноразові медичні шприци об'ємом 2,5 мл, що заповнювались носієм (рис. 11).

Рис. 11. Апаратурне оформлення експрес-методу визначення активності FAD-синтетази

Регламент визначення активності FAD-синтетази

1. Запаковка колонок сорбентом (мікроцелюлоза типу Avicel (США)).
2. Зрівноваження колонок 5% розчином Na_2HPO_4.
3. Приготування реакційної суміші.

4. Інкубація реакційної суміші з досліджуваним зразком білка при температурі 37^0С протягом 1 години.

5. Припинення реакції термоінактивацією при температурі 90^0С протягом 3 хв.

6. Нанесення аліквоти досліджуваних проб на колонки під певним гідростатичним тиском.

7. Відділення продукту від субстрату.

8. Збір фракції продукту.

9. Вимірювання концентрації FAD методом прямої флюорометрії.

Висновки

У результаті аналізу результатів хроматографічного розділення продукту та субстрату FAD-синтетазної реакції методом тонкошарової хроматографії в одинадцяти системах хроматографічних розчинників підібрано хроматографічну систему 5%-го розчину Na_2HPO_4, у якій проходить повне розділення продукту і субстрату FAD-синтетазної реакції. Розроблено експрес-метод і проведено апаратурне оформлення методу кількісного визначення активності FAD-синтетази в біологічних об'єктах.

Список літератури

1. *Кащенко В. Е., Преображенская Е. Н., Сибирный А. А.* Новый метод определения активности рибофлавинкиназы // Биохимия. – 1994. – Т. 59, № 8. – С. 1254-1265.

2. *Кащенко В. Е., Шавловский Г. М.* Очистка и свойства рибофлавинкиназы дрожжей *Pichia guilliermondii* // Биохимия. – 1976. – Т. 41, № 2. – С. 376-383.

3. *Логвиненко Е. М., Трач В. М., Кащенко В. Є. и др.* Определение активности некоторых ферментов флавиногенеза у дрожей in situ // Биохимия. – 1977. – Т. 42, № 9. – С. 1649-1654.

4. *Шавловский Г. М., Логвиненко Е. М., Струговщикова Л. П., Кащенко В. Е.* Биосинтез флавинов, их регуляция у дрожжей *Pichia guilliermondii* // Укр. биохим. журн. – 1975. – Т. 47, № 5. – С. 649-660.

5. *Efimov I., Kuusk V., Zhang X., Mcintire W. S.* Proposed steady-state kinetic mechanism for *Corynebacterium ammoniagenes*. FAD-synthetase produced by *Escherichia coli* // Biochemistry. – 1998. – Vol. 37. – P. 9716-9723.

6. *Entsch B., Sim R. G.* The purification and identification of flavinnucleotides by high-performance liquid chromatography // Anal. Biochem. – 1983. – Vol. 133, N 2. – P. 401-408.

7. *Huennekens F. M., Sanadi D. R., Dimant E., Scheparrtz A. I.* Enzymic formation of riboflavin 4´,5´-cyclic phosphate from FAD // J. Am. Chem. Soc. – 1953. – Vol. 75. – P. 3611.

8. *Kearney E. B., Englard S.* The enzymatic phosporylation of riboflavin // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193, N 2. – P. 821-834.

9. *Mayhew S. G., Wassink J. H.* A continuous fruorometric assay for flavokinase. Properties of flavokinase from *Peptostreptococcus elsdenii* // Biochim. Biophys. Acta. – 1977. – Vol. 482, N 2. – P. 341-347.

10. *Nielsen P., Rauschenbach P., Bacher A.* Phosphates of riboflavin and riboflavin analogs: a reinvestigation by high-performance liquid chromatography // Anal. Biochem. – 1983. – Vol. 130, N 2. – P. 359-369.

11. *Whitby L. G.* Enzymic Formation of a New Riboflavin Derivative // Nature. – 1950. – Vol. 166. – P. 479.

12. *Whitby L. G.* Riboflavinyl glucoside: a new derivative of riboflavin // Biochem. J. – 1952. – Vol. 50 (4). – P. 433-438.

Качмарык В., Снитынский В., Кащенко В. **Разработка экспресс-метода количественного определения активности FAD-синтетазы.** – В работе приведены результаты проведенного хроматографического разделения продукта и субстрата FAD-синтетазной реакции методом тонкослойной хроматографии в одиннадцати системах хроматографических растворителей. Подобраны хроматографические системы, в которых происходит их полное разделение. Отобрано систему (5%-й раствор Na_2HPO_4), в которой

продукт FAD-синтетазной реакции – FAD движется первым (Rf=0,49), в сравнении с субстратом – FMN (Rf=0,33). Разработан экспресс-метод и проведено аппаратурное оформление метода количественного определения активности FAD-синтетазы в биологических объектах.
Ключевые слова: РФ-киназа, FAD-синтетаза, флавинмононуклеотид, флавинадениндинуклеотид, рибофлавин, коэффициент подвижности (Rf).

***Kachmaryk V., Snitynskiy V., Kashchenko V.* Development of the express-method for quantitative assessment of FAD-sythetase. –** The article presents chromatographic separation results of FAD-synthase reaction product and substrate (FAD and FMN, respectively) in 11 chromatographic solvent systems. Chromatographic systems were screened for complete separation of compounds. The system was selected (5% Na_2HPO_4) in which FAD is moving before FMN, Rf equals 0,49 and 0,33 respectively. Express method and hardware were developed for quantitative assessment of FAD-synthase activity in biological samples.
Key words: riboflavin kinase, FAD-synthetase, FMN, FAD, riboflavin, coefficient of mobility (Rf).

УДК 582.282.162

О. В. Куткова

ВПЛИВ РІЗНИХ РЕЧОВИН НА ОСОБЛИВОСТІ ПРОРОСТАННЯ АСКОСПОР ЗМОРШКОВИХ ГРИБІВ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: kutkovaya@dongu.donetsk.ua

Куткова О. В. **Вплив різних речовин на особливості проростання аскоспор зморшкових грибів. –** Досліджено вплив різних джерел вуглецю, азоту та різних значень кислотності середовища на особливості проростання спор чотирьох видів зморшкових грибів. Встановлено, що аскоспори морхелових грибів можуть формувати від однієї до чотирьох ростових трубок. За допомогою додавання до спорової суспензії певних речовин можна регулювати кількість ростових трубок.

Ключові слова: проростання, аскоспори, ростові трубки, зморшки, *Morchella.*

Вступ

Зморшкові гриби (морелі, морхелові гриби) – є одними з найбільш перспективних для культивування макроміцетів [4, 5, 15]. Плодові тіла і міцелій цих грибів мають цілий комплекс корисних властивостей. Так, представники р. *Morchella* Dill. є цінними делікатесними грибами з вишуканим смаком та неповторним ароматом, до того ж вони проявляють важливі лікарські властивості. Метаболіти цих макроміцетів мають адаптогенні та імуностимулюючі властивості, а також вважаються одними з найбільш успішних протиракових агентів для клінічного використання [16]. За літературними джерелами плодові тіла та міцелій зморшків мають увесь комплекс амінокислот, в тому числі й незамінні [14], містять близько 30% білка, вітаміни групи А та вітамін D [16]. Використання зморшків у різних галузях промисловості потребує проведення відбору природних ізолятів з необхідними властивостями, або, що є більш надійним, селекційне отримання штамів із потрібними характеристиками. Для селекційної роботи застосовуються методи, засновані на отриманні моноспорових культур і їх подальшому схрещуванні [10]. Зважаючи на те, що основним джерелом гомокаріонів є спори – актуальним є дослідження умов проростання пропагул.

Інтерес до вивчення клітин, що знаходяться у стані спокою обумовлений великим теоретичним і практичним значенням. В останні роки особливу увагу привертає процес проростання, тобто вихід клітини зі стану спокою та перехід до активного життя [11]. З теоретичних позицій вивчення активації проростання спор тісно пов'язане з такими ключовими проблемами біології, як цитодиференціювання, онтогенез, стійкість до несприятливого впливу. В той же час встановлення чинників, які сприяють активному проростанню посівного спорового матеріалу, є одним із основних напрямів у селекції, біотехнології. Чим швидше вийде спора зі стану спокою, тим більш економічним буде біотехнологічний процес. Ступінь економічності ферментації пов'язана також і з синхронністю процесу проростання та кількістю проростків, що утворює спора [8]. У зв'язку з цим завданням даної роботи було дослідити вплив різних речовин на особливості проростання аскоспор зморшкових грибів.

Матеріал та методи досліджень

Особливості проростання аскоспор досліджували у чотирьох видів зморшкових грибів: *Verpa conica* (O. F. Müll.) Sw.), *Morchella semilibera* DC., *Morchella conica* Pers. та *Morchella steppicola* Zerova, які відносяться до родини Morchellaceae (Sacc.) Eckbl., порядку Pezizales, підкласу Pezizomycetidae, класу Ascomycetes, відділу Ascomycota [12]. Камеральна обробка зібраного матеріалу проводилася на кафедрі фізіології рослин ДонНУ за загальноприйнятими методиками мікологічних досліджень [1, 3, 7] із використанням визначників, монографій та ключів, присвячених досліджуваній групі грибів, українських та зарубіжних авторів [2, 9, 12]. Зібрані та визначені зразки зморшкових грибів інсеровано до гербарію Донецького національного університету (DNU).

Спорові відбитки отримували з плодових тіл, зібраних у природі, відповідно до описаних методик [1, 3, 7, 10]. Використовували аскоспори, які отримували шляхом випадання при природному висушуванні. Відбитки аскоспор отримували на стерильному предметному склі. Спори змивали стерильною дистильованою водою. Після чого методом розведень отримували необхідну концентрацію пропагул, яку встановлювали прямим підрахунком спор у встановленому об'ємі розчину. Суспензію аскоспор вносили до досліджуваних розчинів у однаковому об'ємі. Для проведення тестування використовували розчини різних джерел вуглецю (глюкоза, фруктоза, лактоза, мальтоза, рамноза, сахароза, маноза, інозит, сорбіт, маніт, дульцит, гліцерин), азоту (пептон, дріжджовий екстракт, сечовина, натрій азотнокислий, амоній азотнокислий, амоній сірчанокислий, амоній молібденовокислий, амоній лимоннокислий, лізин, орнітин) та розчини з різними значеннями кислотності. Всі використані розчини вуглецевих сполук містили еквівалентну 1% розчину глюкози кількість вуглецю. Розчини азотних сполук містили еквівалентну 1% розчину пептону кількість азоту. Для отримання розчинів із різними значеннями pH до дистильованої води додавали 10% NaOH або 1N HCl. У дослідах використовували розчини зі значеннями кислотності від 3 до 12. Як контроль використовували стерильну дистильовану воду.

Повторність усіх проведених експериментів дорівнювала п'яти. Обчислення проводили за допомогою пакетів прикладних комп'ютерних програм: Statistica 6, Excel 2003.

Результати та обговорення

При дослідженні впливу розчинів різних цукрів встановлено, що цукри впливають на кількість проросли спор, на характер проростання, а на швидкість проростання майже не впливають [6].

Додавання різних джерел вуглецю у суспензію аскоспор зморшка степового, окрім лактози й гліцерину, збільшувало кількість спор проросли однією ростовою трубкою порівняно з контролем (рис. 1). Кількість спор, що сформували одну ростову трубку становила від 10 до 40%, а в контролі цей показник дорівнює 7,69%. У той час як додавання лактози й гліцерину збільшувало кількість спор, що сформували дві трубки до 100 і 88,89%, відповідно. Всі інші цукри знижували цей показник до 58,33-85,71%. Аскоспори, що проросли трьома ростовими трубками відзначені в розчинах глюкози, мальтози, сахарози, манози, сорбіту, гліцерину, а також у дистильованій воді. А при додаванні таких цукрів, як глюкоза, мальтоза й сорбіт 6,67, 3,57 і 8,33% спор, відповідно, сформували чотири ростові трубки. Додавання лактози, інозиту, маніту, дульциту та гліцерину в суспензію аскоспор *M. conica* збільшувало кількість спор проросли однією ростовою трубкою при порівнянні з контролем. У розчині фруктози 100% спор проросли двома трубками, в розчинах таких джерел вуглецю, як глюкоза, фруктоза, рамноза, сахароза, маноза та сорбіт більша кількість спор, ніж в контролі, проросла двома трубками. В розчинах глюкози, мальтози та сорбіту, 5,88, 23,33 та 3,57% аскоспор, відповідно, проросли трьома ростовими трубками. В розчинах фруктози, сахарози, манози, сорбіту та маніту більша кількість спор *M. semilibera*, ніж в контролі, сформували дві ростові трубочки, ці ж розчини зменшували кількість спор, що проросли однією ростовою трубкою. В розчинах фруктози та манози 0,95 та 2,41% спор, відповідно, сформували три ростові трубки. А в розчині сахарози 2% спор сформували чотири ростові трубки. Більшість аскоспор *V. conica*, на відміну від попередніх видів, у контролі проросли однією ростовою трубкою. Глюкоза, лактоза та мальтоза зменшували, ніж у контролі, кількість аскоспор із однією ростовою трубкою та збільшували з двома. Спори з трьома ростовими трубками зареєстровані в розчинах глюкози, фруктози та лактози.

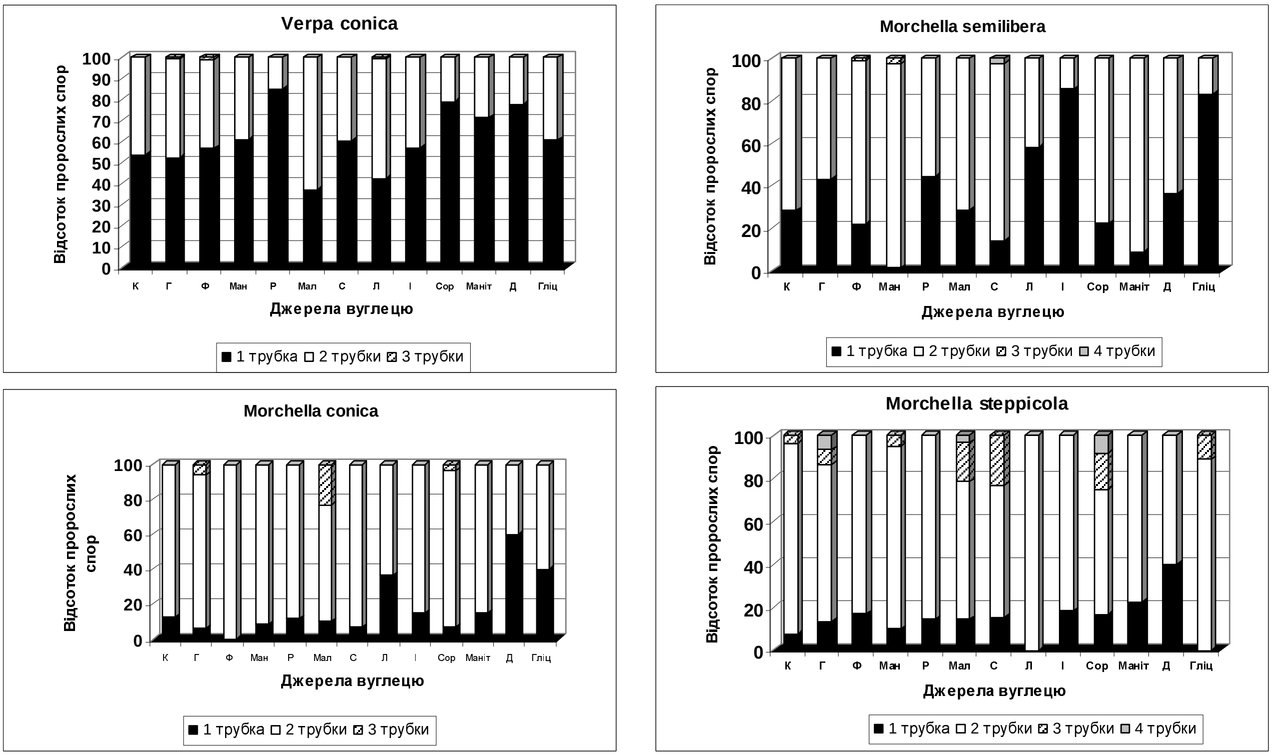


Рис. 1. Особливості формування ростових трубок зморшковими грибами в розчинах різних джерел вуглецю

Розчини різних сполук азоту по-різному впливають на швидкість, характер проростання, а також на кількість проросліх аскоспор зморшкових грибів [13]. У переважній кількості використаних розчинів більшість аскоспор *M. steppicola* проростали двома ростовими трубками (табл. 1). Однак в амонії азотнокислому по 50% спор проросли однією та двома трубками, а в розчинах нітрату натрію та амонію сірчанокислому більшість спор проросло однієї ростовою трубкою. Характер проростання спор *M. conica* подібний до проростання аскоспор *M. steppicola*. Лише в розчині сечовини більшість пропагул також проросли однією ростовою трубкою. В таких розчинах як пептон, $NaNO_3$, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$ та в контролі переважна більшість спор *V. conica* проростали однією ростовою трубкою, в дріжджовому екстракті та орнітині більшість аскоспор проросли двома трубками, а в розчині сечовини по 50% спор сформували одну та дві ростові трубочки. Більшість спор *M. semilibera* в розчинах пептону, сечовини, $NaNO_3$, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$ сформували одну ростову трубку. В дріжджовому екстракті та орнітині більшість спор проросли двома трубками. Формування трьох проросткових трубок відмічено для *M. conica* та *V. conica* в розчині дріжджового екстракту, а також для спор *M. conica* в розчині пептону.

При дослідженні характеру проростання аскоспор зморшків у розчинах із різними значеннями кислотності встановлено, що при порівнянні з контролем збільшується кількість аскоспор *V. conica* та *M. semilibera*, що проростають однією ростовою трубкою в усіх досліджених розчинах та, відповідно, зменшується кількість спор проросліх двома трубками (рис. 2). Формування трьох ростових трубок зареєстровано для спор *V. conica* в контролі та в розчині зі значенням pH = 7, для спор *M. semilibera* в контролі та в розчинах із кислотністю 6 та 8. Майже в усіх досліджених розчинах також збільшується кількість аскоспор *M. conica* при порівнянні з контролем, що проросли однією трубкою, за виключенням аскоспор, що культивувалися при pH = 7. У цьому ж розчині, на відміну від всіх інших, виявляється і більша кількість спор проросліх двома трубками ніж у контролі. Збільшується кількість аскоспор *M. steppicola*, проросліх однією ростовою трубкою, та зменшується відсоток спор проросліх двома трубками порівняно з контролем при значеннях pH: 4, 5, 11 та 12. В усіх варіантах досліду, більшість спор сформували дві трубки. Трьома ростовими трубками проросли спори *M. steppicola* та *M. conica* в розчинах із кислотністю 7 та 8.

Таблиця 1

Особливості формування ростових трубок зморшковими грибами в розчинах різних джерел азоту

Вид гриба	Кількість трубок	Кількість аскоспор (% від загальної кількості проросліх спор)							
			Джерела азоту						
		Контроль, H_2O	Пептон	Дріжджовий екстракт	Сечовина	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$(NH_4)_2SO_4$	Орнітин
Verpa conica	1	53,74	60,87	19,87	50	63,64	70	85,72	43,84
	2	46,26	39,13	79,55	50	36,36	30	14,29	56,16
	3	–	–	0,57	–	–	–	–	–
Morchella semilibera	1	28,09	51,85	22,69	80	64	61,82	53,85	34,04
	2	71,91	48,15	77,31	20	36	38,18	46,15	65,96
	3	–	–	–	–	–	–	–	–
Morchella conica	1	44,05	31,25	1,45	57,31	88,24	50	81,40	27,27
	2	55,95	59,38	97,98	42,69	11,76	50	18,60	72,73
	3	–	9,38	0,58	–	–	–	–	–
Morchella steppicola	1	29,63	30	3,92	29,41	80	50	76,92	33,33
	2	70,37	70	96,08	70,59	20	50	23,08	66,67
	3	–	–	–	–	–	–	–	–

Висновки

Встановлено, що аскоспори морхелових грибів можуть формувати від однієї до чотирьох ростових трубок. Розчини вуглецевих сполук залежно від виду зморшка по-різному впливають на особливості проростання аскоспор. Неорганічні сполуки азоту у всіх випадках пригнічують формування другої ростової трубки при порівнянні з контролем, а дріжджовий екстракт навпаки збільшує кількість аскоспор, що проросли двома трубками. В розчинах із різними значеннями pH, при порівнянні з контролем у *V. conica, M. conica* та *M. semilibera* збільшується кількість аскоспор, проросли однією трубкою, більшість спор зморшка степового формують дві трубки. Таким чином, за допомогою додавання до спорової суспензії певних речовин можна регулювати кількість ростових трубок у аскоспор зморшкових грибів.

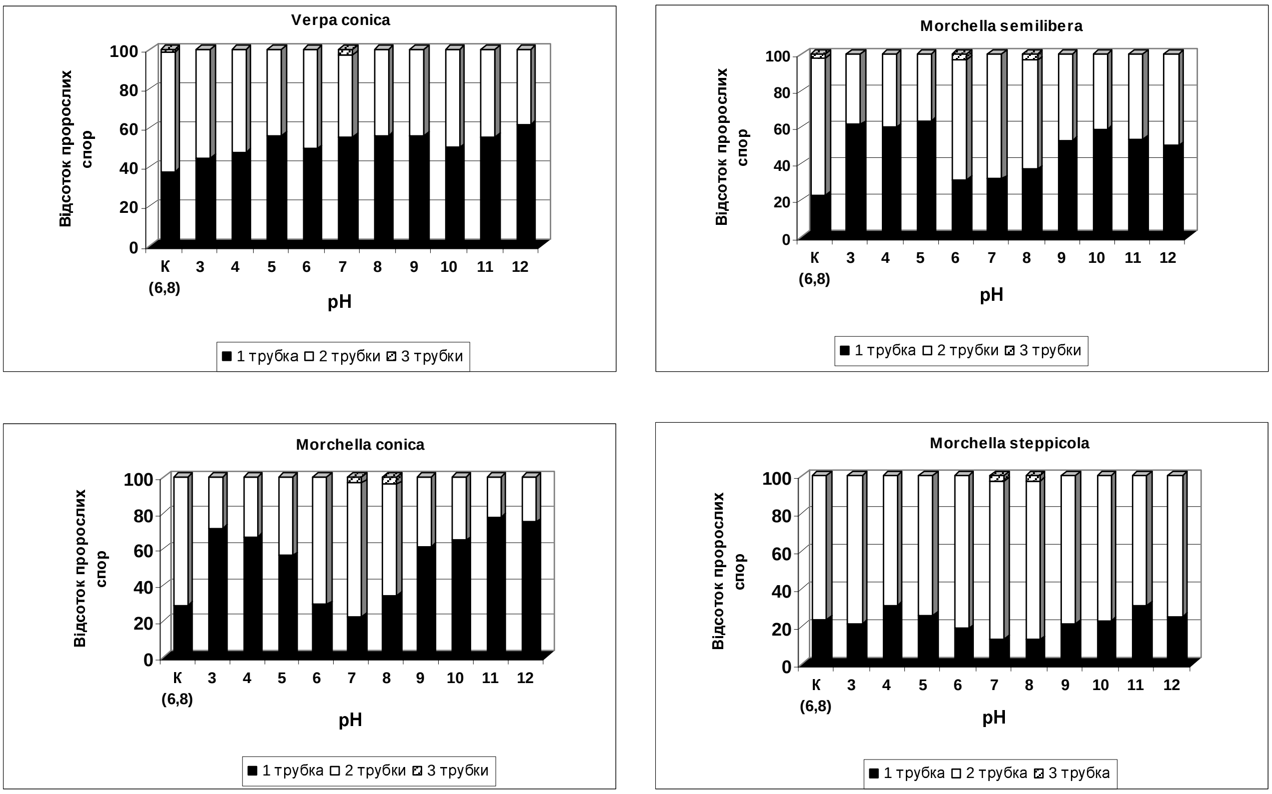


Рис. 2. Особливості формування ростових трубок зморшковими грибами в розчинах із різними значеннями кислотності

Список літератури

1. *Бухало А. С.* Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. – К.: Наук. думка, 1988 – 144 с.

2. *Визначник* грибів України / С. Ф. Морочковський, М. Я. Зерова, З. Г. Лавітська, М. Ф. Сміцька / Під ред. Д. К. Зерова. – К.: Наук. думка, 1969. – Т. 2. – 516 с.

3. *Высшие* съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер и др / Под ред. И. А. Дудки. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.

4. *Куткова О. В., Сухомлин М. М.* Сучасні дослідження родини Morchellaceae // Мат. V Всеукр. наук. конф. студентів та аспірантів “Біологічні дослідження молодих учених в Україні” (м. Київ, 15-16 вересня 2005 р.) – К.: Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка. –2005. – С. 55-58.

5. *Куткова О. В., Сухомлин М. М.* Умови проростання аскоспор *Morchella steppicola* та *M. conica* // Мат. Міжнар. конф. молодих учених-ботаніків "Актуальні проблеми ботаніки, екології та біотехнології" (м. Київ, 27-30 вересня 2006 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – С. 152-153.

6. *Кутковая О. В., Сухомлин М. Н., Куринчук О. П.* Влияние источников углерода на количество и характер прорастания аскоспор *Morchella steppicola* // Мат. читань, присвяч. 300-річчю з дня народж. К. Ліннея (м. Луганськ, 21-25 травня 2007 р.). – Луганськ: "Элтон-2", 2007. – С. 50.

7. *Методы* экспериментальной микологии: Справочник / Под ред. В. И. Билай. – К.: Наук. думка, 1982. – 583 с.

8. *Морозова Е. В., Баранова М. В., Козлов В. П., Терешина В. М., Меморская А. С., Феофилова Е. П.* Особенности экзогенного покоя конидий *Aspergillus niger* // Микробиология. – 2001. – Т. 70, № 5. – С. 611-619.

9. *Смицкая М. Ф.* Флора грибов Украины. Оперкулятные дискомицеты. – К.: Наук. думка, 1980. – 224 с.

10. *Сухомлин М. Н.* Изучение условий прорастания спор базидиомицетов для получения моноспоровых культур // Мікробіол. журн. – 2000. – Т. 62, № 3. – С. 3-8.

11. *Феофилова Е. П., Терешина В. М., Гарибова Л. В., Завьялова Л. А., Меморская А. С., Марышова Н. С.* Прорастание базидиоспор *Agaricus bisporus* // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 220-226.

12. *Ainsworth* & Bisby's dictionary of the fungi / Ed. K. M. Kirk, P. F. Cannon, J. C. David, J. C. Stalpers. 9 ed. – Wallingford: CAB International, 2001. – 655 p.

13. *Kutkova O.* Influence of various sources of nitrogen on germination of *Morchella steppicola* ascospores // Мат. ІІІ Міжнар. конф. молодих вчених "Розмаїття живого. Екологія. Адаптація. Еволюція", присв. 100-річчю з дня народж. М. Ф. Макаревич (м. Одеса, 15-18 травня 2007 р.). – Одеса, 2007. – С. 89-90.

14. *Mckellar R. L., Kohrman R. E.* Amino acid composition of the morel mushroom // J. Agric. Food Chem. – 1975. – Vol. 23, № 3. – P. 464-467.

15. *Pilz D., Molina R., Amaranthus M. P.* Productivity and sustainable harvest of edible forest mushrooms: Current biological research and new direction in federal monitoring // J. Sustainable Forest. – 2001. – Vol. 13, № 3-4. – P. 83-94.

16. *Prasad P., Chauhan K., Kandari L. S., Maikhuri R. K., Purohit A., Bhatt R. P., Rao K. S. Morchella esculenta* (Guchhi): Need for scientific intervention for its cultivation in Central Himalaya // Current Science. – 2002. – Vol. 82, № 9-10. – P. 1098-1100.

Кутковая О. В. **Влияние различных веществ на особенности прорастания аскоспор сморчковых грибов. –** Исследовано влияние разных источников углерода, азота и различных значений кислотности среды на особенности прорастания спор четырех видов сморчковых грибов. Установлено, что аскоспоры морхеловых грибов могут формировать от одной до четырех ростовых трубок. С помощью добавления в споровую суспензию определенных веществ можно регулировать количество ростовых трубок.

Ключевые слова: прорастание, аскоспоры, ростовые трубки, сморчки, *Morchella*.

Kutkova O. V. **Influence of various substances on peculiarity germination of morels ascospores. –** Influence of different sources of carbon, nitrogen and various values of an acidity of medium on features of germination ascospores of four species morels is investigated. It establishment, that of morels ascospores can form from one up to four growth tubes. With the help of adding in a sporous suspension of appointed substances it is possible to regulation an amount of growth tubes.

Key words: germination, ascospores, germ tubes, morels, *Morchella*.

УДК 576.8.095.3:628.35

В. Н. Шевкопляс[1], М. И. Бойко[2]

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ УГОЛЬНОГО ШЛАМА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, КАК ВОЗМОЖНЫХ ДЕСТРУКТОРОВ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА

[1]*Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН Украины 83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70*
[2]*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

Шевкопляс В. Н., Бойко М. И. **Идентификация и изучение некоторых физиологических показателей микромицетов, выделенных из угольного шлама обогатительной фабрики, как возможных деструкторов углеродного материала. –** Выделено из угольного шлама ЦОФ "Трудовская" г. Донецка чистые культуры 22 микромицетов, относящиеся к двум семействам: Moniliacea (21 культура), порядок Moniliales и Mortierella (1 культура), порядок Mucorales. Культуры микромицетов на питательных средах с разными источниками углеродного питания выявляли неодинаковую физиологическую активность. Они способны в определенной мере утилизировать гумат калия, содержащийся в питательной среде в высоких концентрациях.

Ключевые слова: микромицеты, угольный шлам, физиологическая активность, источники углерода.

Введение

Для биоконверсии природных органических углеродных материалов используют бактерии и грибы различной видовой принадлежности. Авторами [1] проведены исследования по выделению микрофлоры в горных выработках угольных шахт Западного Донбасса. В результате работы получены микромицеты родов *Penicillium* и *Aspergillus* и бактерии рода *Pseudomonas*, способных окислять метан угольных пластов. Для снижения количества метана в шахтных выработках используются метанотрофные бактерии *Methylomonas metanica* [2], *Metylicystis capsulatus* и *Metylicystis parvus* [3]. При проведении биогазификации углей можно применять метанообразующие анаэробные бактерии с целью получения из них водорода и метана в смеси с другими углеводородами [4]. При удалении из углей пиритной и органической серы применяют бактерии, способные использовать для своей жизнедеятельности энергию, высвобождающуюся при окислении железа и серы [5]. Биотрансформация, которая предполагает первоначальное культивирование микроорганизмов на жидких питательных средах с различными источниками легкоусвояемого углерода и последующая биодеструкция углеродных материалов в культуральной жидкости микромицетов, обогащенной внеклеточными белками и энзимами [6-8].

Цель работы – выделение и определение родовой принадлежности микромицетов угольного шлама обогатительной фабрики и изучение их некоторых физиологических показателей, как возможных деструкторов углеродного материала.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта поиска микромицетов был взят угольный шлам из илонакопителя ЦОФ "Трудовская" г. Донецка. Для выделения чистой культуры использовали метод, описанный в работе [9]. Чашки Петри с посевным материалом помещали в термостат на 1-3 суток при температуре 30^0С для более интенсивного прорастания культуры. Затем проводили осмотр чашек Петри и изолированные друг от друга колонии с помощью микробиологического крючка переносили на стерильную агаризованную картофельно-сахарозную среду в пробирках. Данный метод позволил выделить из угольного шлама чистые культуры 22 микромицетов. Идентификацию культур осуществляли по общепринятым методам [10-12].

Микромицеты культивировали на питательной среде следующего состава, (г/л): KH_2PO_4 – 0,5; Na_3PO_4 – 0,5; NH_4NO_3 – 0,5; $CaCl_2{\cdot}2H_2O$ – 0,1; KCl – 0,1; $FeSO_4{\cdot}7H_2O$ – 0,1; $MgSO_4{\cdot}7H_2O$ – 0,1, глюкоза – 20, вода до 1 л. Также использовали картофельную среду с сахарозой в количестве 20 г/л (КСС) [13].

Чтобы оценить способность микромицетов деструктировать высокомолекулярные органические соединения, в качестве дополнительного источника углерода и энергии к питательным средам добавляли водорастворимые фракции бурых углей – гуматы калия (ГК), полученные по стандартной методике [14], в количестве 0,05, 0,25 и 1 г ГК/100 мл

Приготовленные питательные среды автоклавировали в автоклаве АГ-1 при давлении 1,5 атм. в течение 45 мин. После автоклавирования и охлаждения питательные среды инокулировали выделенными микромицетами. Культивирование микромицетов осуществляли в течение 15, 30 суток при температуре 20-22^{0}С. Содержание белка в культуральной жидкости грибов определяли по Бредфорду [15], накопление биомассы – весовым методом, после ее высушивания в сушильном шкафу при температуре 105^{0}С, изменение рН среды в процессе роста микромицетов регистрировали на рН-метре 340.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью дисперсионного анализа, а сравнение средних арифметических величин с использованием критерия Стьюдента [16].

Результаты и их обсуждение

Идентификация выделенных микромицетов

Микроскопические исследования, выделенных из угольного шлама грибов, проведены с помощью микроскопа МБЛ-1 при увеличении х300-600. Для определения видовой принадлежности грибов использовали методики [11, 12]. При этом основным критерием идентификации изучаемых микромицетов является внешний вид мицелия, его окраска и наличие спорангиев или конидиеносцев. Установлено, что выделенные культуры относятся к двум семействам: Moniliacea (21 культура), порядок Moniliales и Mortierella (1 культура), порядок Mucorales.

Микроскопирование представителей семейства Moniliacea показало, что они относятся к роду *Penicillium* для которого характерно наличие хорошо разветвленного многоклеточного мицелия. Конидиеносцы неокрашенные с поперечными перегородками, прямые и лежачие, отходят от субстратного или поверхностного мицелия. На верхушке имеют кистеобразное разветвление. Иногда конидиеносцы объединяются в пучки (коремии). По характеру разветвления кисти микромицетов рода *Penicillium* делятся на четыре секции (Monoverticillata, Assimetrica, Biverticillata и Poliverticullata). По типу конидий исследуемые микромицеты были отнесены к двум секциям: Monoverticillata и Biverticillata. Как представители секции Monoverticillata определены два вида микромицетов и обозначены *Penicillium sp.* 3-98 и *Penicillium sp.* 8-98. Представители секции Biverticillata (19 видов) обозначены как *Penicillium sp.* 15 – *Penicillium sp.* 33, соответственно. Для всех представителей рода *Penicillium* характерно наличие конидий, окрашенных в зеленый цвет.

Установлено, что представитель семейства Mortierella относится к роду *Mortierella*, секция Stylospora и обозначен как *Mortierella sp. 5A.* Данная секция характеризуется наличием у гриба белого бархатистого неокрашенного мицелия. Стилоспорангий шиловидный, имеет у основания неправильно-мутовчатые и частично моноподиальные разветвления, отходящие от гиф субстратного и воздушного мицелия. Веточки спорангиеносцев короткие, собранные по 2-6 на верхушке спорангиеносцев и расположены по 1-2 ближе к основанию. Стилоспоры шаровидные, частично и неправильно шаровидные с мелко ямочной оболочкой, обычно с каплей жира, неокрашенные.

Данные, характеризующие некоторые физиологические показатели изученных микромицетов, произраставших на питательной среде с глюкозой, представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что при одинаковых условиях культивирования грибы проявляли разную физиологическую активность, которая выражается в количестве накопления ими биомассы, белка в культуральной жидкости (КЖ) и изменении рН среды в процессе роста микромицетов. Так, например, наибольшее количество биомассы накапливала культура *Penicillium sp.* 17 и *Penicillium sp.* 32 (6,7 г/л), а минимальное – *Penicillium sp.* 24 (3,2 г/л).

Таблица 1

Характер накопления биомассы, белка и изменения pH среды культурами микромицетов, произраставшими на питательной среде с глюкозой

Микромицет	Биомасса, г/л	Количество белка в КЖ, мкг/мл	pH среды	
	M ± м	M ± м	до опыта	после опыта
Mortierella sp. 5A	5,6 ± 0,2	22,2 ± 2,1	5,8	6,3
Penicillium sp. 15	4,1 ± 0,6	25,0 ± 3,9	5,8	5,1
Penicillium sp. 16	4,7 ± 0,9	15,3 ± 3,4	5,8	3,2
Penicillium sp. 17	6,7 ± 0,5	22,2 ± 3,8	5,8	3,3
Penicillium sp. 18	4,8 ± 0,4	21,7 ± 6,5	5,8	3,6
Penicillium sp. 19	3,2 ± 0,6	36,2 ± 6,0	5,8	3,2
Penicillium sp. 20	4,6 ± 1,3	18,1 ± 2,9	5,8	3,2
Penicillium sp. 21	3,0 ± 0,3	31,2 ± 4,4	5,8	3,1
Penicillium sp. 22	5,1 ± 0,8	23,3 ± 6,9	5,8	4,6
Penicillium sp. 23	4,2 ± 0,3	25,7 ± 4,0	5,8	3,9
Penicillium sp. 24	3,2 ± 0,5	60,5 ± 5,4	5,8	3,5
Penicillium sp. 25	3,4 ± 0,6	30,0 ± 4,5	5,8	4,2
Penicillium sp. 26	3,9 ± 0,4	23,8 ± 6,7	5,8	3,1
Penicillium sp. 27	3,2 ± 0,3	57,9 ± 7,7	5,8	5,2
Penicillium sp. 28	3,4 ± 0,4	63,1 ± 7,5	5,8	3,0
Penicillium sp. 29	4,2 ± 0,2	27,2 ± 1,6	5,8	4,1
Penicillium sp. 30	5,0 ± 1.2	22,9 ± 2,1	5,8	3,2
Penicillium sp. 31	5,0 ± 1,0	32.4 ± 3,2	5,8	3,6
Penicillium sp. 32	6,7 ± 0,9	18,3 ± 4,7	5,8	4,4
Penicillium sp. 33	4,1 ± 0,6	44,1 ± 7,5	5,8	3,5
Penicillium sp. 3-98	4,6 ± 1,2	33,3 ± 2,5	5,8	3,8
Penicillium sp. 8-98	3,5 ± 0,7	57,4 ± 7,2	5,8	4,1

Если исследуемую группу микромицетов разбить на 4 класса с интервалом в одну единицу, то в классах от 3 до 4 и от 4 до 5 г биомассы на литр находится по 8, в классе от 5 до 6 г/л – 4 и в классе от 6 до 7 г/л – 2 культуры грибов.

Данные табл. 1 также свидетельствуют о том, что грибы обладают разной способностью продуцировать белок в культуральную жидкость. Причем культуры *Penicillium sp. 17* и *sp. 32* образующие наибольшее количество сухой биомассы, по количеству выделенного белка в питательную среду занимают последнее место (22,2 и 18,3 мкг/мл соответственно). В свою очередь культуры *Penicillium sp. 24* и *sp. 28*, накопившие наименьшее количество биомассы, образуют белка больше остальных (60,5 и 63,1 мкг/мл соответственно). Остальные культуры по продуцированию белка в среду занимают промежуточное место.

В процессе роста грибов наблюдалось изменение pH питательной среды по сравнению с исходным ее значением. Так, все культуры *Penicillium* подкисляют питательную среду на разное число единиц pH. Культуры *Penicillium sp. 15, sp. 27* подкисляют среду на 0,7 и 0,6 ед. pH соответственно, культуры *Penicillium sp. 22, sp. 25, sp. 29, sp. 32* и *sp. 8-98* – больше единицы pH, а культуры *Penicillium sp. 16, sp. 17, sp. 18, sp. 19, sp. 20, sp. 21, sp. 23, sp. 24, sp. 26, sp. 28, sp. 30, sp. 31, sp. 33* и *sp. 3-98* – на две и больше единиц pH. В свою очередь культура *Mortierella sp. 5A* в процессе развития осуществляла подщелачивание среды. Это свидетельствует о том, что культуры *Penicillium* в процессе роста выделяют в питательную среду метаболиты кислой природы, а культура *Mortierella sp. 5A* – метаболиты щелочной природы. Не исключено, что среди этих метаболитов присутствуют ферменты, способные расщеплять определенные субстраты, находящиеся в питательной среде.

В табл. 2 представлены результаты исследований по влиянию различных источников углерода в питательной среде на физиологическую активность микромицетов. Для эксперимента взяты 2 культуры *Penicillium sp. 3-98* и *Penicillium sp. 8-98* и культура *Mortierella sp. 5A.*

Таблица 2

Влияние источников углерода на физиологическую активность микромицетов (время культивирования 30 сут.)

Микромицет	Источник углерода	Биомасса, г/л	Количество белка в КЖ, мкг/мл	pH среды	
				до опыта	после опыта
		M ± м	M		
Mortierella sp. 5A	КСС	8,0 ± 0,6	1,6	6,3	7,1 ± 0,2
Mortierella sp. 5A	глюкоза	5,4 ± 0,7	3,0	6,7	6,4 ± 0,2
Mortierella sp. 5A	глицерин	11,4 ± 0,2	3,0	6,6	5,1 ± 0,1
Penicillium sp. 3-98	КСС	5,8 ± 0,2	4,5	6,3	6,3 ± 0,6
Penicillium sp. 3-98	глюкоза	3,0 ± 0,2	0,7	6,7	3,7 ± 0,1
Penicillium sp. 3-98	глицерин	5,0 ± 0,3	0,7	6,6	3,4 ± 0,3
Penicillium sp. 8-98	КСС	5,8 ± 0,1	20,7	6,3	7,4 ± 0,2
Penicillium sp. 8-98	глюкоза	4,2 ± 0,1	3,4	6,7	6,7 ± 0,4
Penicillium sp. 8-98	глицерин	3,4 ± 0,3	16,6	6,6	7,0 ± 0,1

Из табл. 2 видно, что лучшим источником углерода для накопления биомассы и белка в КЖ *Mortierella sp. 5A* является трехуглеродное соединение – глицерин. Наименьшее количество биомассы накапливалось этим грибом на среде с глюкозой (5,4 г/л). Рост *Mortierella sp. 5A* на картофельно-сахарозной среде осуществлялся достоверно лучше, чем на среде с глюкозой, но достоверно хуже, чем на среде с глицерином. В свою очередь на среде с глюкозой наблюдалось, примерно, в два раза больше образования белков, чем на среде КСС.

Для грибов рода *Penicillium* (см. табл. 2) лучшей средой для накопления сухого вещества и белка являлась картофельно-сахарозная среда. На среде с глицерином ростовые процессы *Penicillium sp. 3-98* осуществлялись лучше, чем на среде с глюкозой, а для культуры *Penicilium sp. 8-98* – наоборот. Изменение pH среды в результате жизнедеятельности грибов осуществлялось в меньшей мере, чем в предыдущем опыте. Это свидетельствует о том, что выбранное исходное значение pH сред находилось вблизи оптимального для роста грибов значения pH.

Следующим этапом исследований было установление способности микромицетов использовать для своего роста и развития высокомолекулярные органические соединения, содержащиеся в питательной среде. Эти эксперименты проведены на минеральной среде Чапека, которая в качестве единственного источника углерода содержала гумат калия в концентрации 0,1%.

Установлено, что физиологические показатели микромицетов, произраставших на среде Чапека с гуматом калия снижаются по сравнению с питательной средой, которая ранее использовалась (см. табл. 1). Можно отметить, что микромицеты способны расти и накапливать белок на среде с гуматом калия, но в меньшей мере.

Поэтому в дальнейших экспериментах по биоконверсии ГК использовали питательные среды, содержащие как ГК, так и легкоусвояемый источник углерода, в качестве которого использовали глюкозу (табл. 3). Культивирование грибов осуществляли в течение 15 суток при температуре 25°С.

Таблица 3

Влияние различных концентраций ГК на физиологические процессы микромицетов, произраставших на питательной среде с глюкозой (20 г/л)

Микромицет	Концентрации ГК, %	Биомасса, г/л	pH среды	
			до опыта	после опыта
Mortierella sp. 5A	Контроль	6,8	6,6	5,5
Mortierella sp. 5A	1	6,0	6,6	6,6
Mortierella sp. 5A	5	5,4	6,6	7,0
Mortierella sp. 5A	10	4,4	6,6	7,1
Mortierella sp. 5A	20	3,6	6,6	7,2
Penicillium sp. 3-98	Контроль	13,0	6,6	3,5
Penicillium sp. 3-98	1	11,2	6,6	8,0
Penicillium sp. 3-98	5	6,8	6,6	5,3
Penicillium sp. 3-98	10	5,8	6,6	6,3
Penicillium sp. 3-98	20	3,0	6,6	6,5
Penicillium sp. 8-98	Контроль	4,0	6,6	5,1
Penicillium sp. 8-98	1	3,6	6,6	6,0
Penicilium sp. 8-98	5	2,4	6,6	6,5
Penicillium sp. 8-98	10	1,8	6,6	7,1
Penicillium sp. 8-98	20	1,6	6,6	7,3

Из табл. 3 видно, что наибольшее количество грибной биомассы образовывалось на контрольных средах. На этих средах осуществлялось значительное подкисление питательных сред. Концентрации 1, 5, 10 и 20% гумата калия, находящегося в среде, вызывали ингибирование ростовых процессов исследованных микромицетов, что отразилось на накоплении сухих веществ грибов. Присутствие в среде ГК у всех грибов вызывало подщелачивание культуральной жидкости.

Это говорит о том, что под влиянием высоких концентраций ГК происходило нарушение определенных звеньев метаболизма, что отразилось на образовании биомассы микромицетами. Однако присутствие в питательной среде глюкозы благоприятствовало биоконверсии гумата калия грибами.

Выводы

Из угольного шлама ЦОФ "Трудовская" г. Донецка выделено 22 чистые культуры микромицетов, которые относятся к семейству Moniliaceae, род *Penicillium,* секция Monoverticillata и обозначены как *Penicillium sp. 3-98* и *Penicillium sp. 8-98.* Остальные представители рода *Penicillium* (19 культур) отнесены к секции Biverticillata и обозначены как *Penicillium sp. 15 – Penicillium sp. 33,* соответственно. Один выделенный микромицет отнесен к семейству Mortierella, секция Stylospora и обозначен как *Mortierella sp. 5A.*

На питательных средах с разными источниками углеродного питания микромицеты проявляют неодинаковую физиологическую активность. Оптимальной средой для роста и развития гриба *Mortierella sp. 5A* является питательная среда с глицерином, а для грибов *Penicillium sp. 3-98* и *Penicillium sp. 8-98* – картофельно-сахарозная среда.

Концентрации 1, 5, 10 и 20% гумата калия, находящегося в питательной среде, вызывают ингибирование ростовых процессов исследованных микромицетов. Исследованные микромицеты способны в определенной мере утилизировать гумат калия, находящийся в высоких концентрациях в питательной среде. Не исключено, что низкие концентрации гумата калия будут вызывать стимулирование ростовых процессов данных микромицетов. Это предположение требует экспериментальной проверки.

Список литературы

1. *Курдиш И. К., Рой А. А., Коваль Э. З., Антонюк Т. С.* Микрофлора горных выработок угольных шахт Западного Донбасса // Мікробіологічний журнал. – 1998. – Т. 60, № 1. – С. 3-10.

2. *Apel W. F., Dugan P. R.* Influence kaolin on methane oxidation by *Methylomonas methanica* in gas phase bioreactors // Fuel. – 1992. – V. 71, N 7. – P. 805-808.

3. *Курдиш И. К.* К вопросу об эффективности применения отдельных видов метанотрофов для снижения метановыделения в угольных шахтах // Мікробіологічний журнал. – 1977. – № 59. – С. 86-92.

4. *Shumkov S., Terehova S.* Coal biogasification on combined aerobic-anaerobic bioreactor // 9th Intern. Conf. on Coal Sciene (Essen, Germany). – 1997. – V. 3. – P. 1757-1760.

5. *Martiner O., Aller A., Alonso T., Gomez E., Moran A.* Biodesulfirization of coal from the north of Lion (Spain) // 8th Intern. Conf. on Coal Science (Oviedo, Spain). – 1995. – V. 2. – P. 1749-1752.

6. *Laborda F., Redondo M., Luna N., Monistrol I.* Characterization of liguefaction / solubolization mechanisms of Spanish coals by newly isolated microorganisms // 8th Intern. Conf. on Coal Science (Oviedo, Spain). – 1995. – V. 2. – P. 1387-1390.

7. *Gasco L.* Radiation pretreatment of low rank coals for further bioconversion // 9th Intern. Conf. on Coal Science (Essen, Germany). – 1997. – V. 3. – P. 1587-1590.

8. *Schmiers H., Kopsel R., Weber A., Winkelhofer M., Grosse S.* Change in brown coal structure caused by coal-solubilization microorganisms // 9th Inter. Conf. on Coal Science (Essen, Germany). – 1997. – V. 3. – P. 1685-1688.

9. *Основы* медицинской микробиологии / Под ред. С. В. Коршунова. – М.-Л.: Госиздат, 1930. – Т. 1. – 689 с.

10. *Методы* экспериментальной микологии / Под ред. В. И. Билай. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.

11. *Пидопличко Н. М., Милько А. А.* Атлас мукоральных грибов. – К.: Наук. думка, 1971. – 115 с.

12. *Визначник* грибів України / Відп. ред. Д. К. Зерова. – К.: Наук. думка, 1971. – 696 с.

13. *Семенов С. М.* Лабораторные среды для актиномицетов и грибов: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 291 с.

14. *Тайц Е. М., Андреева И. А.* Методы анализа и испытание углей. – М.: Недра, 1983. – 301 с.

15. *Дебре А.* Практическая химия белка. – М.: Мир, 1980. – 623 с.

16. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 291 с.

Шевкопляс В. М., Бойко М. І. **Ідентифікація та вивчення деяких фізіологічних показників мікроміцетів, виділених із вугільного шламу збагачувальної фабрики, як можливих деструкторів вуглецевого матеріалу.** – Виділено із вугільного шламу ЦЗФ "Трудовська" м. Донецька чисті культури 22 мікроміцетів, які відносяться до двох родин: Moniliacea (21 культура), порядок Moniliales та Mortierella (1 культура), порядок Mucorales. Досліджені культури на живильних середовищах з різними джерелами вуглецевого живлення виявляють неоднакову фізіологічну активність. Вони здатні відповідно утилізувати гумат калію, що знаходився у високих концентраціях у живильних середовищах.

Ключові слова: мікроміцети, вугільний шлам, фізіологічна активність, джерела вуглецю.

Shevkoplyas V. N., Boyko M. I. **Identification and study of some physiological parameters of micromycetes discharqed from coal slime of enriching factory as possible distructors of carbonic stuff**. – Pure cultures of 22th mycromycetes was discharged from coal slime of CEF "Trudovskaya" in Donetsk. Micromycetes are Family Moniliaceae Order Moniliales (21 cultures) and Family Mortierella Order Mucorales (1 culture). Research cultures show different physiological activities on the nutrient medium with different sources of carbonic nutrition. In adeguate measure they can utilize potassium humate in high concentrations in the nutrient medium.

Key words: micromycetes, coal slime, physiological activity, carbon sources.

УДК 541.515 + 577.3

В. М. Билобров

ВОЛНОВАЯ ГЕНЕТИКА

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

Билобров В. М. **Волновая генетика. –** Рассмотрен один из механизмов участия генома в процессах организации и самоорганизации живого в онто- и филогенезе.

Ключевые слова: волновая генетика, геном, самоорганизация.

Недавно усилиями огромной международной армии генетиков был расшифрован геном человека. На результаты этой работы возлагались огромные надежды. Однако получен более чем скромный результат. Так, дано по существу лишь объяснение как синтезируются белки, в то время как в предыдущем разделе этого обзора уже отмечалось, что усилиями нескольких поколений исследователей с большой вероятностью установлено, что ядерная ДНК содержит в себе необъятные программы, определяющие всю пространственно-временную структуру биосистем, все их изменения на протяжении многомиллиардолетней эволюции живого, а также всех этапов созревания, развития и старения данного индивидуального организма. Однако оказалось, что вся эта информация, а также информация, касающаяся основной проблемы феномена Жизни – механизма её воспроизведения – снова ускользнула от участников этого проекта века, так и оставшись не раскрытой. То есть, по-прежнему осталось непонятным, каким же образом в хромосомах кодируется пространственно-временная структура высших биосистем.

Вместе с тем еще в середине прошлого столетия А. Г. Гурвич считал, что необходимо ввести понятие биологического поля – "эквивалента хромосомы", а хроматин, по его мнению, и является носителем этого активного поля в неравновесном состоянии. В 90-е годы экспериментально продемонстрирована (F. A. Popp) лазерная накачка ДНК in vivo. Примерно в тоже время А. А. Любищев уже считал, что ген следует признать субстанцией нематериальной. В последующем, рядом авторов в многолетних фундаментальных исследованиях так называемого "зеркального цитопатического эффекта" показано, что живые клетки, разделенные кварцевым стеклом действительно способны обмениваться стратегической регуляторной информацией и, следовательно, существование волнового канала связи между клетками не вызывало сомнения. Однако все эти фундаментальные свойства биосистем не имели теоретической интерпретации. Поэтому предстояло обеспечить этот феномен физико-математическим формализмом, дать ему теоретико-биологическою базу, а также развить и углубить методологию эксперимента. Для этого в ряде работ П. П. Горяев (с сотрудниками) решали следующую комплексную задачу.

Показать принципиальную возможность работы генома эукариот, с одной стороны, на уровне вещества, а с другой – на уровне поля. Результаты таких исследований должны были дать новое понимание работы генома высших биосистем на основе идей синтеза материального и волнового уровня его функций. Это, в свою очередь, должно было стать основой новых мировоззренческих представлений о феномене Жизни, как о космо-планетарном явлении.

Кроме этого, автор ставил также стратегическую цель создания искусственных ДНК-логических устройств (биокомпьютеров) с использованием волновых (голографических и солитонных) принципов памяти, сравнимой по возможностям (и по механизму) с генетической. Был начат и теоретический анализ этих феноменов с привлечением формализма солитонообразования и явления, так называемого, "возврата Ферми-Паста-Улама".

По мнению П. П. Горяева и сотр., кодирующую иерархию хромосомного аппарата эукариот можно представить следующим образом.

Вещество представлено хромосомной ДНК, на одномерной кодирующей структуре которой записан триплетный генетический код, а "речевые" фракталы полинуклеотидных последовательностей ДНК более длинные, чем триплеты кодов, кодируют информацию на другом – "словесно-образном" уровне.

Таким образом, поле в хромосомном аппарате представлено образными электромагнитными и (или) акустическими структурами, которые считываются с полиядерного голографического континуума генома.

Через призму этих представлений автором подробно рассматривались информационные отношения между различными внутриклеточными системами: матрикса цитоскелета, белок-синтезирующего аппарата и хромосомами. Высказано ряд оригинальных идей о волновом функционировании генома высших биосистем и возможности его к пространственно-волновому кодированию.

Показано, что результаты проведенных автором соотношений многочисленных экспериментов и экспериментов по дистантной передаче волновых морфогенетических сигналов коррелируют между собой. Показано также, что явление самоорганизации волновых (акустических) процессов в ДНК следует ожидать только при условии кооперативных процессов на уровне фрагментов ДНК, приближающихся к структуре хромосом.

Нелинейная динамика ДНК, её гидродинамическое поведение и акустика оказываются чрезвычайно чувствительными к внешним физическим воздействиям in vitro: к разбавлению – концентрированию, нагреву – охлаждению, ультразвуковому облучению, механическим воздействиям, ИК-лазерному облучению и к другим электромагнитным полям. В эксперименте показано, что эти и аналогичные факторы оказывают влияние и на генетический аппарат in vivo, искажая при этом функции хромосом.

Совершенно необычным представляется обнаруженное автором раннее неизвестное явление последействия ДНК и её фантомной памяти. Это явление ставит проблему о новом типе памяти ДНК, и вероятно как-то сочетается с феноменом памяти коры мозга.

Феномен фантомной памяти ДНК был обнаружен в следующем эксперименте. Герметически закрытый препарат ДНК помещался в зону облучения спектрофотометра Malvern. После удаления образца из кюветного отделения лазерный луч продолжал рассеиваться на "пустом" месте кюветного отделения. Эффект фантома ДНК, после однократного часового экспонирования препарата ДНК, продолжался около месяца, а затем постепенно уходил за пределы разрешающей способности прибора и мог быть снова воспроизведен. Представляется, что в данном случае зондирующие фотоны рассеивались не только на реальных фрагментах ДНК, но и на её фантомах, оставляемых броунирующими молекулами этого суперинформационного биополимера.

Фантомная память ДНК является весьма экзотическим явлением, и её адекватная трактовка – дело будущего. Этот феномен сейчас может рассматриваться в качестве подтверждения постулата Гурвича-Любищева-Казначеева о биополевой природе информации. Таким образом, в биообъекте совмещается единство "волна – частица", "вещество – поле", принятое в квантовой термодинамике. То есть, "ген – вещество" и "ген – поле" не только не исключают друг друга, а напротив – дополняют. То, что живое вещество совмещает эти фундаментальные свойства материи и использует их в качестве основы для волнового и энергоинформационного метаболизма, автору этой концепции представляется естественным и логичным.

Предложена и другая форма описания этих процессов в генетическом аппарате высших биосистем. Суть её заключается в связи квази-речевых характеристик процессов в генетическом аппарате с процессом словообразования в человеческих языках. Так, оказывается, что развитие языков и человеческой речи также подчиняется законам формальной генетики (см., например, [1] и цит. там литературу). То есть, "тексты" ДНК, письменность людей и их речь выполняют одни и те же регуляторные функции, хотя разнесены по разным фрактальным масштабам. Применение теории фракталов к последовательностям ДНК и структуре человеческих текстов позволило автору отойти от использования таких специфических терминов как "слово", "текст", "грамматика", "пунктуация" и др., так как выяснилось, что ДНК и человеческая речь обладают идентичной фрактальной структурой. Предполагается, что это каким-то образом коррелирует и с фрактальной структурой акустического и электромагнитного поля, генерируемого хромосомным аппаратом высших биосистем. Эта методология позволяет, по мнению автора, сопоставлять последовательности ДНК, РНК, оценивать меру их сходства, различий, и относительной сложности. Эта же методология применима и к анализу человеческой речи.

Все это подтверждает предположение о родстве знаковых структур ДНК и речевых образов. Кстати, имеется много аргументов и прямых доказательств в пользу того, что основа всех языков совпадает, то есть человеческие языки инвариантны для всех людей. По мнению Горяева эта инвариантность распространяется гораздо глубже, достигая макромолекулярных смысловых ("речевых") структур хромосом. По-видимому, как развитие идей, так и экспериментальных исследований в области волновой и "речевой" генетики требует определенных предосторожностей, а возможно и некоторых формальных запретов.

Здесь, очевидно, в пору заметить, что электромагнитное и акустическое излучение белков, нуклеиновых кислот, мембран и цитоскелета известно довольно давно. Считается, что это волновой уровень информационных контактов элементов клеточно-тканевого пространства, который на определенном языке и выражает особенности метаболических процессов. Такие биоинформационные потоки, связанные с обменом вещества и энергии, не ограничиваются только делением на вещество и поле, а многократно умножаются фрактальными рядами. Это дополнительно усложняет анализ информационных контактов биоструктур. Автор предполагает, что в живых клетках существует иерархия вещественно-волновых структур, определяющая их фрактальность и, таким образом то, что в одном масштабе представлено "словом", в другом (более крупном масштабе) будет является лишь буквой и т.д. Кроме того, сдвиг на одну "букву" (или же небольшое изменение фазы, частоты, амплитуды и поляризации) может существенно поменять смысл читаемого текста. Более того, сам текст на одних и тех же последовательностях ДНК может быть записан разными языками.

Известный триплетный 4-буквенный генетический код следует понимать как исходную позицию, составляющую лишь ≈ 1-1,5% от массы геномной ДНК, а оставшаяся большая часть ДНК (которая в понимании большинства генетиков является "мусором") несет, по-видимому, стратегическую информацию о биосистеме в форме волновых сигналов солитонной, голографической и иной образно-знаковой или рече-подобной формах.

В соответствии с духом изложенного выше материала, автор придерживается и оригинальной точки зрения на происхождение жизни на Земле.

Так, он считает, что процесс естественной эволюции абиогенно возникшего "первичного бульона" из органических молекул – предшественников РНК, ДНК, белков и других компонентов биосистем, сочетался с Актом введения экзобиологической информации в первые нуклеиновые кислоты и эта информация была речеподобной. То есть, по мнению П. П. Гаряева, действительно "В начале было слово …". И эти слова были фрактальными. Сначала – триплетный код из 4-х букв, далее, – из 20 буквенной азбуки белков, а потом пошли более высокие языки в духе тех, которые схематически изложены выше.

В сотрудничестве с другими исследовательскими коллективами автором была создана и апробирована система регистрации искусственных ("разумных") сигналов. Здесь отметим лишь факт регистрации in vivo адекватной реакции растений и инвариантность её (см. выше) по отношению к языку. Это еще раз иллюстрирует мысль автора, что "тексты" ДНК и человеческая речь близки, по крайней мере, по отношению к собственным фрактальным структурам.

Автор делает вывод, что антропогенный электромагнитный смог, окружающий нашу планету опасен и, прежде всего, по причине высокой вероятности синтеза электромагнитных аналогов "вредных" лексических структур, воздействующих на ДНК-акцептор. Такие искусственные воздействия на ДНК-акцептор были уже экспериментально воспроизведены. Наконец, автор не исключает Разумной манипуляции с генофондом Земли, как на заре эволюции, так и в наше время.

Список литературы

1. *Маковский М. М.* Лингвистическая генетика. – М., Наука, 1992.

Білобров В. М. **Хвильова генетика. –** Розглянуто один із механізмів участі генома в процесах організації та самоорганізації живого в онто- та філогенезі.

Ключові слова: хвильова генетика, геном, самоорганізація.

Bilobrov V. M. **Wave genetics. –** One of mechanisms of genome participation in processes of the organization and self-organizing alive in ontho- and filogenesis is considered

Key words: wave genetics, genome, self-organization.

УДК 541.1+616.613-003.7

Н. М. Богдан

О ВЫБОРЕ КАЛЬЦИЙ-СВЯЗЫВАЮЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ БИОМИНЕРАЛЬНЫХ ПАТОЛОГИЙ

Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН Украины
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70 *e-mail: n_bogdan@email.ua*

Богдан Н. М. **О выборе кальций-связывающих реагентов для растворения биоминеральных патологий. –** Исследованы различные комплексоны кальция в композициях для растворения фосфатных почечных конкрементов. Рассмотрены физико-химические аспекты применения краун-эфиров, фосфорорганических и поликарбонатных комплексонов в литолитических составах для неоперативного удаления Са-содержащих почечных конкрементов. Показано, что между константой связывания кальций – комплексон и скоростью растворения конкрементов нет прямой зависимости.

Ключевые слова: почечные конкременты, комплексоны, растворение.

Введение

Для проведения растворения кальций-содержащих камней различного химического состава непосредственно в почках людей в оптимальном режиме, литолитические композиции должны содержать целый набор активных компонентов. При этом основанием в пользу выбора того или иного комплексона, по-видимому, могут служить величины констант их связывания с ионами основных камнеобразующих компонентов камней (кальция, магния). Однако возможность последующего использования литолитических композиций в клинической практике накладывает дополнительные ограничения на выбор всех компонентов литолитических растворов и комплексонов, в частности. При этом, кроме термодинамической константы комплексообразования, следует также учитывать и скорость растворения конкрементов (кинетический параметр). Так, в результате низкой скорости растворения Са-содержащих конкрементов, были исключены кальцийтонин, кальмодулин и ряд других специфических Са-связывающих субстратов, присутствующих в организме человека и обладающих большими константами связывания кальция ($\geq 10^{30}$).

В настоящем сообщении нами будут рассмотрены три группы доступных Са-связывающих соединений: краун-эфиры, фосфорсодержащие комплексоны, а также поликарбоновые кислоты.

Результаты исследования и их обсуждение

Краун-эфиры представляют собой макроциклические комплексоны, особенностью которых является их избирательная комплексующая способность, с одной стороны, с другой – подобие строения, а также некоторых свойств с биоорганическими циклическими соединениями, выполняющими в биологических системах роль транспорта ионов (валиномицин, грамицидин [1]). Установлено, что наиболее эффективные комплексообразующие полиэфиры содержат в своем составе от 5 до 10 атомов кислорода. Эти соединения образуют комплексы соль – полиэфир состава 1: 1, 2 : 1 и даже 3 : 2 [2].

В последние годы, в связи с бурным развитием бионеорганической химии, исследователей все больше интересует взаимодействие биометаллов с биолигандами. К биолигандам, как известно, относятся аминокислоты, пептиды, белки, нуклеиновые кислоты (и их составляющие), различные метаболиты, витамины, лекарственные вещества, сахара, антисептики, фунгициды и т. д. В связи с этим особый интерес представляют циклические биолиганды, так как их структура и структура краун-эфиров сходна. Так, в работе [1] отмечается принципиальная аналогия комплексообразования антибиотиками и краун-эфирами.

Однако комплексующая способность краун-эфиров-18-крауна 6 и дибензо-18-крауна-6 в значительной степени определяется полярностью среды. При этом наиболее слабые комплексы краун-эфиры образуют в водной среде [3]. Поэтому для использования краун-эфиров с целью растворения почечных камней необходимо было увеличить комплексующую способность полиэфиров в воде. С этой целью представлялось интересным использование поверхностно-активных веществ (ПАВ). С одной стороны, с помощью ПАВ ожидалось увеличение растворимости краун-эфира в воде, а с другой – увеличения константы его комплексообразования с катионами. Можно было предположить, что в системе ПАВ – полиэфир – вода молекула комплекса будет находиться внутри мицеллы. Такую мицеллу (внутри которой находится полиэфир-комплексон), очевидно, можно рассматривать как новый комплексон, свойства которого будут отличны от свойств исходного полиэфира и ПАВа. При этом можно было ожидать и уменьшения токсических свойств полиэфиров. Это позволило бы расширить круг краун-эфиров-комплексонов для растворения почечных камней.

Было рассмотрено влияние ПАВов на растворимость одного из наиболее доступных краунов – дибензо-18-краун-6 в воде. Изменяя концентрацию и природу ПАВов, мы действительно наблюдали заметное увеличение растворимости указанного эфира в воде. Хотя надо признать, что наблюдавшиеся изменения были все-таки недостаточны для того, чтобы этот полиэфир можно было использовать в качестве литолитического компонента. Однако дальнейшее и более подробное рассмотрение данного вопроса кажется нам несомненно интересным.

Фосфорсодержащие комплексоны, обладая своеобразной стереохимией, позволяют *a priori* предположить возрастание прочности их хелатов по сравнению с карбоксильными аналогами за счет возможного образования дополнительных циклов и ожидать проявления селективности к катионам с увеличенной координационной емкостью и высокими электростатическими характеристиками.

Естественным было также предположить, что с катионами кальция будут образовывать достаточно прочные комплексы и фосфорилированные водорастворимые крахмалы (Фодексы). Нами была изучена комплексующая способность серии фодексов (табл. 1) В таблице приведены значения тангенса угла наклона (tgα прямых, характеризует скорость связывания иона Ca^{2+} в растворах при соответствующих значения pH). Из таблицы видно, что наиболее перспективными представляются соединения класса 748-ЛГ. Так, значение tgα для 748-ЛГ отвечает таковому для лимонной кислоты. Однако, как оказалось, образующиеся фодекс-Ca комплексы, к сожалению, также являются трудно растворимыми в воде, что исключает их применение для растворения Ca-содержащих конкрементов.

Таблица 1

Связывание Ca^{2+} комплексонами

Комплексон	Концентрация, моль/л	pH	tgα
748-ЛГ	$4{,}23 \cdot 10^{-3}$	9,00	3,73
Фодекс (P 1,2%)	Насыщенный раствор	9,00	1,09
Кукурузный фодекс	Насыщенный раствор	9,00	2,28
Фодекс ($P_н$= 0,29)	Насыщенный раствор	9,00	3,57
Фодекс ($POCl_3$)	Насыщенный раствор	8,90	2,34
728 – ЛГ	0,05	8,95	2,23
2БКФ$_1$	0,20	9,00	1,33
ЭДДЯ	0,25	7,00	1,00
Na_3CuДТПА$\cdot 2H_2O$	0,25	5,95	1,89
Na_3ДТПА$\cdot 4H_2O$	0,25	6,00	1,67
Лимонная кислота	0,25	9,00	3,76
Винная кислота	0,25	7,07	9,38
Трилон Б	0,25	9,00	8,96

Для регуляции кальциевого обмена в организме человека в течение многих лет рядом исследователей использовались дифосфонаты, в частности, оксиэтилендифосфоновая кислота (ОЭДФ), имеющая высокую константу комплексообразования с ионом Ca (lg k = 27). Это обусловлено тем, что соединения, содержащие сложноорганизованные фосфоновые группы, обладают способностью одновременно связывать большое число катионов. При этом комплексующая способность этих соединений остается достаточно высокой в широком интервале значений pH среды, включая и кислую область (pH $\leq$ 3,5). Увеличение числа фосфоновых групп в сочетании с карбоксильными и гидроксильными приводит к усилению комплексообразующих свойств фосфонатов по отношению к щелочноземельным металлам, в том числе и к ионам кальция.

Как уже отмечалось, высокие константы устойчивости комплексов в растворе не всегда являются фактором, определяющим высокую скорость растворения твердой фазы. Так, нами было установлено, что, несмотря на очень высокие значения pK связывания ОЭДФ кальция из растворов, целый ряд его физико-химических особенностей не обеспечивают сколь-нибудь значительной скорости растворения кальцийсодержащих конкрементов. Основной причиной этого, по-видимому, является его способность ингибировать растворение кристаллов фосфата кальция [4], а также плохая растворимость в щелочной среде собственного комплекса ОЭДФ с Ca^{2+}. В целом известно, что для ОЭДФ вообще характерно образование сложных полиядерных ассоциатов полимерного типа. Рассмотрим это его свойство более подробно.

При изучении реакций комплексообразования ОЭДФ с Ca^{2+} в щелочных средах при pH>9 нами было обнаружено осаждение игольчатого продукта, растворимого в концентрированной HCl. В кислой среде (pH $\leq$ 3,5) также выпадает аморфный осадок ОЭДФ – Ca^{2+} практически не растворимый в HCl.

Свойство ОЭДФ образовывать хелаты одновременно с несколькими катионами, даже при стехиометрических соотношениях 1 : 1, приводит к тому, что образование соединений со структурой $CaH_4A{\cdot}2H_2O$ (А-анион дифосфоновых кислот), где ион кальция имеет координационное число 8, реализуется за счет координации атомов кислорода трех молекул воды и трех анионов H_2A^{2-}. Соответственно каждый лиганд H_2A^{2-} неравноценно координирует по три атома кальция. Так, один из катионов образует с комплексоном 6-членный цикл, включающий депротонированные атомы кислорода двух фосфоновых групп. Второй атом кальция замыкает 5-членный цикл, координируя карбоксильную группу и атом кислорода фосфоновой группы, который, в свою очередь, бидентатно связывает третий атом кальция. Таким образом, в каждой молекуле одна фосфоновая группа тридентатна и одна монодентатна.

Диссоциация гидроксильной группы оксиэтилендифосфоновой кислоты в щелочной области приводит к значительному увеличению прочности образуемых комплексов. При этом образуются не только простые ионные пары, но и формируются полноценные комплексы с хелатной структурой. Так, при pH 11 [4] даже при малых концентрациях кальция ($3{\cdot}10^{-6}$ моль/л) и ОЭДФ ($2{\cdot}10^{-4}$ моль/л) образуются мицеллоподобные и твердофазноподобные комплексы с величинами $K_{уст.}$ порядка 4 $\div$ 50 логарифмических единиц. При этом константа агрегации достигает 4,6 ± 0,9.

Также были проведены серии экспериментов с целью изучения влияния концентрации кальция в растворе на время образования мицелло- и твердофазноподобных осадков в системе ОЭДФ – $CaCl_2$ – NaOH и на структуру этих осадков. Варьировали концентрацию кальция при постоянной концентрации ОЭДФ. Обнаружено, что при увеличении концентрации кальция в системе не наблюдается гладкого хода зависимостей спектральных характеристик (положения максимумов и интенсивностей характерных полос поглощения в ИК-спектрах продуктов осаждения) от концентрации кальция. Это согласуется также с наблюдениями за помутнением и образованием компактных гелеобразных продуктов с течением времени в исследуемой системе. Действительно, при увеличении начальной концентрации кальция в растворе в 2 раза от $5{\cdot}10^{-3}$ до $5{\cdot}10^{-2}$ моль/л, время образования компактного продукта возросло на 2 порядка (с 1-2 мин до нескольких часов). При этом также наблюдался рост интенсивности более высокочастотных полос в их ИК-спектрах.

Наши результаты согласуются также с данными исследования комплексообразования Са- ОЭДФ седиментационным, электрофоретическим и диализным методами, проведенными в [5], где установлено образование в течение 3-20 минут макрокомплексов Са-ОЭДФ со стехиометрией 3 : 2 и молекулярной массой порядка 26000 при наличных концентрациях реагентов $4\text{-}6{\cdot}10^{-2}$ моль/л.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что как растворимость осаждающихся продуктов взаимодействия ОЭДФ с Са, так и скорость их образования сильно и не линейно зависят от начальных условий реакционной среды.

Так как моча является средой (биологической жидкостью) сильно варьирующего химического состава [6, 7], то естественно было ожидать низкую воспроизводимость результатов при использовании ОЭДФ в качестве комплексона на кальцийсодержащий конкремент. Это, по-видимому, может привести к ряду осложнений при попытке применения ОЭДФ в практике литолиза.

В этой связи рассмотрим возможности поликарбоновых кислот, как комплексонов на Ca^{2+}. Эти соединения, как правило, характеризуются высокими скоростями связывания и довольно высокими константами устойчивости комплексов с катионами кальция и магния (табл. 2 и 3, соответственно).

Таблица 2

Состав (M = Ca^{2+} или Mg^{2+}; L, Y, X = лиганд) и логарифмы констант устойчивости (lgk) различных комплексонов при 25^0С и ионной силе растворов 0-0,2

Кислоты	Комплекс	lg $k_{уст.}Ca^{2+}$	Lg $k_{уст.}$ Mg^{2+}
ЭДТА (H_4Y)	MY^{2-}	10,7	8,7
НТА (H_3X)	MX^{-}-	6,4	5,4
Лимонная (H_3L)	ML^-	4,84	3,96
Яблочная (H_3L)	ML^-	2,66	1,55
Глюконовая (HL)	ML^+	2,16	0,7
Миндальная (HL)	ML^+	1,45	-
Молочная (HL)	ML^+	1,42	1,37

Таблица 3

Значения рК диссоциации и lgk устойчивости комплексов ЭДТА и ее гомологов с некоторыми катионами (при 25^0С)

Комплексон	рК диссоциации				$lgk_{уст.}$		
	pK_1	pK_2	pK_3	pK_4	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+
ЭДТА	2,67	2,79	6,16	10,26	8,69	10,59	1,66
ТМДТА	2,00	2,67	7,90	10,27	6,66	7,12	-
ТеМДТА	1,90	2,66	9,07	10,45	3,44	5,05	-
ПМДТА	2,20	2,70	9,50	10,45	3,63	4,62	-

Как видно из таблиц, наиболее прочные комплексы с указанными катионами образуют этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и нитрилотриуксусная кислота (НТА). Как и большинство хелатных комплексов, гексадетантный цикл металла с ЭДТА имеет высокую термодинамическую устойчивость, что обусловлено пространственно выгодным расположением комплексообразующих группировок, приводящих к возможности использования в акте связывания всех имеющихся донорных атомов лиганда. Однако, как известно [8], для перехода ЭДТА из неактивной формы в способную к хелатообразованию необходима некоторая дополнительная затрата энергии.

При увеличении расстояния между атомами азота в комплексоне наблюдается уменьшение его комплексообразующей силы. Так, данные по константам устойчивости в ряду гомологов ЭДТА – три-(ТМДТА), тетра-(ТеМДТА), пентаметилендиаминтетрауксусной (ПМДТА) кислот, свидетельствующие о дестабилизации комплексов в этом случае, приведены в таблице 3 [8].

Замена метиленкарбоксильной группы на некоторые другие радикалы (R-) фактически полностью дестабилизирует комплекс с Ca^{2+} (табл. 4).

Таблица 4

Значения pK диссоциации и lg k устойчивости с Ca^{2+} и Cu^{2+} некоторых производных ЭДТА

R- в скелете ЭДТА	pK диссоциации			Lg $k_{уст.}$	
	pK_1	pK_2	pK_3	Ca^{2+}	Cu^{2+}
Бутил-	1,8	6,64	10,04	1,6	12,7
Циклогексил-	1,6	6,47	10,15	1,7	11,5
Октил-	1,9	6,53	9,76	-	12,5
Бензил-	1,9	5,10	9,84	6,7	16,8

Для ионов магния и кальция в случае хелатов с ТГТА и ТПГА характерно образование комплексов 2 : 1, в связи с чем наблюдается падение констант устойчивости по сравнению с ДТПА. Оптимальным вариантом структуры полидентатного комплекса, очевидно, является комплекс с ДТПА. Однако при переходе от ЭДТА к ДТПА с большей дентатностью повышается сродство только к ионам металлов с высоким зарядом (3 +, 4 +), в то время как прочность комплексов с двузарядными ионами кальция и магния остается практически неизменной.

Влияние увеличения детантности комплекса без изменения структуры было изучено на примерах полиэтиленполиаминполикарбоновых кислот. Оказалось, что прочность комплексов практически для всех катионов возрастает от НТА к ДПГА и падает к ТПГА (табл. 5 [8]).

Таблица 5

Значения pK диссоциации и lg k устойчивости комплексов катионов кальция и магния с анионами некоторых поликарбоновых кислот

Комплексон	pK диссоциации						lg k	
	pK_1	pK_2	pK_3	pK_4	pK_5	pK_6	Ca^{2+}	Mg^{2+}
НТА	1,89	2,49	9,73	-	-	-	6,4	5,4
ЭДТА	2,67	2,79	6,16	10,26	-	-	10,59	8,69
ДТПА	1,79	2,56	4,42	8,76	10,42	-	10,71	9,03
ТТГА	-	2,64	4,08	6,26	9,17	10,82	8,4	7,62
ТПГА	-	2,73	3,82	5,56	8,88	9,95	7,51	6,61

Хотя константа устойчивости комплексов некоторых соединений с ионами кальция и магния выше, чем у ЭДТА, но для благоприятной кинетики растворения мочевых конкрементов важен и ряд других характеристик комплексонов, таких, как скорость реакции комплексообразования на поверхности твердого тела, диффузия продуктов реакции вглубь раствора и др. Например, винная кислота является одним из наиболее эффективных комплексонов в процессе связывания ионов кальция. Однако нами экспериментально установлено, что винная кислота при pH > 7,0 практически не растворяет фосфатные конкременты (рис. 1).

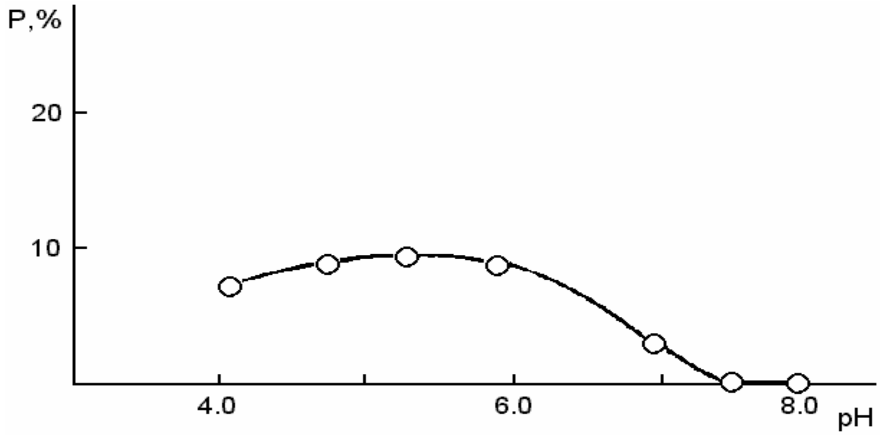


Рис. 1. Зависимость степени растворения фосфатного конкремента от pH в растворах соли винной кислоты

В данном случае, адсорбируясь на поверхности конкремента, винная кислота пассивирует его (см. рис. 1). Образование трудно растворимой кальциевой соли винной кислоты, и ее последующее высаливание из раствора легко объясняет тот факт, что при высокой концентрации кислоты в литолитической композиции (0,25 моль/л) наблюдается понижение потенциала лишь на 8 мВ. Это соответствует уменьшению концентрации Ca лишь до 10^{-3} моль/л. Аналогичные явления наблюдались и при использовании в литолитических композициях пирофосфатов. На наш взгляд, это связано с расщеплением пирофосфата на ортофосфат и его адсорбцией на поверхности конкремента. Это хорошо согласуется с данными работ [9-14] и, по-видимому, является причиной ингибирования процесса камнеобразования.

Следовательно, высокая константа связывания ионов кальция с комплексоном не указывает однозначно на высокую скорость и полноту растворения кальцийсодержащих конкрементов.

Анализ экспериментальных данных по растворению фосфатных конкрементов в растворах различных комплексонов (см. также рис. 2) показал наибольшую эффективность трилона Б (динатриевая соль ЭДТА) практически во всем исследуемом диапазоне pH.

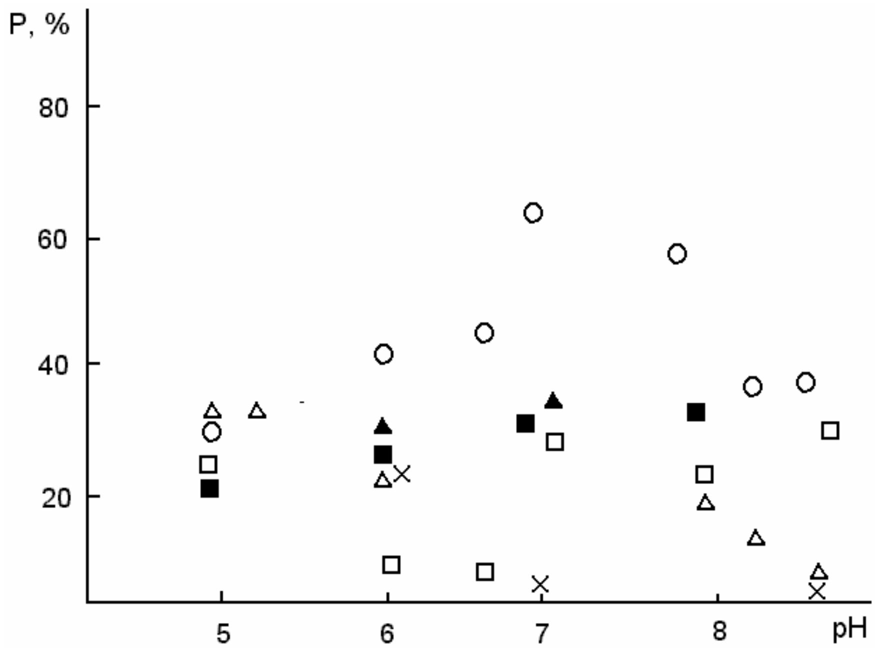


Рис. 2. Зависимость степени растворенья фосфатных конкрементов от pH литолитического раствора: Na_2ЭДТА – O; кальциевая соль ДТПА – x; ОЭДФ – S; ДТПА – И лимонная кислота

Выводы

В солевых растворах, моделирующих мочу человека, изучено связывание Ca^{2+} различными физиологически мягкими комплексонами. Установлено, что высокая константа связывания ионов кальция с комплексоном не является достаточным условием, однозначно определяющим величину скорости и полноту растворения кальцийсодержащих конкрементов.

Список литературы

1. *Хираока М.* Краун-соединения. – М.: Мир, 1986. – С. 363.

2. *Hesse A., Schneider H.* Result of the standardization and Centralisation of etone analysis in the Jerman Democratic Republic. – Hew Yore: Plenum Press, 1976. – P. 295-298.

3. *Kolthoft J. M., Chantoonl M. K., Frahsfer* Activity Oolffici-ents in Various Solvents of Several Univalent Cations Complexed with Dibenso-18-croun-6 // Annal. Cham. – 1980. – V. 52, N 4 – P. 1039-1044.

4. *Cjrabenstetter J., Cilley W.* Polynuclear coiaplex formation in solutions cf calcium ion and ethane-1-hydroxy-1,1-diphosphonic aoid. 1. Coinplexometric and pH titrations // J. Phys. Chem. – 1971. – V. 75, N 5. – P. 676-682.

5. *Wiers 3. H.* Polynuclear complex formation in solutions ion and ethane-1-hydroxy-1,1-diphosphonic acid. II. Light sea-ttering, sedimentation, mobility, and dialysis measurements // J. Phys. Chem. – 1971. – Vol. 75, № 5. – P. 632-687.

6. *Биохимические* особенности среды. Химический состав и строение почечных конкрементов / В. М. Билобров, А. В. Чугай, Ю. Г. Единый и др. // Структура органических соединений и механизмы органических реакций: Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1986. – С. 126-157.

7. *Чугай А. В.* Физико-химические основы определения химического состава почечных камней: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Донецк, 1989. – 18 с.

8. *Дятлова Н. К., Ластовский Р. П.* Строение комллексонов и их комплексообразующая способность // Усп. хим. – 1965. – Т. 34. – С. 1153-1184.

9. *Suton D. J., Percival J. M., Doonon J.* Urinary Inhibit ore of the formation of Calcium Oxalate // Brit. J. Urol. – 1979. – Vol. 51, № 4. – P. 253-255.

10. *Drach G. W., Randolph A. D., Miller J. D.* Inhibition of calcium oxalate dihydrate crystallisation by chemical nodiflera // J. Urol. – 1978. – № 1. – P. 99-103.

11. *Sutor D. J., Paroival J. M.* An ase method for the seasuroment of urinary inhibitors of calcium phosphate formation // Clinic, chim. Acta. – 1978. – Vol. 89, № 2. – P. 267 – 272.

12. *Lirabue A., Vinl M., Robertson K.* Influence of urine on "in vitro" crystallisation rate calcium oxalates detersion of inhibitory activity by a oxalate technique // Clinic, chim. Acta. – 1979. – № 1. – P. 39-46.

13. *Sutor D. I., Percival J. H. Doonan S.* Inrolation and identifier tion of sone urinary inhibitore of calcium phosphate formation // IlMLd. – 1978. – Vol. 89. – P. 273-278.

14. *Sutor D. J., Pareival J. M., Piper K. A. J.* Urinary of phosphate formation the inhibitory activity of normal and artifioal urines // Brit. J. Urol. – 1979. – Vol. 51, № 1. – P. 1-5.

Богдан Н. М. **Про вибір кальцій-зв’язуючих реагентів для розчинення біомінеральних патологій. –** Досліджено різні комплексони кальцію у композиціях для розчинення фосфатних ниркових конкрементів. Розглянуто фізико-хімічні аспекти використання краун-етерів, фосфорорганічних та полікарбонатних комплексонів у літолітичних розчинах для неопераційного видалення Са-вмісних ниркових конкрементів. Доведено, що між константою зв’язування кальцій – комплексон і швидкістю розчинення немає прямої залежності.

Ключові слова: ниркові конкременти, комплексони, розчинення.

Bogdan N. M. **About a choice calcium-connecting reagents for dissolution of biomineral pathologies. –** Various calcium complexones are investigated in compositions for dissolution phosphatic kidney concrements. Physical and chemical aspects for application of crown-ethers, phosphor-organic and polycarbonate complexones are considered

in lytholytic mixtures for non-operative removing Ca-containing kidney stones. It is shown, that between a constant of linkage calcium – complexone and speed of concrements dissolution is not present direct dependence.
Key words: kidney concrements, complexones, dissolution.

УДК 612.821/3

Л. В. Говта

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА

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

Говта Л. В. **Биометрические исследования психофизиологических показателей человека. –** Рассматриваются вопросы и закономерности применения биометрических исследований в психофизиологии.

Ключевые слова: биометрия, психофизиология, мотивация.

Введение

По данным ВОЗ причиной 80% заболеваемости населения Украины является нарушение их психофизиологического статуса, сопровождающегося ухудшением общего состояния организма и развитием пограничных нервно-психических расстройств под действием разнообразных стрессовых факторов. Факторы стресса формируются, как правило, самим человеком, который является активным элементом различных социумов – от семьи до народа, входит в состав системы управления социумами, эксплуатирует технику и Землю [1]. Например, техногенные катастрофы имеют явно антропогенный характер (примерно в 70% случаев) и обусловлены неадекватным функциональным состоянием человека. Поэтому несоответствие функционального состояния человека: его здоровья, уровня профессиональной подготовки, мотивационной установки и волевых качеств, целям различных социумов, системы управления и т. д. обуславливает формирование положительной обратной связи в системе "человек – внешний мир", приводящей к ортогенезу, т. е. к гибели вида.

Под функциональным состоянием человека понимают психофизиологическое явление, закономерности которого заложены в модулирующих системах головного мозга и которое проявляется на биохимическом, физиологическом, фенотипическом и поведенческом уровнях. Как и любое проявление жизнедеятельности, функциональное состояние человека должно быть описано параметрами функционального статуса и функциональной лабильности. Значения параметров функционального статуса характеризуют закономерности строения и функционирования органов, тканей, развития физиологических и психических реакций; значения параметров функциональной лабильности – характеризуют возможность реагирования системы организма, органов на внешние воздействия.

В январе 1999 г. в журнале "Успехи физиологических наук" была опубликована статья В. Г. Солониченко и Н. Л. Делоне, в которой обоснована взаимосвязь особенностей генотипа человека и информативных морфогенетических вариантов головы, шеи, радужной оболочки глаз, гребешковой кожи ладоней и др. Наибольшее практическое применение среди них получили дерматоглифический (ДФ) и иридоглифический фенотипы (ИФ), соответственно дактилоскопия и функциональная асимметрия черт лица. В медицине и биологии параметры ДФ и ИФ, например, используют для описания особенностей генотипа, физиологических и поведенческих реакций, симптомов наследственных и врожденных болезней, в криминалистике – для идентификации личности, в антропологии – для описания вида и т. д. В настоящее время ДФ и ИФ являются чуть ли не единственными показателями функционального статуса человека. Однако широкое применение методов дерматоглифических и иридоглифических исследований не было применено и апробировано в психофизиологии.

Биометрическая система или система распознавания – это метод автоматической идентификации человека и подтверждения личности человека, основанный на физиологических и поведенческих характеристиках (рис. 1). Примерами физиологических характеристик являются отпечатки пальцев, форма руки, характеристика лица, радужная оболочка глаза [2, 3].

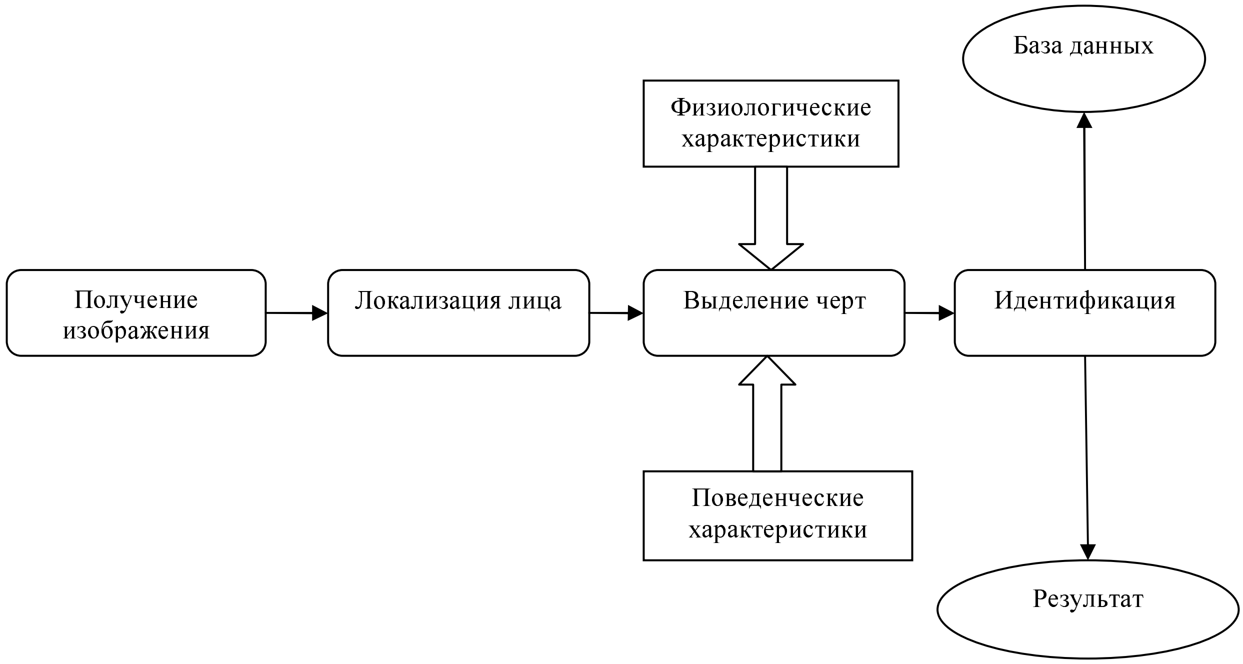


Рис. 1. Последовательность действий биометрической системы

К поведенческим характеристикам относятся особенности или характерные черты, либо приобретенные или появившиеся со временем, то есть динамика подписи, идентификация голоса. Интересные факты были получены в поисках взаимосвязи внешности человека с его внутренними характеристиками и их внешними офтальмогеометрическими проявлениями. Например, L. A. Zebrowitz выделяет четыре возможных пути выявления реальной взаимосвязи между параметрами асимметрии лица и поведением: 1 – общебиологическое воздействие; 2 – влияние окружающей среды; 3 – влияние поведения на внешность (эффект Дориана Грэя); 4 – влияние внешности на поведение (эффект самоуничтожения, эффект самосозидания, связь с установками) [4]. Благодаря современным компьютерным технологиям расширились возможности изучения восприятия не только целого лица человека, но и его частей. Однако в большинстве случаев исследователи не выходили за рамки изучения эмоций или акцентуаций.

Поэтому измерение особенности формы и структуры функциональной асимметрии черт лица, в частности офтальмогеометрического образа человека с изменением его психофизиологического статуса, является актуальной задачей.

Таким образом, статья посвящена потенциальным возможностям применения биометрической системы в медицине, биологии и психофизиологии, расширяющим их возможности.

Материалы и методы исследований

Обследовано 50 студентов биологического факультета (30 девушек и 20 юношей) в возрасте 18-20 лет. С помощью опросников определили генеральную и текущую доминирующую мотивацию студентов, характеризующую волю, доброту, злость, трусость [5]. Построение офтальмогеометрического образа осуществлялось в следующей последовательности по [7-9]. Построение асимметрии лица человека определяли по [6]. Для регистрации биометрических характеристик использовали web camera 1.3 mpx. (640x480). Применяли методы математической статистики и машинного обучения. Методы этой категории опираются на инструментарий распознавания образов, рассматривая задачу обнаружения офтальмогеометрических характеристик, как частный случай задачи распознавания. Самый распространенный способ получения вектора признаков – это использование самого изображения: каждый пиксель становится компонентом вектора, превращая черно-белое изображение $n \times m$ в вектор пространства $R^{n \times m}$. Достоинство заключается в том, что, используя все изображение целиком, вместо вычисленных на его основе характеристик, из всей процедуры построения классификатора (включая выделение устойчивых признаков для распознавания) полностью исключается участие человека, что потенциально снижает вероятность ошибки построения неправильной модели изображения офтальмогеометрической характеристики вследствие неверных решений и заблуждений разработчика.

Метод главных компонент применяется для снижения размерности пространства признаков, не приводя к существенной потере информативности тренировочного набора объектов (в данном случае – изображений лиц). Применение метода главных компонент к набору векторов линейного пространства R^n, позволяет перейти к такому базису пространства, что основная дисперсия набора будет направлена вдоль нескольких первых осей базиса, называемых главными осями (или главными компонентами).

Таким образом, основная изменчивость векторов тренировочного набора представляется несколькими главными компонентами, и появляется возможность, отбросив оставшиеся (менее существенные), перейти к пространству существенно меньшей размерности. Натянутое на полученные таким образом главные оси подпространство размерности m << n является оптимальным среди всех пространств размерности m в том смысле, что наилучшим образом (с наименьшей ошибкой) описывает тренировочный набор изображений.

Факторный анализ (ФА), как и многие методы анализа многомерных данных, опирается на гипотезу о том, что наблюдаемые переменные являются косвенными проявлений относительно небольшого числа неких скрытых факторов. ФА, таким образом, это совокупность моделей и методов, ориентированных на выявление и анализ скрытых (латентных) зависимостей между наблюдаемыми переменными. В контексте задач распознавания, наблюдаемыми переменными обычно являются признаки объектов. Факторный анализ можно рассматривать как обобщение метода главных компонент.

Результаты и обсуждение

С помощью вышеперечисленных методов, Ченстоховской точной модели асимметрии лица и на исследованиях в области офтальмогеометрии проф. Э. Р. Мулдашева [7, 10] были получены основные параметры лица, используемые в офтальмогеометрии (рис. 2).

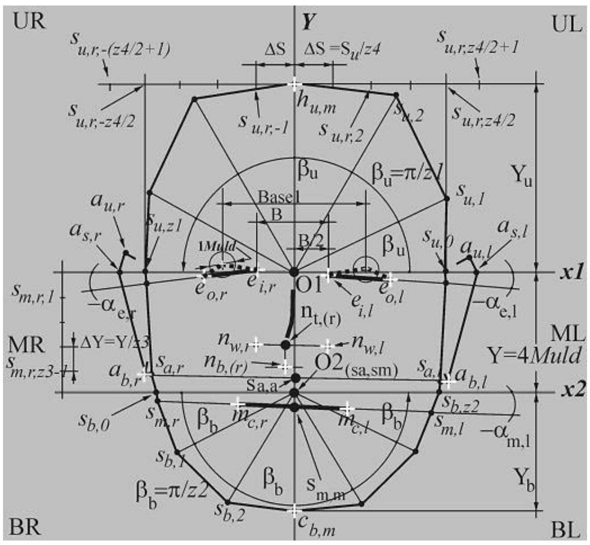


Рис. 2. Основные параметры асимметрии лица

На основании этой модели и ее параметров аналогично были построены индивидуальные параметры асимметрии лиц обследуемых студентов. Для этого определили диаметр радужной оболочки глаза и приравняли к 1 Мульду (fi = 1 Muld), который определяется по трём точкам Ar, Br, Cr. Относительно них затем строится окружность радужки, находится её диаметр и приравнивается тоже к 1 Мульду. Мульд – величина равная диаметру радужной оболочки глаза. Она равна 10,00 ± 0,56 мм и является единственной константой из биометрических характеристик человека, начиная с 4-5-летнего возраста (рис. 3).

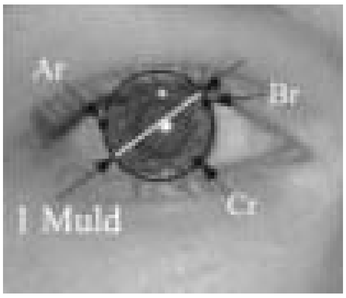


Рис. 3. Константа биометрической характеристики человека

Принимая во внимание это обстоятельство, построены офтальмогеометрические образы студентов биологического факультета, которые были нормализованы, т. е. приведены к одному масштабу для удобства обработки. Так как расстояние между центрами окружностей радужных оболочек глаз фронтально смотрящего человека образует базу лица, то необходимо было измерять расстояние между точками B_1r и B_1l (см. рис. 2). Это расстояние измеряется в Мульдах и служит для согласования размеров образов, полученных с web camera. Для построения индивидуального офтальмогеометрического портрета были найдены точки в уголках глаз 4,8,8* и 2,6,6* (рис. 4).

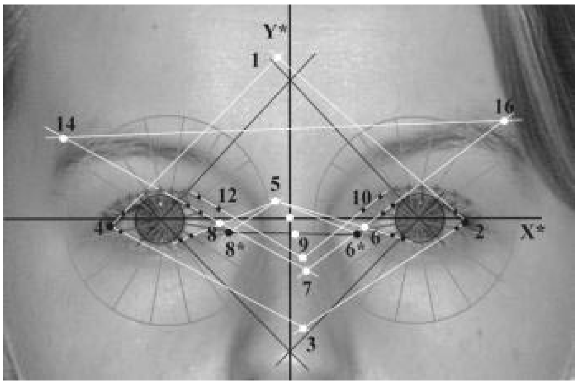


Рис. 4. Построение офтальмогеометрического образа

В средней точке по горизонтали и по вертикали между 4,8* и 2,6* нашли геометрический центр глаза, который может не совпадать с центром радужной оболочки. Из него построили 16 концентрических лучей, причем один из лучей должен обязательно проходить через точку 8*(6*) (рис. 5).

Таким образом, после проведения всех расчетов мы получили индивидуальный офтальмогеометрический портрет студента (рис. 6).

Как видно на рис. 6, индивидуальный офтальмогеометрический портрет изображен в виде множества разнообразных четырехугольников. На основании такого портрета можно охарактеризовать личностные мотивационные психофизиологические качества данного студента [5]. После получения индивидуальных портретов 50-ти студентов биологического факультета было образовано несколько групп, которые объединены по индивидуальным мотивационным качествам (рис. 7).

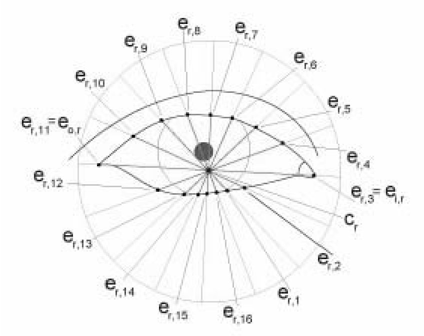


Рис. 5. Концентрические лучи глаза

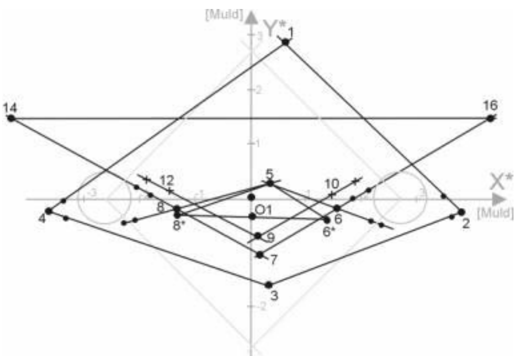
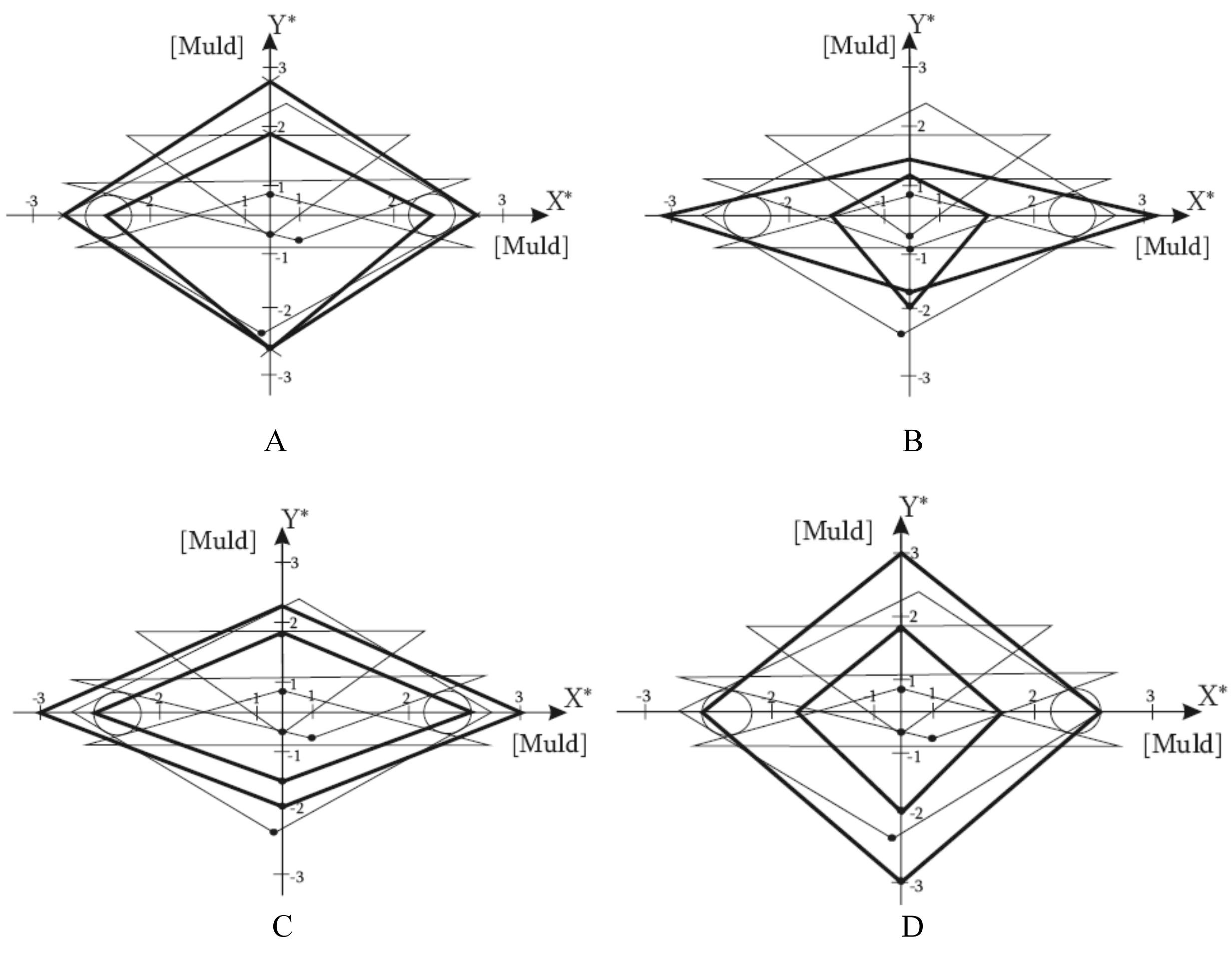


Рис. 6. Офтальмогеометрический портрет студента



A B

C D

Рис. 7. Индивидуальные офтальмогеометрические портреты ментальных характеристик: А – трусливость (n = 10), В – злость (n = 4), С – доброта (n = 9), D – воля (n = 27)

Как видно на рис. 7, в группе "Волевых" студентов, в которую вошли 27 человек, большой и малый четырехугольник имели равнобедренный характер, по угловым градусам были очень похожи друг на друга, а малый четырехугольник довольно равномерно входил внутрь большого. У студентов, составляющих группу "Трусость", вошли 10 человек. У них большой четырехугольник приближался к треугольнику основанием вниз, а малый – приближался по форме к треугольнику, но повернутому основанием вверх. Студенты группы "Доброта" – из 9 человек имели большой четырехугольник, похожий на ромб, поставленный на угол. Малый четырехугольник тоже имел форму ромба, поставленного на угол, и довольно ровно входил в состав большого четырехугольника. В группе "Злость", в которую вошли 4 студента можно наблюдать, что большой четырехугольник умеренно расплющивался и был сравнительно узким, а малый – приобрел черты треугольника основанием вверх.

Для проверки полученных результатов исследований и адекватности применения биометрических характеристик в психофизиологии были проведены сравнения генеральной и текущей доминирующих мотиваций в выделенных группах студентов с помощью опросников. Как оказалось, достоверность совпадения биометрических характеристик и ментальных характеристик текущей и генеральной доминирующей мотивации составил 95%.

Проведенные нами исследования не могут считаться завершенными. Но даже эти данные весьма любопытны по следующим причинам. Во-первых (см. рис. 7), складывается впечатление, что волевые люди бывают чаще всего добрыми. Во-вторых, трусливые имеют склонность к злости и наоборот злые люди часто трусливы. Так как существует множество промежуточных форм между ментальными характеристиками человека (волей, трусостью, добротой, злостью), поиск и работа над ними продолжается.

Выводы

Биометрический анализ психофизиологических функций открывает новые перспективы для более детального их изучения и построения математических моделей. Разработка офтальмогеометрического комплекса как морфогенетического маркера к настоящему времени достигла уровня, обеспечивающего научно обоснованное его использование в практике самых различных отраслей жизнедеятельности человека, в том числе и в биометрических системах.

Внедрение офтальмогеометрического метода позволит получить дополнительную объективную информацию, способную помочь в диагностики психических, соматических (телесных) заболеваний.

Список литературы

1. *Брилюк Д., Старовойтов В.* Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы // http://daily.sec.ru.

2. *Кухарев Г. А.* Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. – СПб.: Политехника, 2001. – 240 с.

3. *Ту Дж., Гонсалес Р.* Принципы распознавания образов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 411 с.

4. *Jain A. K., Hong L., Pankanti Sh.* Biometric identification // Communications of the ACM. – 2000. – Vol. 43, N 2. – P. 91-98.

5. *Максимович М. В., Говта Н. В.* Технология определения генеральной доминирующей мотивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 209-219.

6. *Rydzek Sz.* Precise 2D Asymetric Model of Faces. – Politechnika Czestochowska, 2002.

7. *Мулдашев Э. Р.* От кого мы произошли? – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002. – 448 с.

8. *Люгер Д. Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 864 с.

9. *Соловьев Н. В.* Методы коррекции пространственных искажений изображений плоских объектов в условиях действия полной аффинной группы преобразований // Информационно-управляющие системы. – 2003. – № 5. – С. 7-11.
10. *Govinandaraju V., David B. S., Srihari R. K., Srihari S. N.* Locating Human Faces In Newspaper Photographs. – IEEE, 1989. – CH2752-4. – P. 549-554.

Говта Л. В. **Біометричні дослідження психофізіологічних показників людини.** – Розглядається питання та закономірності застосування біометричних досліджень у психофізіології.
Ключові слова: біометрія, психофізіологія, мотивація.

Govta L. V. **Biometric of research of psychophysiological indicators of the person. –** Questions and laws of application of biometric researches in psychophysiology are considered.
Key words: biometric, psychophysiology, motivation.

УДК 575.3/.7+614.2(477)

Н. В. Говта

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

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

***Говта Н. В.* Влияние экологических условий на здоровье людей. –** Рассматривается вредное воздействие неблагоприятных экологических условий на различные функциональные системы организма человека.

Ключевые слова: экология, психофизиология, медицина.

Слово "экология" в последнее время употребляется столь часто, что далеко не всегда можно с уверенностью сказать, что же имелось в виду.

Многие не понимают разницы между экологией и охраной природы, полагая, что экология – это чистый воздух и промышленные выбросы. Так что же такое экология? Сами термины "природоохрана" и "экология" многозначны, двусмысленны. Биота является первостепенной для познания ученых и для результативной деятельности практиков. Ею именуют взаимосвязанную и взаимодействующую совокупность всех живых представителей планеты Земля. Именно ее морфофункциональное состояние, ее здоровье изучает общая экология. В общей экологии в XX столетии актуализировался раздел, связанный с неуклонным ухудшением среды обитания, нарастанием в среде вредных и опасных факторов. В англоязычных публикациях этот раздел называется "environmental sciences". В отечественной литературе соответствующего термина не предложено. Поэтому для дифференцировки понятий и выделения теории взаимодействия биоты и ее представителей с вредными и опасными факторами предлагается называть данный раздел – специальной экологией [1].

Человек является единственным биологическим видом, получающим от природы как готовые продукты питания, так и сырье, из которого или с помощью которого производит продукты. Вследствие взаимозависимости процессов в биосфере существует сложная система замкнутых биохимических циклов, и когда человечество их нарушает в ходе своей деятельности, это приводит к экологическим кризисам: сначала к локальным, затем к региональным и, наконец, к глобальным.

Беспрерывное углубление экологического кризиса отношений человека и природы в конце XX века вызвало необходимость радикальных мер относительно целей и приоритетов концепции устойчивого развития [2]. С экологической точки зрения устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и природных систем [3]. Особое значение имеет жизнеспособность экосистем, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Более того, понятия "природные системы" и "ареалы обитания" понимаются широко, включая в себя созданную человеком среду, такую как, например, города. Основное внимание уделяется сохранению способностей к самовосстановлению и динамической адаптации таких систем к изменениям, а не сохранению их в некотором "идеальном" состоянии. Деградация природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению [4]. Для согласования конкретных мероприятий, являющихся средствами достижения устойчивого развития, все три элемента – экологический, социальный и экономический должны рассматриваться сбалансировано.

В связи с этим особое место принадлежит "Общепланетарному саммиту" – конференции ООН по природной среде и устойчивому развитию (РИО-92), состоявшейся в г. Рио-де-Жанейро в июне 1992 г. На этом саммите задекларированы принципы устойчивого экологически безопасного развития и приняты два исторических документа: "Декларация в деле природной среды и развития" и "Глобальная программа действий – Повестка дня XXI" (Агенда-21), которая рекомендовала разработать планы действий по переходу к устойчивому развитию на всех уровнях. Обсуждение было продолжено в Йоханнесбурге в 2002 г. во время Всемирного саммита по устойчивому развитию. Принятые на нем документы призваны определить глобальные тенденции развития человечества в XXI веке и призвать все страны мира и жителей Земли к внедрению принципов устойчивого экологически безопасного развития в сфере социальной, экономической и экологической политики. По определению Мировой комиссии ООН по развитию окружающей среды (комиссия Брутланд) устойчивое развитие (англ. sustainamble development) – это развитие, обеспечивающее потребности нынешнего поколения без дальнейших потерь для будущего поколения, которое позволит обеспечить свои собственные потребности [5].

Следовательно, концепция положительного и отрицательного баланса – это логическая экологизация научных знаний, бурно начавшаяся в 1970 г. [6]. В балансе положительного и отрицательного еще 30 лет назад преобладало положительное. С 1970 г. специалисты (Римский клуб) установили, что баланс стал отрицательным и угрожающим для человечества. Проверенные прогнозы-сценарии дальнейшей динамики этого баланса, разработанные за рубежом под руководством Д. Медоуза (1972 г. – первые 10 сценариев, 2002 г. – еще 4 сценария) не содержали ничего утешительного. Изложенная проблема угрожающей разбалансировки дальнейшего развития человечества касается не отдельных стран, а, без преувеличения, всех стран – членов ООН.

Поэтому вопросам ограниченности природных ресурсов, загрязнения окружающей среды, охране биоты в целом, и человека в частности, с 1970 г. шла активная научная работа по урегулированию устойчивого экологически безопасного развития [7]. Реакцией на это решение было создание международных неправительственных организаций по изучению глобальных процессов на Земле, некоторые из них перечислены далее: Международная федерация институтов перспективных исследований (ИФИАС); Римский клуб; Международный институт системного анализа; Международный институт системных исследований; Международная экологическая политика, глобальные проекты, внедрение принципов устойчивого развития, изменение климата, экологические конвенции (UNEP); Международный союз охраны природы (IUCN); Всемирный фонд защиты дикой природы - изменение климата, редкие виды животных (WWF); Глобальный экологический фонд (GEF); Межправительственная группа регистрации изменения климата; Международное общество защиты животных; Международный мониторинговый центр экологического слежения; Неправительственное Агентство США по охране окружающей среды; Международное информационно экологическое агентство; Международная лаборатория биологического мониторинга; Международный центр ядерной экологии и окружающей среды (IEER); Национальная комиссия устойчивого развития в Украине.

Под глобальными экологическими процессами понимают интенсивное, качественное и количественное уничтожение природных условий и ресурсов, достаточных и необходимых для существования живого, прежде всего человека. Сохранение природы является критическим фактором выживания человека как биологического вида [8]. По прогнозу ученых Римского клуба [6], при сохранении имеющихся тенденций во взаимодействии общества и окружающей среды уже через 35-40 лет может начаться массовое вымирание человечества. Выводы, сделанные авторами, заставили задуматься о будущем Земли. Они подчеркивают, что человечество уже превысило по некоторым параметрам пределы (отрицательный баланс) устойчивости биосферы, и только очень разумная политика может затормозить (замедлить), но не уменьшить негативные последствия для общества в целом и окружающей природной среды [9].

Во время конференции "Устойчивое развитие и Украина: экологическая политика нового тысячелетия", состоявшейся в Киеве в октябре 2000 г., докладывались результаты текущей реализации концепций (стратегий) устойчивого развития США, Бельгии, Польши, Венгрии. Оказалось, из общего круга выпадает Украина, где идея устойчивого развития до сих пор не стала общегосударственным приоритетом, хотя в 1997 г. была создана Национальная комиссия устойчивого развития. Состав этой комиссии был обновлен в августе 2000 г., где рассматривались вопросы по выработке последовательной государственной политики реализации идей устойчивого развития [8].

Тем не менее, в Украине с 2000 г. вопрос устойчивого развития в определенной степени являлся предметом осмысления, научного исследования и обсуждения отдельных научных сотрудников, практиков, представителей общественности. В связи с этим, в 2004 г. в Украине в соответствии с документами ООН, разработан проект "Концепция перехода Украины к устойчивому развитию".

В последние десятилетия на достижение устойчивого экологического развития были затрачены огромные средства, но желаемого результата добиться не удалось: глобальные изменения продолжаются и прогрессируют, темпы их нарастают. Ситуация в 2002-2005 гг. хуже, чем была в 1990-1995 гг. [10].

Огромный ущерб, наносимый здоровью населения и окружающей среде вследствие загрязнения атмосферы, почвы, водных ресурсов, не остался не замеченным общественностью и политиками. Последние 20 лет в промышленно развитых странах были периодом политических и научных поисков решения устойчивого экологического развития. ООН в 2003 г. был обнародован перечень экологически вредных и опасных веществ, которые присутствуют во всей биосфере и являются потенциальными ядами окружающей среды, в которой существует биота. Их число превышает 7000 веществ [11].

Большинство этих вредных и опасных веществ способны к взаимодействию друг с другом и образованию новых, до конца неизученных, химически-модифицированных веществ [12]. Так по результатам комиссии ЮНЕСКО (июнь 2004 г.) по устойчивому развитию отмечено 9 млн. химически-модифицированных вредных веществ. При этом происходит их ежегодное увеличение на 1 тыс. [13].

Следует отметить, что влияние новых химически-модифицированных веществ на биоту в целом и организм человека, в частности, до конца не было изучено [14].

Для территории Украины ситуация по количеству вредных и опасных веществ катастрофическая. В табл. 1 приведены основные вредные и опасные вещества, которые постоянно присутствуют в биосфере [15-17].

Таблица 1

Перечень наиболее часто встречающихся экологически вредных веществ на территории Украины

Среда	Вещество
Воздух	углекислый газ, углерод и его соединения, фтор, бенз(а)пирен, сероводород, двуокись азота, аммиак, кремний и его соединения, азотистые пары, соляная кислота, метан, пары бензина, альдегиды, свинец и его соединения, ангидриды, фенолы
Вода	железо, хлориды, сульфаты, соли кальция, магния, мышьяк, бериллий, молибден, стронций, нитраты, уран
Почва	двуокиси серы, скандий, ванадий, мышьяк, свинец, цинк, марганец, медь, стронций, ртуть, рубидий, диоксин

В табл. 1 приведены не все вредные вещества, этот список можно продолжать и далее. Перечень этих веществ растет с каждым днем, как и с каждым годом обостряется экологическая обстановка в Донбассе, Украине и мире [18, 19].

Клинический спектр экологически детерминированных синдромов болезней человека в техногенно трансформированных регионах Украины чрезвычайно широк. Их распознавание и дифференциальный диагноз связаны влиянием комплекса химически-модифицированных вредных веществ [20, 21]. Попадание этих веществ в организм человека нередко приводит к возникновению патологических состояний со стороны нервной, эндокринной, иммунной, репродуктивной систем. Экопатогенные факторы задерживают развитие именно этих систем, тогда как большинство других патологических изменений (нарушения со стороны сердца, органов пищеварения, почек и других органов) носят, в основном, соподчиненный характер [22, 23]. Все химически-модифицированные вещества негативно действуют на организм человека и окружающую среду [24]. Следовательно, частота возникновения и распространенность заболеваний населения относятся к основным показателям популяционного здоровья, наиболее объективно характеризующим как его общее состояние, так и степень воздействия различных факторов окружающей среды.

Ситуация в Украине, особенно в техногенных регионах, по количеству выбросов химически-модифицированных, вредных веществ угрожающая как окружающей среде, так и человеку. Среда обитания человека характеризуется совокупностью физических, химических и биологических факторов, способных при определенных условиях оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность и здоровье человека.

Изучение структуры первичной и общей заболеваемости жителей техногенных регионов Украины, в частности Донецкой области, а также причин их смертности позволило установить дифференцированный вклад основных классов болезней в эти процессы (табл. 2) [26]. В формировании патологии населения техногенного региона выделяют десять классов по X Международной классификации болезней

Таблица 2

Удельный вес основных классов болезней (по МКБ – X) в структуре частоты возникновения и распространенности заболеваний, а также смертности от них населения Донецкой области

Показатели здоровья	Показатели здоровья		
	частота возникновения, %	распространенность, %	смертность, %
Болезни крови и кроветворных органов	0,40 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Болезни эндокринной системы	1,10 ± 0,01	3,00 ± 0,02	0,40 ± 0,01
Болезни нервной системы	1,90 ± 0,01	2,90 ± 0,02	0,70 ± 0,03
Болезни органов дыхания	43,70 ± 1,20	22,70 ± 0,80	4,10 ± 0,30
Болезни органов пищеварения	3,50 ± 0,30	9,30 ± 0,70	3,10 ± 0,20
Болезни костно-мышечной системы	5,10 ± 0,40	6,20± 0,50	0,10 ± 0,02
Болезни мочеполовой системы	5,70 ± 0,80	5,20 ± 0,60	0,70 ± 0,06
Злокачественные новообразования	1,20 ± 0,20	2,30 ± 0,10	13,70 ± 0,50
Врожденные аномалии развития	0,10 ± 0,04	0,30 ± 0,05	0,30 ± 0,06
Удельный вес основных классов болезней	69,40 ± 2,30	77,60 ± 3,60	84,10 ± 3,10

Этими заболеваниями (см. табл. 2) обусловлено 84,1% смертности жителей Донецкой области. Наиболее высокая частота возникновения заболеваний на протяжении 26-летнего периода наблюдения были зарегистрированы у жителей городов Мариуполя, Константиновки, Донецка, а наиболее низкие – среди сельского населения Александровского и Краснолиманского районов. Города Славянск, Артемовск и Марьинский сельский район образуют группу территорий со средним уровнем заболеваемости населения от среднеобластного показателя [26-28].

В табл. 3 приведена частота возникновения заболеваний населения городов и районов Донецкой области.

Таблица 3

Частота возникновения заболеваний населения городов и районов Донецкой области

Наименование класса болезни	Ранг болезней									
	Город					Район				
	Донецк	Мариуполь	Константиновка	Славянск	Артемовск	Володарский	Первомайский	Марьинский	Александровский	Краснолиманский
Болезни кровеносной системы	2	1	3	5	4	6	8	7	10	9
Болезни эндокринной системы	1	2	3	4	10	6	5	8	7	9
Болезни нервной системы	1	2	3	6	9	5	7	4	10	8
Болезни органов дыхания	1	2	3	7	9	4	5	7	8	10
Болезни органов пищеварения	5	4	1	7	8	3	2	6	10	9
Болезни костно-мышечной системы	2	4	1	8	7	5	3	6	9	10
Болезни мочеполовой системы	1	5	2	7	8	4	3	6	9	10
Рейтинговый ранг	1	3	2	7	8	5	4	6	9	10

Учитывая огромную медицинскую и социально-экономическую значимость заболеваемости населения данных городов и районов, целесообразно сказать о механизме расчета экономического ущерба для техногенного региона Донецкой области. Общий среднегодовой социально-экономический ущерб, обусловленный общей заболеваемостью населения, в наименее благополучных в экологическом отношении городах (Донецк, Мариуполь, Константиновка) почти в 3 раза больше (394,3 у. е. на 1 жителя в год), чем экономические потери в наименее загрязненных сельских районах (Краснолиманский, Александровский).

Среднегодовой социально-экономический ущерб, обусловленный общей заболеваемостью населения Донецкой области составляет 112 млн. у. е. в год. Из них 75 млн. у. е. приходится на население промышленных городов и 37 млн. у. е. – жители сельских районов.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что лучший сценарий – замедление приближения катастрофы обитания. Худший – цепная экологическая реакция с внезапным концом.

В мире тенденция к росту производства и разработки технических средств регистрации для диагностики и мониторинга окружающей среды набирает обороты [29-33].

Лидерами в этой области являются США, Великобритания, Швеция, Канада, Австрия. Не уступают лидерам и страны СНГ. В табл. 4 приведена часть фирм производителей технических средств для регистрации вредных веществ в окружающей среде.

Представленные в табл. 4 технические средства регистрации вредных веществ имеют не только ограниченные зоны диагностики, но являются дорогостоящими с ограниченным сроком эффекта. Одним из объективных и главных рычагов поставленной цели достижения устойчивого развития служит внедрение биологических и информационных технологий как уже разработанных в мире, так и гипотетически перспективных для разработки и применения.

Таблица 4

Технические средства регистрации вредных веществ

<table>
<tr><th>Страна</th><th>Фирма</th><th>Аппарат</th><th>Среда</th><th>Зона покрытия, м^3</th><th>Цена, €</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Украина</td><td rowspan="2">ООО "Экоэнерго-техника"</td><td>газоанализатор IMR – 1400</td><td rowspan="2">воздух</td><td>300</td><td>3000</td></tr>
<tr><td>газоанализатор MRU OMS-420</td><td>420</td><td>4200</td></tr>
<tr><td>США</td><td>"GE Fanuc Automation"</td><td>газоанализатор ДАТ-500</td><td>воздух</td><td>700</td><td>10000</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Польша</td><td rowspan="3">Consulting Engines Praha</td><td>lotos-18</td><td rowspan="3">вода</td><td>1000</td><td>17000</td></tr>
<tr><td>strimer-M1</td><td>700</td><td>15000</td></tr>
<tr><td>mtd-3</td><td>530</td><td>9000</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Россия</td><td>ОАО "Технолинк"</td><td>электро-химический анализатор АЖЕ-11</td><td>вода</td><td>1,3</td><td>5300</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ОАО "Изотоп"</td><td>альфа - бета – гамма-радиометр ДСК-96</td><td rowspan="2">воздух, вода, почва</td><td rowspan="2">1000</td><td>1300</td></tr>
<tr><td>дозиметр ДРГ-01М</td><td>2342</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ЗАО "Поиск"</td><td>аэрозольный радиометр РАА – 20П2</td><td rowspan="3">воздух</td><td>>1000</td><td>6486</td></tr>
<tr><td>Радиометр газов МАС - 01</td><td>300</td><td>1910</td></tr>
<tr><td>установка для измерения и регистрации УОА йода УДИ – 1Б</td><td>>2000</td><td>13000</td></tr>
<tr><td>ЗАО "ОРЛАН – ЭКО"</td><td>фильтр – СВК – 153</td><td>вода</td><td>5</td><td>7000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ЗАО "КМИЦИТН"</td><td>вихревой адсорбер окислов азота</td><td rowspan="2">воздух</td><td>500</td><td>30000</td></tr>
<tr><td>мокрый пылеуловитель</td><td>>1000</td><td>25754</td></tr>
</table>

Преимущество биологических индикаторов, в отличие от технических средств, проявляется в их обширности зоны диагностики, доступности и минимальности финансовых затрат.

В мире существует множество биологических индикаторов [34-40]. Биоиндикаторы – это виды растений, животных, микроорганизмов, грибов и других биологических существ, с помощью которых можно оценить степень загрязнения окружающей среды, осуществлять постоянный контроль ее качества и изменений [41-43].

При экологическом мониторинге загрязнений использование биоиндикаторов часто дает более ценную информацию, чем прямая оценка загрязнения приборами, так как биоиндикаторы реагируют сразу на весь комплекс загрязнений, в том числе неизвестных нам и появившихся в результате трансформации [44-50].

Обладая "памятью", биологические индикаторы своими реакциями отражают загрязнения за длительный период. На листьях деревьев при загрязнении атмосферы появляются некрозы (отмирающие участки) [54]. По присутствию некоторых устойчивых к загрязнению видов и отсутствию неустойчивых видов (например, лишайников) определяется уровень загрязнения атмосферы городов [55]. При использовании биоиндикаторов важную роль играет способность некоторых видов аккумулировать загрязняющие вещества. Так, последствия аварии на Чернобыльской АЭС были зафиксированы в Швеции при анализе лишайников [56, 57]. В мире используется ряд растительных биологических индикаторов состояния окружающей среды (табл. 5). При оценке загрязнения водных экосистем в качестве биоиндикаторов могут использоваться как растения, так и микроскопические водоросли, организмы зоопланктона (инфузории-туфельки) и зообентоса (моллюски и др.) [58].

С помощью биоиндикаторов можно оценивать засоление почвы, интенсивность выпаса, изменение режима увлажнения [64-68]. Каждый вид биологического индикатора имеет определенные пределы распространения (толерантности) по каждому фактору среды, и потому сам факт их совместного произрастания позволяет достаточно полно оценивать экологические факторы [70, 71].

Таблица 5

Растения как представители биологических индикаторов

Загрязняющие вещества	Биоиндикатор	Результат диагностики
Барий, стронций	береза, осина	неестественный зеленый цвет листьев
Уран	иван-чай	лепестки белые в норме (розовые), голубика приобретает белый цвет плодов, в норме (темно-синие)
Тяжелые металлы	слива, фасоль	пожелтение листьев
Диоксид серы	ель, люцерна	белые оттенки листьев
Аммиак	подсолнечник	плоды мелкого размера
Сероводород	шпинат, горох	листва цвета ржавчины
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)	недотрога	деформация формы стебля и листьев

Следовательно, биологическая индикация является инструментом для интегральной оценки экологического состояния среды.

Все имеющиеся на данный момент способы биологической индикации состояния окружающей среды в мире имеют несколько недостатков: 1) каждый вид индикатора предназначен для диагностики только отдельного компонента среды – воды, воздуха, почвы; 2) нет четкого и полного перечня индикаторов, которые распространены по всей экологически загрязненной территории. При этом лишь комплексное применение биологических технологий приведет к достижению поставленной цели – устойчивому развитию. Поиск решения комплексного применения биологических индикаторов активно ведется в техногенном регионе Донбасса сотрудниками Донецкого национального университета [72-79].

Разработанные способы комплексной биологической индикации отличаются, по меньшей мере, двумя существенными достоинствами: во-первых, соответствующая технология предназначена не для оценки отдельно воздуха, почвы или воды, а в их совокупности; во-вторых, технология характеризует биологический мир в целом – и животных, и растения, и грибы, а главное человека, то есть вместе, и дифференциально-физическую и биологическую среду.

Поступающие в биосферу химически-модифицированные вредные вещества оказывают различное токсическое воздействие на организм человека, которое проявляется в виде мутагенных изменений у беременных женщин, увеличенном содержании половых гормонов, нарушении полового созревания и развития плода, самопроизвольного прерывания беременности, врожденных пороков и аномалий, психических пороков развития новорожденных, а так же эти вещества ухудшают деятельность человека, проявляющуюся в работе, учебе, игре [80-85].

Экологическое отравление привело к массовой деградации здоровья. Этот процесс усугубляют социальные и экономические трудности. Становится все более очевидным, что в создавшихся условиях многие традиционные методы лечения и оздоровления теряют свою адекватность [86-91]. Адаптационные системы организма оказались беззащитными перед новыми видами биологической агрессии [92, 93]. Таким образом, трагедия экологии переросла в трагедию эндоэкологии, то есть экологии внутри организма.

Главными показателями вредного воздействия экологической среды на человека являются заболеваемость, смертность и рождаемость [94]. На рис. 1 показана динамика количества умерших людей в Украине и родившихся детей за период с 1990 г. по январь 2007 г.

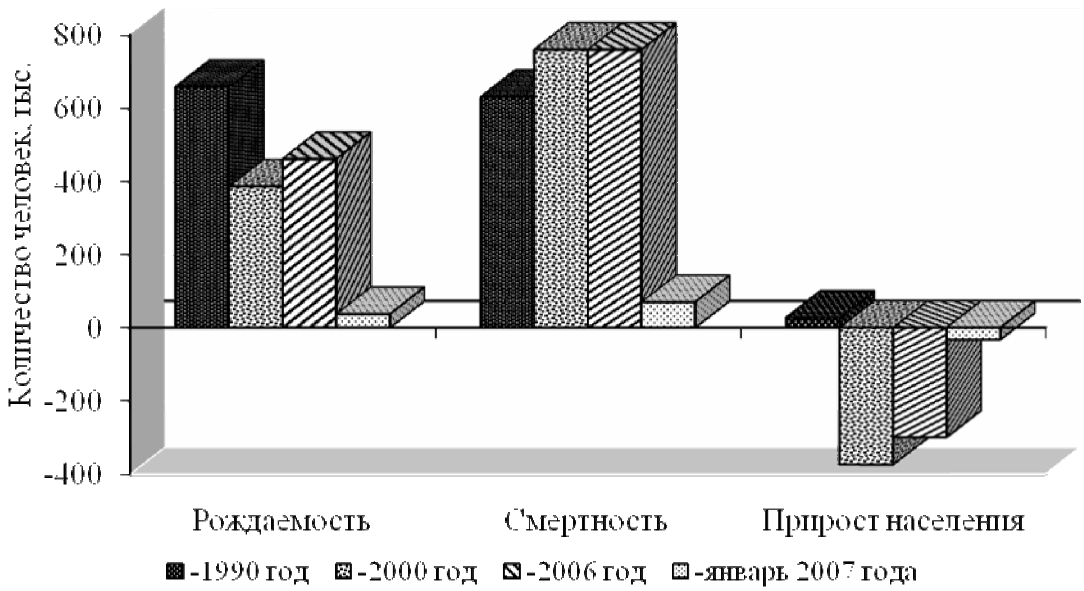


Рис. 1. Динамика смертности, рождаемости и прироста населения Украины (1990-2007 гг.)

Было проведено сравнение продолжительности жизни, витальности населения экологически напряженного региона Донецкой области и более благоприятных регионов – Волынской, Закарпатской, Ровенской областей, которые по сумме населения примерно одинаковы. Социальные условия в сравниваемых регионах существенно не отличались. Это приводит к мнению о том, что в ухудшении жизнеспособности населения Донецкой области ведущую роль сыграли экологические условия [95, 96].

Во главе всего биотического мира стоит человек, организм которого является главным биологическим индикатором состояния окружающей среды.

Одной из основных систем организма человека, которую по достоинству можно отнести к биологическому индикатору экологического состояния окружающей среды, является его психическая деятельность [97-102].

Мало того, что катастрофически ухудшается состояние и здоровье людей: появились раннее неизвестные заболевания, многие болезни стали излечиваться труднее, чем раньше. Хроническая экологически обусловленная интоксикация нарушает именно психическую деятельность человека и все происходящие в ней процессы [103-105].

Возникший термин, введенный Международным советом психиатров, "экологическая психиатрия" – это полноправное направление, которое изучает влияние экологических факторов на психическую деятельность человека [106]. Сегодня можно говорить о механизме влияния экопатогенных факторов на психическую деятельность – это непосредственное физическое, химическое, биологическое воздействие, острое (при аварии) или хроническое (если человек живет или работает там, где превышены экологические нормы предельно допустимых концентраций) [107-109].

ВОЗ и Всемирная ассоциация психиатров в 2006 г. обнародовала результаты многолетних наблюдений. В мире сегодня психическими расстройствами страдают более 400 млн. человек. Это число с каждым годом увеличивается быстрыми темпами в связи со сложившейся тяжелой экологической ситуацией в мире. Свидетельством увеличения числа психических расстройств в мире является распространенность психозов, шизофрении, маниакально-депрессивного психоза, обусловленных в основном эндогенно-генетическими факторами, которые увеличились в 25 раз, в 29 раз увеличилось число больных олигофренией. Больше всего за последние годы увеличилась группа неврозов (в 47 раз). Эта цифра отражает возросшую социально-психологическую напряженность, которой подвергается личность в современном обществе.

Так, международный коллектив авторов привел ряд проблемных сведений. Ими констатируется, что уровень донозологических изменений нервно-психического статуса в группе "здоровых" людей достигает 45%. Уже при рождении это обнаружено у 20% детей, в школьном возрасте происходит рост до 30% [110].

В накоплении числа психических больных в населении Земли, помимо указанного фактора, как сообщает Всемирная ассоциация психиатров, участвует экологический фактор [119].

Ситуация с психическим здоровьем населения Украины отличается таким же динамизмом, как и в мире, и трактовать ее довольно сложно (рис. 2).

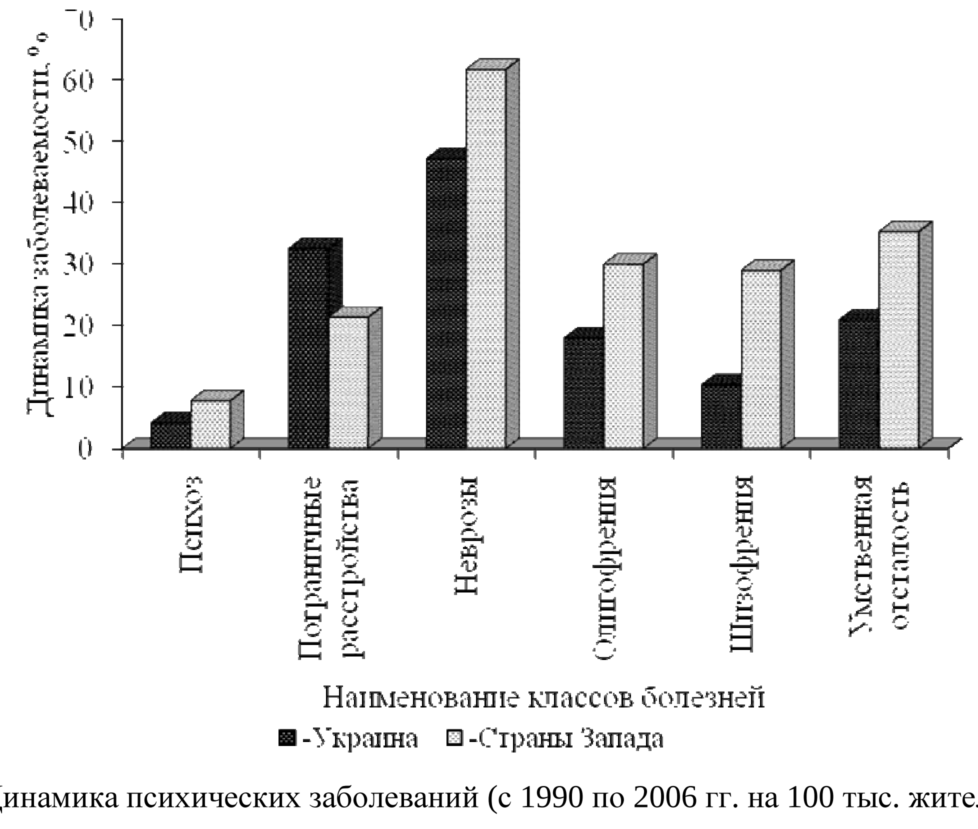


Рис. 2. Динамика психических заболеваний (с 1990 по 2006 гг. на 100 тыс. жителей)

Вероятность изменения психического и физиологического состояния человека во многом зависит от условий, в которых он длительное время живет и трудится [114-118]. Следует отметить, что тенденция к росту психического заболевания проявляется у жителей восточного региона Украины, а именно Донбасса, как техногенно трансформированного региона.

Психическое состояние у людей, работающих или живущих вблизи карьеров марганцевых руд (Днепропетровская область), вблизи химического и металлургического производства (Донецкая, Запорожская область) нестабильное, даже пограничное [119]. Все жители в той или иной степени ощущают влияние вредной экологии, которая проявляется в психических заболеваниях, расстройствах, депрессиях [115-119].

Из вышеизложенного следует, что в условиях экологической вредности первично страдает психическая деятельность, но возникает вопрос, какие именно её функции могут служить биоиндикаторами вредного экологического влияния; имеются ли, и какие методы воздействия на эти ухудшенные функции способны их реабилитировать?

Список литературы

1. *Проблемы* экологии и охраны техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ / Отв. ред. С. В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – 267 с.

2. *Дробноход Н.* Устойчивое экологически безопасное развитие: Украинский контекст. // Зеркало недели. – 2005. – № 21. – С. 1-17.

3. *Перелет Р. А.* Выявление показателей Устойчивого развития // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. ВИНИТИ. – 1995. – № 6. – 200 с.

4. *Перелет Р.* Экологическая дипломатия // Международная жизнь. – 1988. – 10. – С. 12-19.

5. *Daly H.* Institution for a Steady – State Economy. – Washington, DC: Island Press, 1991.

6. *Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W.* The Limits to Growth. – New York: Universe Books, 1972.

7. *Molina M. J.* The Antarctic Ozone Hole // Oceanus 31 (Summer 1988).

8. *Ландик В. І., Семенець С. В., Яхеєва Т. М.* Концепція переходу України до сталого розвитку // Інститут сталого розвитку (проект). – К., 2004. – 64 с.

9. *Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д.* Пределы роста. 30 лет спустя: Пер. с англ. – ИКЦ "Академкнига", 2007. – 342 с.

10. *United Nation Development Program*, Human Development Report 2001 (New York and Oxford: University Press, 2001).

11. *United Nation Development Program*, Human Development Indicators 2003.

12. *Прохорова Е. К.* Анализ воздуха рабочей зоны // Ж. аналитической химии. – 1997. – Т. 52, № 7. – С. 678-685.

13. *UNESCO*. Global Enviromental 2004 (London: Earthscan 2004).

14. *Hawken P., Lovins A., Lovins L. H.* WWF Living Planet Report (World Wide Fund for Nature International, Gland, Switzerland, 2004).

15. *Дорогунцов С. Г., Коценко К. Ф. Балова О. К.* Екологія. – К.: КНЕУ, 2005. – 102 с.

16. *Тяпкін О. К. Геофізичні* основи задач екологічної безпеки в умовах техногенно-навантажених регіонів України: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – К., 2005. – 33 с.

17. *Школьний А. К.* Контрольно-вимірювальні прилади в екології. – Івано-Франківськ, 2005. – 326 с.

18. *Сенотрусова С. В.* Оценка влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения промышленных городов // ЭКИП. – 2005. – № 8. – С. 34-37.

19. *Регіональні* екологічні проблеми України // Екологія. – К.: КНЕУ, 2005. – Т. 12. – С. 83-85.

20. *Шилова С. А.* Эколого-физиологические критерии состояния популяции животных при действии повреждающих факторов // Экология. – 2005. – № 1. – С. 32-39.

21. *Вопросы* мониторинга и оценки состояния окружающей среды // Экосинформ. – 2005. – № 7. – С. 52-54.

22. *Кузнецов О. Ю.* Фенольный кризис биосферы // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 3. – С. 12-17.

23. *Проблемы* экологической безопасности. Мат. VII науч.-практ. конф. "Переработка энергоресурсных отходов" (Сваляевский р-н, с. Поляна, 21-25 февраля 2005 г.). – К., 2005. – 66 с.

24. *Пендерецький О. В.* Оцінка екологічної ситуації в зоні впливу Бурштинської теплової електростанції: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Івано-Франківськ, 2005. – 20 с.

25. *Морозова Т. В.* Різнорівнева біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабкоурбанізованих селітебних територій Чернівецької області: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Чернівці, 2005. – 19 с.

26. *Грищенко С. В., Солдак И. И., Шамрай В. А., Нагорный И. М.* Современные закономерности формирования патологии среди взрослого населения Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 205-214.

27. *Грищенко С. В., Солдак И. И., Шамрай В. А.* Гигиеническая оценка влияния химического загрязнения пищевых продуктов на формирование онкологической патологии тела матки среди женщин Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 211-214.

28. *Грищенко С. В., Солдак И. И., Нагорный И. М., Свестун Р. С., Попова М. В., Бугашева Н. В.* Экономические последствия неблагоприятного влияния окружающей среды на здоровье населения экокризисного региона Украины // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 230-238.

29. *Предельно* допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны // Мед. труда и пром. экол. – 1996. – № 12. – С. 94-95.

30. *Золотов Ю. А.* Тест - методы // Журн. аналит. химии. – 1994. – Т. 49, № 2. – С. 149.

31. *Муравьева С. И., Буковский М. И., Прохорова Е. К., и др.* Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Химия, 1991. – 386 с.

32. *Будников Г. К.* Что такое химические сенсоры // Журн. аналит. химии. – 1998. – № 3. – С. 22.

33. *OECD*, Environmental Data: Comnpendium 1999 (Paris: OECD, 1999).

34. *Биологическая* диагностика состояния гидробиоценозов малых рек окресностей г. Сыктывкара: Отчет о НИР (закл.) / Рук. Е. А. Голикова. – Сыктывкар: Сыктывкарский госун-т, 2001. – 55 с.

35. *Оскольская О. И., Тимофеев В. А., Бондаренко Л. В.* Способ биоиндикации морской среды: Патент № 99073833. МПК 6 G01N33 / 18, A01K61/ 00., Пр. 24. 02. 2000. – Украина. – 2000. – 10 с.

36. *Zullig J. J., Morse J. W.* Interaction of organic acids with carbonate mineral surfaces in seawater and related solutions I. Fatty acid adsorption // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1988. – 52. – P. 1667-1678.

37. *Патент* РФ № 2121459. МКИ C02F 3/02, C02F 3/34. Способ микробной очистки сточных вод и установка для его осуществления / Панченко Л. В., Турковская О. В., Муратова А. Ю., Дмитриева Т. В., Купцов Л. Г., Толтинова Л. А. – 1998. – Бюл. № 31.

38. *Патент* РФ № 2185901. МКИ С2 7 В 09 С 1/00 Способ очистки почв, загрязненных продуктами природного и техногенного разложения кожно-нарывных отравляющих веществ / Игнатов В. В., Федоров Е. Е., Костерин П. В., Щербаков А. А., Захарова Е. А., Любунь Е. В., Брудник В. В., Щербакова Л. Ф., Мандыч В. Г., Шантроха А. В. – 2002. – Бюл. № 21.

39. *Черных В. И., Никитин А. В., Стом Д. И., Балаян А. Э.* Способ биологической оценки качества воды. – Патент № 2003096 от 15.11.1993.

40. *Балаян А. Э., Саксонов М. Н., Стом Д. И.* Способ биотестирования нефтепродуктов. – Патент № 2152612 от 10.07.2000.

41. *Оукс Дж. Л., Гилберт М., Вирани М. З. и др.* Отходы диклофенака как причина снижения популяции хищников в Пакистане (на англ. яз.) // Nature. – 2004. – 427. – P. 630-633.

42. *Кисесекер Дж. М.,Белден Л. К., Ши К., Руббо М. Дж.* Снижение популяции амфибий и возникающие заболевания. Чему могут нас научить больные лягушки в плане

возникающих и повторно возникающих заболеваний человека и других видов дикой природы (на англ. яз.) // American Scientist . – 2004. – Т. 92, № 2 – P. 138.

43. *Йылмаз И.* Экологическое значение амфибий в экобалансе и заповедники, специализирующиеся на защите амфибий во Фракии (на турец. яз.) // II Турецкий Конгресс Защиты Природы (г. Анкара, 18-20 ноября 1985 г.). – Анкара, 1985.

44. *Самсонов А. Л.* Разумно ли человечество // Экология и жизнь. – 2000. – № 2. – С. 10-13.

45. *European Sustainable Cities.* Report by the Expert Group on the Urban Environment. European Commission, Directorate General XI. – Brussels, 1996. – P. 8.

46. *Biodiversity Indicators.* Monitoring and Reporting, discussion paper for the first intergovernmental conference "Biodiversity in Europe" (Riga, 2000) (http://www.strategyguide.org/docs/Riga/monitore.doc).

47. *COP Decision* V/7: Identification, monitoring and assessment, and indicators (http://www.biodiv.org/decisions/default.asp?lg=0&m=cop-05&d=07).

48. *Future* work on Scientific and Technical Cooperation and the Clearing-House Mechanism, discussion paper for the first intergovernmental conference "Biodiversity in Europe" (Riga, 2000) (http://www.strategyguide.org/docs/Riga/chme.doc).

49. *Conference* Environment for Europe (Århus, Denmark, 23-25 June 1998). – Geneva, United Nations Economic Commission for Europe (http://www.mem.dk/aarhus-conference/declarationf.htm).

50. *UNEP* (2001) Indicators and Environmental Impact Assessment: Designing national-level monitoring and indicator programmes.

51. *Веселовский В. А., Веселова Г. В.* Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. – М.: Наука, 1990. – 199 с.

52. *Горшков В. В.* Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северо-таежных сосновых лесов / Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения. – Л.: Наука, 1990. – 197 с.

53. *Инсаров Г. Э.* Об учете лишайников эпифитов на стволах деревьев // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 5. – С. 25-33.

54. *Мэннинг У. Д., Федер У.* Биомониторинг загрязнений атмосферы с помощью растений.– Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 143 с.

55. *Шапиро И. А.* Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения // Успехи соврем. биологии. – 1996. – Т. 116, вып. 2. – С. 158-171.

56. *Air* pollution and lichens. – L.: Athlone Press, 1973. – 526 p.

57. *Lichens* as bioindicators of air quality / Ed. Hukaby L.S. – U. S. Department of Agriculture. – Fort Collins, 1993. – 234 p.

58. *Balushkina E. V., Golubkov S. M., Golubkov M. S., Litvinchuk L. F., Shadrin N. V.* Characteristic features of ecosystems of hyperhaline lakes of the Crimea // Zoological sessions annual reports. 2004. B. 308. – St.-Petersburg, 2005. – P. 5-12.

59. *Алимов А. Ф., Балушкина Е. В., Голубков С. М.* Разработка унифицированного методологического подхода для оценки качества воды и состояния экосистем по биологическим показателям // Aquaterra. – СПб., 2005. – С. 264-273.

60. *Абакумов В. А., Максимов В. Н., Ганьшина Л. А.* Экологические модуляции как показатель изменения качества воды // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всес. конф. – Л., 1981. – С. 117-136.

61. *Булгаков Г. П.* Принципы оценки качества текучих вод Узбекистана с помощью МБМ // Тр. Среднеазиат. регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та. – 1989. – № 135. – С. 13-21.

62. *Вудивисс Ф. С.* Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 132-161.

63. *Шуберт Р.* Основные принципы методов биоиндикации // Изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияния на биосферу: Мат. III заседания Междунар. рабочей группы по проекту № 14 МАБ ЮНЕСКО. – Л., 1986. – С. 112-122.

64. *Лесные* экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В. А. Алексеева. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.

65. *Шуберт Р.* Возможности применения растительных индикаторов в биолого-технической системе контроля окружающей природной среды // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды. – Л.: ГМИ, 1982. – Вып. 1. – С. 104-111.

66. *Черненькова Т. В.* Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий // Пограничные проблемы экологии. – Свердловск: УНЦ АНССР, 1986. – С. 116-127.

67. *Фомин Б. И. и др.* Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – СПб., 1992. – Т. 14. – С. 103.

68. *Брукс Р. Р.* Биологические методы поиска полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 310 с.

69. *Бадтиев Ю. С.* Методика биоиндикации окружающей природной среды / Упр. нач. экологической безопасности ВС РФ. – М., 2000. – 20 с.

70. *Бадтиев Ю. С., Барков В. А., Усов Г. П.* Биоиндикация поверхностных водоемов // Экология и промышленность России. – 2003. (июль). – С. 24-26.

71. *Бадтиев Ю. С., Ефименко Н. В.* Лихеноиндикация и химический контроль воздуха в Москве // Экология и промышленность России. – 2005 (ноябрь). – С. 35-37.

72. *Сафонов А. І., Харкова А. П.* Паліноструктурний аналіз *Ambrosia artemisiifolia* L. в умовах техногенних екотопів Донбасу // Вісн. Донецького ун-ту. Сер. А. Природн. науки. – 2006. – Вип. 2. – С. 78-86.

73. *Сафонов А. И.* Метод тестирования загрязнения техногенных почвогрунтов никелем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 74-81.

74. *Сафонов А. І.* Фітоіндикація забруднення важкими металами антропогенно трансформованого середовища Донбасу: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.16. – Дніпропетровськ, 2004. – 21 с.

75. *Сафонов А. И.* Специфика локализации некоторых металлов в почвах северных промышленных узлов Донецкой области // Проблемы экологии. – 2003. – № 1. – С. 36-47.

76. *Глухов А. З., Хархота А. И., Назаренко А. С., Лиханов А. Ф.* Тератогенез растений на юго-востоке Украины. – Донецк: Норд-пресс, 2005. – 179 с.

77. *Тараненко Л. И.* К вопросу о роли птиц на очистных сооружениях Донбасса // Вестн. Днепропетровского ун-та. Сер. Биол. и Экол. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1993. – Вып. 1. – С. 137-138.

78. *Маслодудова Е. Н., Рязанцева А. Е.* Фауна аэротенков Донецких очистных сооружений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 3. – С. 113-122.

79. *Беспалова С. В.* Биотехнологии для нормализации экологии (программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10-21.

80. *Кальниш В. В., Навакатикян А. О.* Особенности умственной работоспособности у операторов тепловых электростанций // Медицина труда и промышленная экология. – 2000. – № 2. – С. 39-44.

81. *Навакатикян А. О., Крыжановская В. В., Кальниш В. В.* Физиология и гигиена умственного труда. – К.: Здоров'я, 1987. – 152 с.

82. *Жолус Б. И., Майдан В. А.* Причины смерти и непродолжительности жизни населения // Безопасность и жизнь. – 1995. – № 2. – С. 117-130.

83. *Кондратенко Т. А.* Окружающая среда и здоровье населения // Тез. докл. I науч. сессии Ростовского гос. мед. ун-та. – Ростов н/Д, 1996. – С. 19.

84. *Полякова А. Н., Назаров С. Б., Кашманова Г. Н. и др.* Состояние здоровья населения, проживающего в экологически неблагоприятном районе // Экология и здоровье человека. – Иваново, 1995. – С. 72-75.

85. *Цитцер О. Ю.* Влияние загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения // Туберкулез и экология. – 1994. – № 1. – С. 28-30.

86. *Экология* и здоровье человека: Мат. III междунар. науч.-практ. студ. конф. (г. Ростов н/Д, 20-21 ноября 1997 г.). – Ростов н/Д, 1997. – 183 с.

87. *Алексеев С. В., Янушанец О. И.* Гигиена и экология человека в решении проблем сохранения здоровья населения // Региональная экология. – 1997. – № 1/2. – С. 33-38.

88. *Васильев Н. А., Медуницына Н. Д.* Экология и заболевания органов дыхания // Российский мед. ж. – 1997. – № 1. – С. 13-14.

89. *Слепцова Т. Г., Ицковин А. И., Стрелкова Ю. В., Белякова Н. А.* Влияние экологических факторов на механизмы местной защиты респираторного тракта детей // Проблемы и методические аспекты оценки и прогнозирования здоровья населения: Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф., посв. 10-летию Восточно-Сибирского науч. центра СО РАМН. – Ангарск, 1997. – С. 61-62.

90. *Гусева Л., Костина Г., Фазуллина Г.* Диоксиномания. Диоксины ищут не там, где нужно // Эксперт. – 1999. – № 22. – С. 46-47.

91. *Дмитриев Д. А.* Проблемы оценки влияния окружающей среды на репродуктивное здоровье // Гигиена и санитария. – 1997. – № 5. – С. 52-54.

92. *Ермишев А. Ю., Осипов А. К.* Техногенный фактор и здоровье населения // Региональные проблемы экологической генетики и пути их решения: Тез. докл. науч.-практ. конф. (г. Саранск, 17-18 октября 1996 г.). – Саранск, 1996. – С. 12.

93. *Лапина С.Н., Полянская Е.А., Пужлякова Г.А. и др.* Загрязнение воздушного бассейна города как одна из важнейших проблем биосферы // Проблемы изучения биосферы: Тез. докл. Всерос. науч. конф., посв. 70-летию выхода в свет "Биосферы" В. И. Вернадского (г. Саратов, 3-4 декабря 1996 г.). – Саратов, 1996. – С. 101-102.

94. *Деловое издание* 100%. – www.gazeta100.com.

95. *С. В. Беспалова* // ВСЕ. – 2004. – № 31-32.

96. *Беспалова С. В., Максимович В. А.* Биологическая экология: Моделирование жизнеспособности биотических организаций // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научных работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11-19.

97. *Бодров В. А.* Когнитивные процессы и психологический стресс // Психологический журн. – 1996. – Т. 17, № 4. – С. 64-74.

98. *Веневцева Ю. Л., Мельников А. Х.* Биоритмы, время и психологический комфорт // Здоровье студентов как комплексная проблема: медицинские, экологические и социальные аспекты: Тез. докл. межвуз. науч.-практ. конф. (г. Тула, 22-23 мая 1996 г.). – Тула, 1996. – С. 32-33.

99. *Кондратенко Т. А.* Окружающая среда и здоровье населения // Тез. докл. I науч. сессии Ростовского гос. мед. ун-та. – Ростов н/Д, 1996. – С. 19.

100. *Нечипоренко В. В., Литвинцев С. В.* Задачи по сохранению и укреплению психического здоровья военнослужащих // Военно-мед. журнал. – 1996. – № 3. – С. 11-15.

101. *О международной конференции* "Взаимодействие нервной и иммунной систем и среда" // Физиол. журнал. – 1996. – Т. 82, № 1. – С. 140-143.

102. *Стрелец В. Б., Самко Н. Н., Голикова Ж. В.* Физиологические показатели предэкзаменационного стресса // Журнал высшей нервной деятельности. – 1988. – Т. 48, № 3. – С. 458-463.

103. *Алексеева Е. В., Митько А. В.* Особенности воздействия акустических полей на нервную систему человека // Тез. докл. I Междунар. конгресс "Слабые и сверхслабые поля и изменения в биологии и медицине" (г. Санкт-Петербург, 16-19 июня 1997 г.). – СПб., 1997. – С. 111-112.

104. *Новиков В. С., Никифоров А. М., Чепрасов В. Ю.* Психологические последствия аварии // Военно-медицинский журнал. – 1996. – № 6. – С. 57-62.

105. *Судаков К. В.* Психоэмоциональный стресс: профилактика и реабилитация // Терапевт. архив. – 1997. – Т. 69, № 1. – С. 70-74.

106. *Murray C. L., Lopez A. D.* The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. – Boston: Harvard University Press, 1996. (Global Burden of Disease and Injury Series, Vol. 1).

107. *Принудительное лечение* психических больных (клинические и организационные аспекты) // Сб. науч. тр. НИИ общей и судебной психиатрии им. В. П. Сербского / Под ред. Г. В. Морозова. – М., 1981. – 132 с.

108. *Транскультуральные исследования* в психотерапии // Сб. науч. тр. Ленинградского НИ психоневрологического ин-та им. Бехтерева / Под ред. М. М. Кабанова. – Л., 1989. – Т. 124. – 174 с.

109. *Буянов М. И.* В кабинете детского психиатра. – К.: Здоровья, 1990. – 224 с.

110. *Бундзен П. В., Евдокимова О. М, Унесталь Л. Э.* Современные технологии укрепления психофизического состояния и психосоциального здоровья населения // Вестн. спортивной медицины России. – 1996. – № 8 – С. 57-63.

111. *Синицкий В. Н.* Депрессивные состояния. – К.: Наук. думка, 1986. – 272 с.

112. *Драчева З. Н., Блейхер В. М., Крук И. В.* Нервные и психические болезни. – К.: Вища шк., 1986. – 343 с.

113. *Полищук И. А., Булахова Л. А.* Клиническая генетика в психиатрии. – К.: Здоровье, 1981. – 200 с.

114. *Eisenberg L.* Past, present and future of psychiatry: personal reflections // The Canadian Journal of Psychiatry. – 1997. – V. 42. – P. 705-713.

115. *Здоров'я* населення та діяльність галузі охорони здоров'я України в 1990-1999 роках (статистично-аналітичний довідник). – К., 2000. – 205 с.

116. *Ustun T. B.* The global burden of mental disorders // American J. of Public Health. – 1999. – Vol. 89. – P. 1315-1318.

117. *Лехан В. М., Іпатов А. В., Губар І. О., Піщіков В. А.* Пріоритети здоров'я і пріоритети лікувально-профілактичної допомоги у Дніпропетровській області // Медичні перспективи. – 1998. – № 3. – С. 83-86.

118. *Статистичний* щорічник України за 1999 рік. – К.: Техніка, 2000. – С. 357.

119. *Чуприков А.* Психическое здоровье в Украине // Зеркало недели. http:// www.zn.ua.

***Говта М. В.* Вплив екологічних умов на здоров'я людини. –** Розглянуто шкідливий вплив небезпечних екологічних умов на різні функціональні системи організму людини.

Ключові слова: екологія, психофізіологія, медицина.

***Govta N. V.* Influence of ecological conditions on health of people. –** Harmful influence of adverse ecological conditions on various functional systems of a human body is considered.

Key words: ecology, psychophysiology, medicine.

О. И. Доценко, Д. В. Пронько

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЦЕПТОРНОГО СВЯЗЫВАНИЯ ДОКСОРУБИЦИНА МЕМБРАНАМИ ТЕНЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: dots_don@ukr.net

Доценко О. И., Пронько Д. В. **Применение математического моделирования для определения параметров рецепторного связывания доксорубицина мембранами теней эритроцитов. –** Изучено взаимодействие доксорубицина с нативными тенями эритроцитов, с тенями, обработанными трипсином, и их белок-липидным матриксом (периферические белки экстрагированы). Рассчитаны параметры связывания. Установлено, что связывание доксорубицина с мембраной эритроцитов определяется взаимодействием с тремя структурными участками, два их которых расположены на интегральных белках, а один локализован в липидной фазе мембраны.

Ключевые слова: мембраны эритроцитов, доксорубицин, константы связывания.

Введение

Антибиотики антрациклинового ряда – один из наиболее широко применяемых и хорошо изученных в клиническом отношении классов противоопухолевых препаратов. В течение более чем 30 лет несколько поколений терапевтических агентов этого класса успешно используются для лечения различных типов злокачественных новообразований [1]. Доксорубицин является эффективным и наиболее широко используемым агентом из этой группы препаратов [2, 3]. Однако кардиотоксичность химиотерапевтических препаратов является одним из серьезных осложнений лекарственного лечения онкологических заболеваний и требует пристального внимания к больным, получающим терапию антрациклинами, антраценонами и некоторыми другими препаратами. Антрациклины и близкие к ним антраценоны являются препаратами, вызывающими угнетение активности миокарда, приводящее к развитию кардиомиопатии [4]. Механизм развития антрациклиновой токсичности до конца не ясен, однако известно, что это сложный механизм, состоящий не только из прямого, но и из непрямого повреждающего действия, обусловленного образованием свободных радикалов.

Почти все лекарственные препараты, распределяющиеся между тканями и органами организма через систему кровообращения, вступают в контакт с форменными элементами крови. Значение связывания препаратов с белками плазмы крови хорошо известно и изучение степени выраженности этого процесса является обязательной процедурой как при создании новых препаратов, так и при изучении фармакокинетики препаратов, широко применяемых в медицинской практике [5]. В противоположность интенсивному изучению взаимодействия различных препаратов с белками плазмы, проблеме связывания лекарственных средств с эритроцитами не уделяется должного внимания, несмотря на то, что эритроциты составляют примерно половину от объема крови. Важная роль мембраны эритроцитов в переносе препаратов была подтверждена на примере даунорубицина — противоопухолевого препарата [6]. Цитотоксический эффект препарата, связанного посредством ковалентной связи (через глютаральдегид) с мембранами теней эритроцитов как *in vitro*, так и *in vivo*, оказался более выраженным и длительным по сравнению с нативным препаратом. Причиной этого явления авторы считают медленное высвобождение препарата из мембраны. В связи с этим, при определении дозы вводимых онкопрепаратов необходимо учитывать их сродство к эритроцитам, т.к. увеличение захвата препаратов эритроцитами не может не отразиться на фармакокинетике и фармакологическом эффекте препарата.

В связи с вышесказанным, *целью работы* являлось изучение особенностей связывания доксорубицина с мембранами теней эритроцитов.

Материалы и методы исследований

Эритроциты мышей отделяли от других форменных элементов крови по общепринятым методикам [7] и тщательно отмывали в большом объеме изотонического буфера (ИБ) (15 мМ фосфат натрия, 150 мМ NaCl, pH 7,4) путем центрифугирования при 3000 об/мин в течение 10 мин. После этого эритроциты лизировали добавлением 15 мМ раствора Na-фосфатного буфера, pH 7,4. Затем тени ресуспендировали в этом же растворе и трижды отмывали ИБ, с последующим центрифугированием и отделением супернатанта в течение 10 мин при 3000 об/мин.

Общее содержание белка в мембране эритроцитов определяли по методу Лоури после их солюбилизации детергентом (1 мл суспензии теней эритроцитов инкубировали 1 час при 37°С с 4 мл 0,5% растворе ДДС при постоянном перемешивании [8]).

Для определения суммарного содержания фосфолипидов, последние экстрагировали из полученных теней горячим этиловым спиртом, затем сжигали и определяли фосфат с помощью реакции образования фосфорномолибденовой сини.

Обработку теней эритроцитов трипсином (фирмы "Merck") проводили при 37°С в течение 5 мин в ИБ, содержащем трипсин в количестве 0,25 г/дл. После инкубирования фермент удаляли четырехкратной отмывкой теней эритроцитов 100-кратным избытком ИБ при 4°С, осаждая мембраны центрифугированием.

Для экстракции периферических белков тени эритроцитов инкубировали в течение 1 часа в 1 М растворе KCl, pH 9,0 при 37°С [8], и переосаждали центрифугированием (3000 об/мин, 10 мин). От периферических белков тени эритроцитов отмывали избытком ИБ при 4°С, осаждая мембраны центрифугированием.

Для изучения взаимодействия доксорубицина с мембраной теней эритроцитов использовали суспензию теней эритроцитов с содержанием белка 0,6 мг/мл. Аликвотную часть суспензии (0,2 мл) инкубировали в растворах, с различными концентрациями доксорубицина в течение 10 мин, 1-го и 2-х часов. Концентрацию доксорубицина варьировали от $2{,}76\cdot 10^{-5}$ до $1{,}1\cdot 10^{-4}$ моль/л. Объём всех точек серии поддерживали постоянным. До общего объёма растворы доводились ИБ. Затем мембраны осаждали центрифугированием и определяли концентрацию доксорубицина, соответствующую концентрации несвязанного мембранами лиганда, по поглощению супернатанта при длине волны 490 нм.

Для анализа процесса сорбции доксорубицина на мембранах эритроцитов в работе использовали:

1 – нативные разомкнутые тени эритроцитов;

2 – тени эритроцитов, с которых были предварительно экстрагированы периферические белки;

3 – нативные тени эритроцитов, обработанные трипсином.

Данные остаточных концентраций доксорубицина в изучаемых сериях использовали для определения связанной концентрации доксорубицина. По полученным данным строили изотермы сорбции и судили о характере связывания доксорубицина с мембранами эритроцитов. Для определения количества центров связывания различных типов и расчета констант связывания для молекул доксорубицина с нативной мембраной эритроцитов и белок–липидным матриксом использовали математическое моделирование. Параметры связывания молекул доксорубицина с мембраной эритроцитов определяли исходя из предположения возможного кооперативного связывания, используя подход Хилла, как описано в [9].

Уравнение материального баланса для доксорубицина (далее лиганда) представляли в виде 1

$$L_{общ.L} = L + \sum_{j=1}^{m} (\nu_{j1} C_{общ.лип} + \nu_{j2} C_{общ.лип}) \qquad (1)$$

где $C_{общ.лип}$ – общая концентрация липидов эритроцитарной мембраны, $L_{общ.L}$ – концентрация лиганда, отнесенная к количеству липидов в моль/л, L – свободная (несвязанная) концентрация лиганда, отнесенная к количеству липидов в моль/л, ν_{j1} – число молей лиганда, связанных с 1-м молем липидов мембраны эритроцита в центрах связывания *j*-го типа при отсутствии кооперативного связывания, ν_{j2} .– число молей лиганда, связывающегося кооперативно с 1-м молем липидов мембраны эритроцита в центрах связывания *j*-го типа.

Константа некооперативного связывания лиганда с центрами *j*-го типа определялась по уравнению (2), а для случая кооперативного связывания – по уравнению (3)

$$K_j = \frac{\nu_{j1} C_{общ.лип}}{L \cdot C_{общ.лип}\left(n_{j1} - \nu_{j1}\right)} \qquad (2)$$

$$K_j^{n_{j2}} = \frac{\nu_{j2} C_{общ.лип}}{L^{n_{j2}} \cdot C_{общ.лип}\left(n_{j2} - \nu_{j2}\right)} \qquad (3)$$

где $K_j^{n_{j2}}$ – константа кооперативного связывания для лиганда в центрах типа *j*; n_{j1} – количество центров связывания типа *j*, на которых лиганд связывается некооперативно, n_{j2} – количество центров связывания типа *j*, на которых лиганд связывается кооперативно. $n_{j1} + n_{j2} = n_j$ – количество центров связывания типа *j*.

Подставляя уравнения 2 и 3 в уравнение 1, получаем общую концентрацию лиганда для i точек серии

$$L_{общ.L_i} = L_i + \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{n_{j1} C_{общ.лип} \cdot L_i \cdot K_j}{1 + K_j L_i} + \frac{n_{j2} C_{общ.лип} \cdot L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}}{1 + L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}}\right) \qquad (4)$$

где i – номер экспериментальной точки, отличающиеся концентрацией вводимого лиганда, m – число типов центров связывания.

В уравнении $C_{общ.лип} \cdot n_j$ – молярная концентрация центров связывания, приходящаяся на г фосфолипидов мембраны эритроцита (N_j).

Для i точек серии, отличающихся концентрацией доксорубицина записываем:

$$L_{общ.L_i} = L_i + \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{N_{j1} \cdot L_i \cdot K_j}{1 + K_j L_i} + \frac{N_{j2} \cdot L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}}{1 + L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}}\right) \qquad (5)$$

Наличие математической модели позволяет построить процедуру сопоставления экспериментальных данных, которыми являются свободные концентрации доксорубицина в каждой экспериментальной точке и априорных представлений о схеме протекания процесса связывания с мембраной.

На начальном этапе моделирования константы образования K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j задавали в виде ориентировочных величин ("нулевая гипотеза"). Для каждой точки рассчитывали величину теоретического значения свободной концентрации доксорубицина ($L_i^{теор}$), после чего находили в каждой точке разность ($L_i^{теор} - L_i^{эксп}$) и минимизировали функционал $F = \sum_j (L_i^{теор} - L_i^{эксп})^2$ по всем экспериментальным точкам i. В ходе поисковой оптимизации определяли такой набор K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j, при котором F достигает своего минимума.

Задача решалась с применением методов поисковой оптимизации. Для отыскания минимума функции применен метод "деформируемого многогранника". Основное требование к модели: оптимальные значения параметров должны обеспечивать наименьшие отклонения рассчитанных свойств системы от соответствующих экспериментальных значений этих свойств.

Вычисление параметров связывания проводили с использованием специально созданных компьютерных программ.

Расчет распределения электронной плотности в молекуле доксорубицина выполнен в программе HyperChem 6.0.

Результаты и обсуждение

Изотермы связывания доксорубицина с мембраной нативных теней эритроцитов показана на рис. 1.

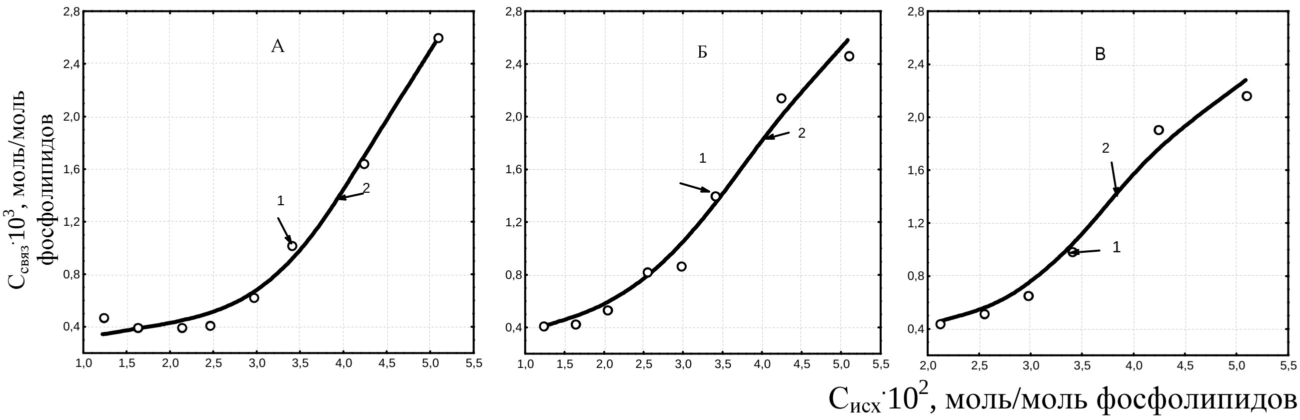


Рис. 1. Изотермы связывания доксорубицина с мембранами теней эритроцитов при инубировании в течение 10 мин: А – нативные тени эритроцитов, Б – нативные тени, обработанные трипсином, В – белок-липидный матрикс мембран эритроцитов (периферические белки экстрагированы)

Точками (1) нанесены экспериментальные данные. Сплошная линия (2) – расчетная кривая связывания

Для математического анализа связывания доксорубицина с мембраной эритроцитов использована модель, включающая три центра связывания и обеспечивающая наименьшее расхождение между экспериментальными и расчетными значениями связанной концентрации доксорубицина.

Рассчитанные параметры связывания доксорубицина с мембраной теней эритроцитов при различных условиях эксперимента приведены в табл. 1.

Результаты расчета показали, что центры связывания для доксорубицина с нативной мембраной различаются как по сродству, так и по емкости (см. табл. 1). Первый тип характеризуется чрезвычайно высоким сродством (K_1=7,85·10^6 моль$^{-1}$) и очень низкой емкостью, второй – средним сродством и средней емкостью, третий – очень низким сродством (K_3=22,7 моль$^{-1}$), но чрезвычайно высокой емкостью (не насыщается при концентрации доксорубицина 57 мкг/мл (рис. 1 А, последняя точка серии).

Известно [10], что трипсин, действуя на мембрану эритроцита, разрушает только гликофорин – гликопротеин полос 1 и 2 (PAS 1,2). При этом, после обработки мембраны трипсином, снижается незначительно константа связывания с центрами первого типа, при практически неизменных значениях констант связывания с центрами второго и третьего типов (см. табл. 1). Емкостные показатели центров связывания при этом остаются практически неизменными. По-видимому, концевые остатки гликофорина не участвуют в связывании доксорубицина с мембраной эритроцитов, а снижение константы связывания с центрами первого типа можно связать с изменением электроповерхностных свойств мембраны после обработки ее трипсином.

Изотерма связывания с белок-липидным матриксом мембраны, полученным после экстрагирования периферических белков показана на рис. 1 В.

Таблица 1

Параметры связывания доксорубицина с мембраной теней эритроцитов при разных условиях эксперимента

Условия эксперимента	Центр связывания, J	Константа связывания, K_j, моль$^{-1}$.	Концентрация центров связывания, моль/моль фосфолипидов, N_j
Нативная мембрана	1	$7{,}85 \cdot 10^{6}$	$7{,}35 \cdot 10^{-5}$
	2	$8{,}05 \cdot 10^{4}$	$1{,}05 \cdot 10^{-4}$
	3	22,7	$3{,}88 \cdot 10^{-3}$
Нативная мембрана, обработанная трипсином	1	$6{,}36 \cdot 10^{6}$	$7{,}49 \cdot 10^{-5}$
	2	$8{,}25 \cdot 10^{4}$	$1{,}11 \cdot 10^{-4}$
	3	24,5	$3{,}71 \cdot 10^{-3}$
Белок-липидный матрикс (периферические белки экстрагированы)	1	$6{,}04 \cdot 10^{6}$	$7{,}22 \cdot 10^{-5}$
	2	$8{,}1 \cdot 10^{4}$	$9{,}8510^{-5}$
	3	26,0	$2{,}78 \cdot 10^{-3}$

Экспериментальные данные и выполненные расчеты показывают (см. табл. 1), что центры первого и второго типа не относятся к периферическим белкам мембраны, поскольку их количество практически не изменяется после экстракции периферических белков. Однако центры связывания с высоким аффинитетом характерны для рецепторных групп белков и этот факт дает возможность предположить, что центры связывания первого и второго типов относятся к интегральным белкам мембраны. После экстракции периферических белков значительно изменяются электроповерхностные свойства мембраны, так как в нативной мембране периферические белки, связываясь за счет электростатических сил, частично компенсируют отрицательный заряд белок-липидного матрикса мембран [10]. Вероятно, связывание с центрами первого типа чувствительно к изменению электроповерхностных свойств мембраны, вследствие чего величина константы связывания с центрами первого типа снижается. Величина константы связывания с центрами второго типа практически не изменяется. Экстракция периферических белков вызывает незначительное увеличение величины константы связывания с центрами третьего типа, при снижении их концентрации (емкости).

На рис. 2 А показано распределение электронной плотности на молекуле доксорубицина. Остов молекулы имеет частичный положительный заряд, частичный отрицательный заряд сосредоточен на атомах кислорода карбонильных и гидроксильных группах молекулы.

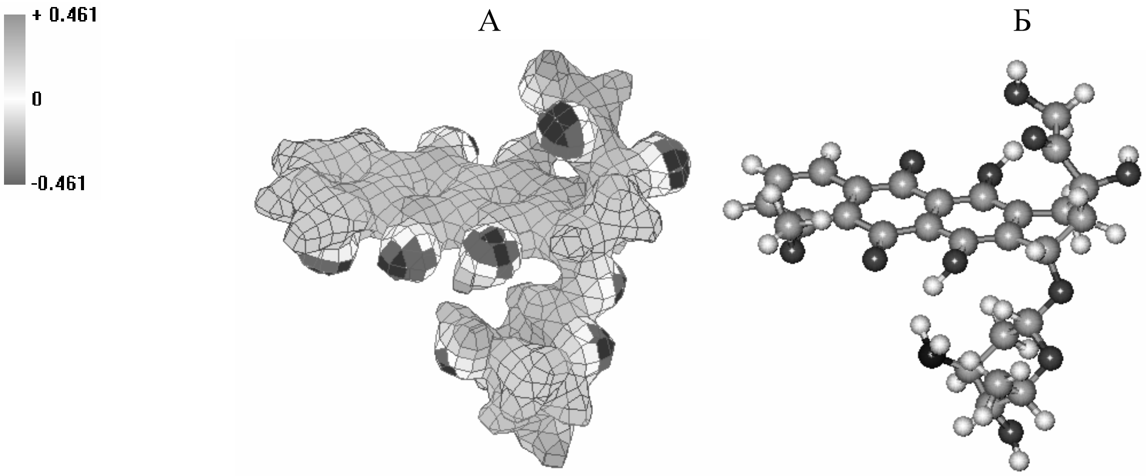


Рис. 2. А. Перераспределение электронной плотности в молекуле доксорубицина; Б – структурная формула молекулы доксорубицина.

Низкая константа связывания с центрами третьего типа указывает на их локализацию в липидном бислое. Экстракция периферических белков, приводящая к повышению отрицательного заряда липидного бислоя, должна создавать благоприятные условия для сорбции доксорубицина за счет электростатических взаимодействий, кроме того, устраняются пространственные ограничения для рецепторного взаимодействия с липидной фазой мембраны. Все это находит отражение в увеличении константы связывания после удаления периферических белков и может быть связано с центрами третьего типа.

Увеличение времени инкубирования приводит к увеличению констант связывания и количества центров связывания (табл. 2).

Таблица 2

Параметры связывания доксорубицина с нативной мембраной теней эритроцитов при инкубировании в течение различных временных промежутков

Время инкубирования	Центр связывания, J	Константа связывания, K_j, моль$^{-1}$	Концентрация центров связывания, моль/моль фосфолипидов, N_j
10 мин	1	$7{,}85 \cdot 10^6$	$7{,}35 \cdot 10^{-5}$
	2	$8{,}05 \cdot 10^4$	$1{,}05 \cdot 10^{-4}$
	3	22,7	$3{,}88 \cdot 10^{-3}$
1 час	1	$10{,}039 \cdot 10^6$	$8{,}47 \cdot 10^{-5}$
	2	$1{,}085 \cdot 10^5$	$1{,}20 \cdot 10^{-4}$
	3	24,1	$3{,}49 \cdot 10^{-3}$
2 часа	1	$9{,}524 \cdot 10^6$	$9{,}13 \cdot 10^{-5}$
	2	$1{,}033 \cdot 10^4$	$1{,}34 \cdot 10^{-4}$
	3	23,39	$4{,}03 \cdot 10^{-3}$

Изменение стандартной свободной энергии связывания доксорубицина с мембраной можно определить по формуле

$$\Delta G^0 = -RT \ln K ,$$

где R – газовая постоянная, T – абсолютная температура, K – константа связывания. Изменение стандартной свободной энергии при связывании доксорубицина с центрами различных типов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение стандартной свободной энергии при связывании доксорубицина с центрами различных типов

Вид мембраны	ΔG^0 связывания доксорубицина с центрами типа j, кДж/моль		
	j=1	*j=2*	*j=3*
Нативная мембрана (периферические белки не экстрагированы)	-38,7	-27,5	-7,6
Нативная мембрана, обработанная трипсином	-38,2	-27,6	-7,79
Белок-липидный матрикс	-38,0	-27,5	-7,93

Электростатическое взаимодействие характеризуется, как известно, небольшими величинами ΔG^0: 12-16 кДж/моль. Таким образом, с центрами третьего типа доксорубицин связывается только электростатически. Скорее всего, эти центры представлены липидной компонентой мембраны эритроцита.

На центрах первого и второго типов фиксируются, помимо дальнодействующих электростатических сил, также силами ближнего порядка: водородными связями, Ван-дер-ваальсовыми силами, гидрофобными взаимодействиями. На основании полученных экспериментальных данных и данных, имеющихся в литературе, можно предположить, что эти центры связывания локализованы на интегральных белках.

Выводы

1. Установлено, что на мембране эритроцитов три типа центров связывания для доксорубицина, различающихся как по сродству, так и емкостью. Первый тип центров характеризуется чрезвычайно высоким сродством ($K_1=7{,}85\cdot10^6$) и очень низкой емкостью, второй – средним сродством и средней емкостью, третий тип – очень низким сродством ($K_3=22{,}7$), но чрезвычайно высокой емкостью (не насыщается при концентрации доксорубицина 57 мкг/мл).

2. Показано, что первый и второй центры связывания для доксорубицина локализованы на интегральных белках. Свободная энергия связывания с центрами первого и второго типов находится в пределах от -39 до -28 кДж/моль.

3. Центры связывания третьего типа локализованы в липидном бислое. Величина свободной энергии связывания (-8 кДж/моль) указывает на электростатический характер взаимодействий доксорубицина с центрами третьего типа.

4. На процесс связывания доксорубицина с центрами первого типа существенно влияют электроповерхностные свойства мембраны эритроцита. Показано, что обработка мембраны трипсином, или удаление поверхностных белков приводит к повышению отрицательного заряда мембраны и снижению связывания с центрами первого типа и увеличению сорбции в липидном бислое.

Список литературы

1. *Луценко С. В., Фельдман Н. Б., Гуманов С. Г., Северин С. Е.* Молекулярные механизмы противоопухолевой активности антибиотиков антрациклинового ряда // Вопр. мед. и фарм. химии. – 2001. – № 2. – С. 3-9.

2. *Shinozaki Tetsuya, Watanabe Hideomi, Yanagawa Takashi, Shirakura Kenji, Takagishi Kenji.* Pirarubicin-based versus doxorubicin-based osteosarcoma chemotherapy // Ann. Pharmacother. – 2002. – 36, № 6.– P. 996-999.

3. *Островская Л. А., Блюхтерова Н. В., Фомина М. М. и др.* Сверхмалые дозы доксорубицина: ингибирование опухолевого роста в эксперименте // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2002. – Прил. 4. – С. 52-54.

4. *Орел Н. Ф.* Кардиотоксичность антрациклинов: возможности преодоления // Современная онкология. – 2004. – Т. 6, № 3 (www.consilium-medicum.com).

5. *Гнеушев Е. Т., Гнеушева И. А.* Связывание лекарственных средств с эритроцитами // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1996. – Т. 59, № 5. – С. 71-75.

6. *Gaudreault R. C., Bellemare B., Lacroix J.* Erythrocyte membrane-bound daunorubicin as a delivery system in anticancer treatment // Anticancer Res. – 1989. – 9 (4). – P. 1201-1205.

7. *Лабораторные методы* исследования в клинике: Справочник / Сост. В. В. Меньшиков, Л. Н. Делекторская, Р. П. Золотницкая и др. – М., 1987.

8. *Макурина О. Н., Древаль В. И.* Изменение периферических и интегральных белков микросом печени кур в онтогенезе // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1986. – № 6. – С. 926-929.

9. *Кантор Ч., Шиммел П.* Биофизическая химия. – М.: Мир, 1985. – Т. 3. – С. 18-21.

10. *Саенко Е. Л., Басевич В. В., Ярополов А. И.* Рецепция церулоплазмина на эритроцитах человека // Биохимия. – 1988. – Т. 53, № 8. – С. 1310-1315.

Доценко О. І., Пронько Д. В. **Застосування математичного моделювання для визначення параметрів рецепторного зв'язування доксорубіцину мембранами тіней еритроцитів.** – Вивчена взаємодія доксорубіцину з нативними тінями еритроцитів, з тінями, обробленими трипсином, і їх білок-ліпідним матриксом (периферичні білки екстраговані). Розраховано параметри зв'язування. Установлено, що зв'язування доксорубіцину з мембраною еритроцитів визначається взаємодією з трьома структурними ділянками, дві з яких розташовані на інтегральних білках, а одна локалізована у ліпідній фазі мембрани.
Ключові слова: мембрани еритроцитів, доксорубіцин, константи зв'язування.

Dotsenko O. I., Pronko D. V. **The application of the mathematical modeling for the determination of the receptor binding parameters of doxorubicin with erythrocytes ghosts.** – The interaction of doxorubicin with native erythrocytes ghosts, with ghosts, that were treated by the trypsin, and by their protein-lipid matrix (the peripheral proteins were extracted) was studied. The binding parameters were computed. It was demonstrated that the binding of doxorubicin to erythrocytes' membrane is determined by its interaction with three structural sites, two of them are settled on the integral proteins and one of them is located on the lipid membrane phase.
Key words: erythrocyte membranes, doxorubicin, the constants of binding.

УДК 612.433.62-008.9-08

В. Н. Казаков, Н. И. Тарапата, П. Я. Кравцов, Д. Ю. Кустов, А. А. Слюсарев, Е. А. Ракша-Слюсарева, Ю. Г. Друпп, И. В. Кокина

ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО ГОМЕОСТАЗА ПРИ ГОНАДДЕФИЦИТНОМ СОСТОЯНИИ И ЕГО КОРРЕКЦИИ

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького,
лаборатория "Фундаментальной и прикладной нейрофизиологии" НАН Украины
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16

Казаков В. Н., Тарапата Н. И., Кравцов П. Я., Кустов Д. Ю., Слюсарев А. А., Ракша-Слюсарева Е. А., Друпп Ю. Г., Кокина И. В. **Изменения вводно-солевого гомеостаза при гонаддефицитном состоянии и его коррекция. –** Деструктивное воздействие физического и химического загрязнения окружающей среды на организм приводит к изменению функционирования нейроиммуноэндокринной системы, что способствует развитию многочисленных патологий, одной из которых является дисфункция гонад. Это, в свою очередь, отражается на деятельности других систем, в частности на водно-солевом гомеостазе. Исследованы некоторые показатели водно-солевого обмена белых крыс при различных методах коррекции овариальной недостаточности. В условиях хронического эксперимента у самок белых крыс путём двусторонней овариэктомии моделировали гонаддефицитное состояние. После формирования кастрационного синдрома проводили его коррекцию с использованием различных методов заместительной гормональной терапии, а также ксено- и аллотрансплантации культуры овариальной ткани. Установлено, что гормональные методы коррекции овариальной недостаточности оказывали более выраженный, но краткосрочный эффект, в то время как трансплантационные методы воздействовали на показатели водно-солевого обмена длительно и ближе к физиологической норме (в особенности аллотрансплантация культуры овариальной ткани).

Ключевые слова: экокризисный регион, нейроиммуноэндокринная система, водно-солевой гомеостаз, овариальная недостаточность, трансплантация овариальной ткани.

Введение

Не секрет, что за последние два столетия, в связи с научно-техническим прогрессом, увеличением численности населения и его потребностей, экологическая обстановка на планете всё более ухудшается. Особенно это относится к так называемым экокризисным регионам. Одним из таких регионов в нашей стране, безусловно, является Донбасс. Среди факторов, влияющих на организм людей, проживающих в данном регионе, следует особо выделить радиационное и химическое загрязнение окружающей среды. В результате подобных деструктивных воздействий, функционирование всего организма и отдельных его систем претерпевает существенные изменения. Например, показатели иммунитета у условно здорового населения экокризисного региона существенно отличаются от таковых в регионах с экологически более благоприятной обстановкой [7-10, 13]. Естественно, что и процент развития различных системных заболеваний в экокризисном регионе будет выше. Это вызвано многочисленными и разнообразными нарушениями механизмов нейроиммуноэндокринных взаимодействий. Отсюда появление всё большего числа случаев труднодиагностируемых патологий.

Одним из звеньев, наиболее чувствительных к неблагоприятным физическим и химическим воздействиям являются железы внутренней секреции. Изменения гормонального баланса могут сопровождаться различной симптоматикой и, в конечном итоге, приводить к значительному ухудшению качества жизни. К числу таких комплексных патологий можно отнести дисфункцию гонад.

Заболевания, связанные с расстройством деятельности половых желез, являются достаточно распространенными. Они характеризуются не только нарушениями функций половой системы (такими как стерильность, отклонения от нормы овариального цикла, аменорея, изменение полового поведения), но и множественными расстройствами других систем организма. Понижение уровня стероидных гормонов влечет за собой целый комплекс вегето-сосудистых, обменно-эндокринных и психо-эмоциональных нарушений, из которых наименее изученными являются две последние группы. Обменно-эндокринные расстройства выражаются в деструкции костно-суставно-мышечной системы, прибавке веса, атрофических изменениях гениталий, повышенном выпадении волос, нарушении секреции кожных желёз, сухости слизистых оболочек [2, 4].

В основе названных патологий лежит, прежде всего, нарушение гормонального профиля, и, как следствие, водно-электролитного баланса в организме. Содержание в клетке воды и солей строго поддерживается на определенном уровне, и смещение концентрации этих элементов приводит к тяжелым нарушениям жизнедеятельности живых организмов.

Восстановление уровня секреции половых гормонов проводилось до недавнего времени преимущественно методом заместительной гормональной терапии [1, 3, 12, 14], однако с развитием такого нового направления в медицине, как трансплантология, пересадка культур тканей, в том числе и железистых, стала новым перспективным способом коррекции гормональной недостаточности [4-6].

Целью нашей экспериментальной работы было изучение некоторых показателей водно-солевого обмена белых крыс при различных методах коррекции овариальной недостаточности.

Исследования проводились на базе лаборатории "Фундаментальной и прикладной нейрофизиологии" НАН Украины, кафедры нормальной физиологии ДонНМУ им. М. Горького.

Материалы и методы исследований

Опыты проводили на самках беспородных белых крыс, массой 200-250 г., с устойчивым 4-х дневным эстральным циклом, стадии которого устанавливали методом вагинальных мазков. Животных разделяли на 7 групп. Первую группу составляли интактные особи. Во вторую и третью – входили контрольные животные, которым осуществляли соответственно ложную операцию и овариэктомию. Четыре опытные группы составляли овариэктомированные самки, которым спустя 2 недели после формирования кастрационного синдрома проводили различные варианты коррекции. Первая опытная группа получала традиционную заместительную гормонотерапию путём однократного подкожного введения эстрадиол-дипропионата в дозе 50 международных единиц, второй – в течение 5 дней наносили на кожу корня хвоста гормональный препарат "Дивигель", содержащий эстрадиол в дозе 1 мг на 1 г препарата (общая доза 0,1 мг/кг), третьей группе осуществляли аллотрансплантацию культуры овариальной ткани, четвёртой – ксенотрансплантацию культуры овариальной ткани.

Материал для аллотрансплантации готовили следующим образом. У крыс в начальной стадии постнатального развития в асептических условиях забирали яичники. Ткань механически измельчали, диспергировали и обрабатывали различными ферментативными комплексами. Полученный клеточный материал помещали в смесь из среды 199, среды Игла-МЕМ и эмбриональной телячьей сыворотки и культивировали в течение недели [11]. Полученную культуру овариальной ткани набирали в шприц и вводили в прямую мышцу живота реципиента. Для ксенотрансплантации использовали фетальный человеческий материал, взятый у плода на 3-4 неделях развития. Культивирование осуществляли аналогичным способом. Перед пересадкой культуральную жидкость тестировали на гормональную активность.

У всех крыс проводили учет суточного потребления воды и солевого раствора (0,9%), а также выделение мочи и концентрации в ней хлоридов. У группы животных после овариэктомии исследования начинали через 2 недели. Животных с алло- и ксенотрансплантацией культуры овариальной ткани, а также крыс, которым осуществляли традиционную заместительную гормональную терапию, начинали тестировать через неделю после соответствующей коррекции.

Определение хлоридов в моче проводилось по методу Мора.

Статистическая обработка данных проводилась в программе Excel с использованием критерия Краскела-Уоллиса.

Результаты исследований

При сравнении средних значений потребления воды крысами разных экспериментальных групп были получены следующие результаты (рис. 1).

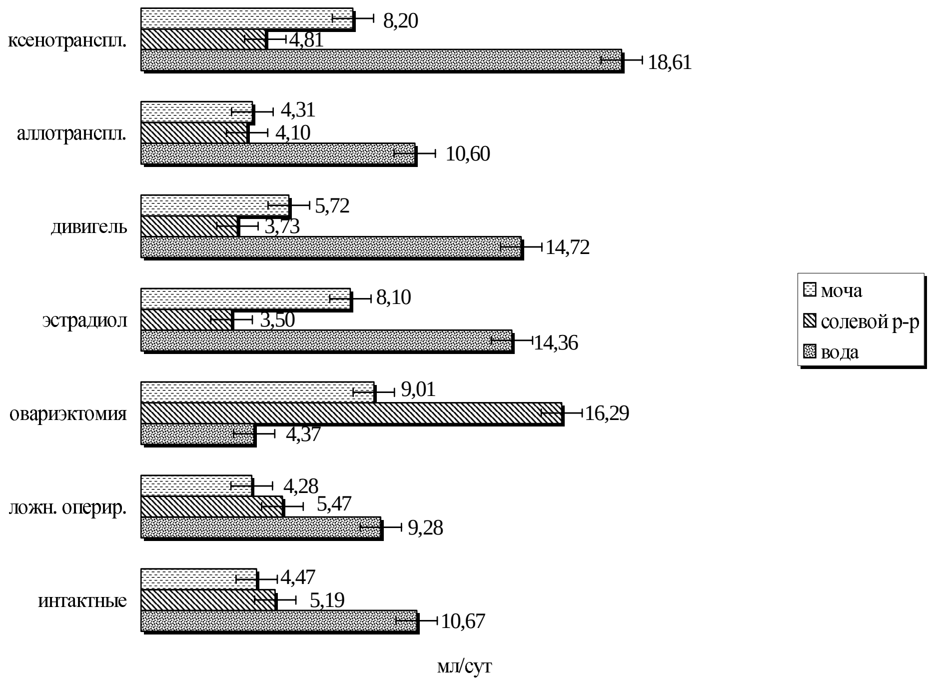


Рис. 1. Изменения значений суточного потребления воды, солевого раствора и выделения мочи у крыс после овариэктомии и при различных вариантах коррекции овариальной недостаточности

Как видно на рис. 1, потребление воды у ложнооперированных животных практически не отличалось от нормы. Овариэктомия двукратно достоверно снижала этот показатель как по сравнению с интактными животными (Н = 29,78), так и по сравнению с ложнооперированными крысами (Н = 23,36). Применение ЗГТ приводило к резкому увеличению потребления воды до уровня достоверно более высокого, чем у интактных крыс. Причём введение эстрадиола оказывало несколько более выраженное действие (Н = 8,50 при сравнении с интактной группой и Н = 35,81 при сравнении с овариэктомированными самками), чем применение препарата "Дивигель" (Н = 8,11 при сравнении с интактными крысами и Н = 34,35 при сравнении с овариэктомированными животными).

В группе животных, которым осуществляли аллотрансплантацию культуры овариальной ткани, потребление воды достоверно увеличивалось по сравнению с овариэктомированными самками (Н = 25,06) до уровня интактных крыс (Н = 0,45). При сравнении группы крыс, которым осуществляли аллогенную пересадку культуры ткани яичников с группами крыс, которым проводили ЗГТ, во всех случаях были отмечены достоверные различия. Схожий эффект наблюдался в группе животных с ксенотрансплантатом культуры овариальной ткани. В данной группе потребление воды достоверно увеличивалось не только по сравнению с овариэктомированными крысами (Н = 49,46), но и по сравнению с интактной группой (Н = 25,46). Эта группа не имела достоверных различий ни с особями, которым вводили эстрадиол-дипропионат, ни с животными, которым наносили "Дивигель". Сравнивая суточное потребление воды животными после алло- и ксенотрансплантации мы отметили достоверные различия между этими группами (Н = 7,25).

В целом, можно сказать, что из всех примененных вариантов коррекции яичниковой недостаточности наиболее физиологичным методом, восстанавливающим исходный уровень потребления воды, оказался метод аллотрансплантации культуры овариальной ткани.

При сравнении среднесуточных значений потребления солевого раствора было отмечено достоверное увеличение по сравнению с интактной группой данного показателя у ложнооперированных крыс (Н = 4,57), и почти пятикратное увеличение у крыс после удаления яичников (Н = 64,17). Также можно указать на достоверные различия между овариэктомированными и ложнооперированными животными (Н = 43,43) (рис. 2).

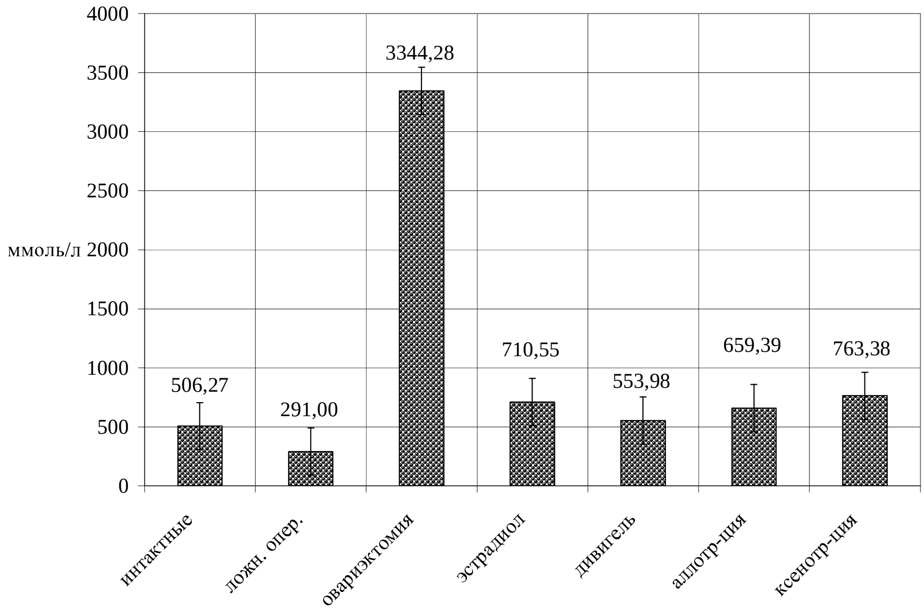


Рис. 2. Изменение концентрации хлоридов в моче у крыс после овариэктомии и при различных вариантах коррекции овариальной недостаточности

Все примененные нами варианты коррекции овариальной недостаточности оказались эффективны в возвращении потребления солевого раствора к норме, и различия между данными группами и интактными крысами оказались недостоверны, в то время как различия между ними и овариэктомированными самками были достоверны.

Следует отметить, что применение ЗГТ и аллотрансплантация культуры овариальной ткани оказывали большее воздействие, вызывая даже некоторое понижение потребления солевого раствора по сравнению с нормой, в то время как ксенотрансплантация восстанавливала значения этого показатель наиболее близко к физиологической норме.

Анализ средних значений суточного выделения мочи показал, что ложная операция практически не оказывает влияния на этот показатель, овариэктомия достоверно (Н = 24,96) увеличивает его почти в 2 раза. Были отмечены также достоверные различия между овариэктомированными и ложнооперированными особями (Н = 15,09).

Применение в качестве корректора гонаддефицитного состояния эстрадиол-дипропионата не дало существенных результатов. Было выявлено достоверное различие между этой группой и интактными животными (Н = 37,50), в то время как сравнение с овариэктомированными крысами достоверных различий не показало (Н = 0,44).

ЗГТ препаратом "Дивигель" несколько снижала выделение мочи крысами, не доводя его до уровня интактных (Н = 7,85), однако, достоверно снижая по сравнению с овариэктомированными самками (Н = 4,03).

Животные, которым осуществляли ксенотрансплантацию культуры ткани яичников, недостоверно снижали суточное выделение мочи по сравнению с овариэктомированными особями. В то же время выделение мочи крысами этой группы были достоверно выше, чем у интактных особей.

Как и в предыдущих случаях, наибольший эффект был достигнут при аллотрансплантации культуры овариальной ткани. Животные данной группы показали результаты, достоверно не отличающиеся от интактной группы (Н = 0,79).

Представляет интерес сравнение средних значений концентрации хлоридов в моче у опытных групп крыс. Так, ложная операция незначительно снижала этот показатель относительно нормы (Н = 1,84). Овариэктомия приводила к резкому увеличению (почти в 10 раз) содержания ионов хлора в моче (Н = 74,89). Столь же существенными были различия между ложнооперированными и овариэктомированными особями (Н = 48,22).

Все примененные нами методы коррекции овариальной недостаточности значительно и достоверно (Н = 40,46 для группы животных, которым вводили эстрадиол-дипропионат, Н = 43,18 для группы, которая получала "Дивигель", Н = 32,60 для группы с аллотрансплантацией, Н = 58,10 для группы с ксенотрансплантацией) снижали значения данного показателя по сравнению с овариэктомированными крысами. В то же время следует отметить существование достоверных различий между указанными группами и интактными животными, что позволяет говорить о том, что ни один из примененных методов не приводил к полному восстановлению значений данного показателя.

При сравнении использованных нами вариантов ЗГТ, можно увидеть, что эффект препарата "Дивигель" был мягче, чем при использовании обычного эстрадиола, однако, эти различия носили недостоверный характер (Н = 2,99). Сравнивая трансплантационные методы коррекции, следует отметить в целом схожие результаты. Достоверные различия между алло- и ксенотрансплантацией отсутствовали (Н = 0,93).

Таким образом, на основании проведенных опытов можно говорить о существенном влиянии развивающейся овариальной недостаточности, вызванной двусторонним удалением яичников, на изучаемые показатели водно-солевого обмена. Так, происходило резкое снижение потребления воды на фоне увеличения потребления солевого раствора. Повышалось выделение мочи, и практически на порядок повышалась концентрация в ней ионов хлора. Было установлено, что проведение ложной операции не оказывало выраженного влияния на данные показатели. Это позволило нам исключить воздействие хирургического вмешательства, и показать, что выявленные изменения могут быть непосредственно связаны с развивающимся нарушением профиля половых гормонов в крови, и, как следствие этого, возможным нарушением цикличности секреции и уровня гипоталамо-гипофизарных пептидов и гормонов надпочечников.

Примененные нами методы купирования посткастрационного синдрома по-разному влияли на водно-солевой обмен крыс. Однократное введение эстрадиол-дипропионата вызывало у овариэктомированных самок резкое увеличение потребления воды (даже более выраженное, чем у интактных животных), снижало потребление солевого раствора до уровня нормы, не оказывало влияния на выделение мочи, однако существенно снижало концентрацию в ней хлоридов. Обращает на себя внимание тот факт, что практически все изучаемые показатели водно-солевого обмена в этой группе крыс корректировались экзогенным введением гормона, но всё же существенно отличались от нормы.

Сходный, хотя и физиологически более мягкий, эффект оказывал препарат "Дивигель". Он также повышал потребление воды овариэктомированными животными, восстанавливал потребление солевого раствора, снижал суточное выделение мочи и концентрацию в ней ионов хлора. В целом, можно сказать, что примененные в данном исследовании варианты ЗГТ оказывали сходный эффект, корректируя водно-солевой обмен, но, не доводя его до исходного уровня, причём применение препарата "Дивигель" оказывало более выраженное воздействие, что может быть связано как со способом его введения в организм, так и с длительностью его эффекта.

Трансплантационные варианты коррекции овариальной недостаточности оказались физиологически более эффективными в плане восстановления исходного уровня водно-солевого обмена. Потребление воды, солевого раствора, жидкости и выделение мочи у крыс с аллотрансплантатом практически не отличались от нормы, в то время как концентрация хлоридов в моче снижалась до того же уровня, что и при ЗГТ. В группе самок с ксеногенной культурой тканей яичников наблюдалось резкое увеличение потребления воды, существенно превышающее суточную норму. Потребление солевого раствора снижалось до уровня интактных животных. Также было резко увеличено общее потребление жидкости крысами. Выделение мочи было более высоким, чем в группе аллотрансплантированных крыс, и достоверно не отличалось от самок с удалёнными яичниками. Концентрация ионов хлора находилась на том же уровне, что и при других вариантах коррекции.

Снижение концентрации половых гормонов в крови, вызванное овариэктомией, приводило к выраженному дисбалансу в системе водно-солевого обмена. Это выражалось в увеличении диуреза и в потере ионов натрия, кальция и хлора, что включало механизмы активации солевого аппетита. Вероятно, наблюдавшееся нами увеличение концентрации хлоридов в моче может служить косвенным критерием оценки нарушений обмена натрия и кальция, вызванных овариальной недостаточностью. Можно предположить, что увеличение количества at-1 рецепторов у овариэктомированных крыс [15] приводит к снижению секреции альдостерона и, соответственно, увеличению экскреции ионов натрия, а, следовательно, воды и хлоридов из организма.

Примененные нами методы коррекции овариальной недостаточности в целом нормализовали изучаемые показатели водно-солевого обмена, хотя их эффективность была различна. ЗГТ на начальном этапе оказывает выраженный эффект, восстанавливая уровень эстрадиола и, соответственно, секрецию мозговых пептидов, но с инактивацией и выведением гормона эффект исчезает и показатели водно-солевого обмена возвращались к характерным для овариэктомированных крыс. Из применявшихся гормональных методов коррекции более выраженное физиологическое воздействие оказывал препарат "Дивигель".

В доступной литературе нам не удалось обнаружить информации по изучению данных показателей водно-солевого обмена после трансплантации культуры овариальной ткани. В воздействии пересадки культуры тканей яичников можно выделить два этапа: до приживления и установления сосудистых контактов, когда эффект достигается за счёт гормональной активности культуральной жидкости, и после приживления, когда включаются механизмы продукции половых гормонов собственно клетками трансплантата. Хотя в нашем исследовании мы не можем однозначно говорить об установлении синаптических контактов пересаженной культуры с организмом хозяина, однако в случаях длительного и эффективного функционирования трансплантата нельзя исключать фактор нейрональной регуляции со стороны реципиента.

Выводы

1. Изучаемые показатели водно-солевого гомеостаза обладали выраженной зависимостью от состояния гонад.
2. Овариэктомия приводила к снижению потребления воды (4,37 ± 0,62 мл/сут) при увеличении потребления солевого раствора (16,29 ± 1,03 мл/сут). Соответственно увеличивалось суточное выделение мочи (9,01 ± 1,08 мл/сут) и резко повышалось содержание в ней хлоридов (3344,28 ± 390,75 ммоль/л).
3. Заместительная гормональная терапия эстрадиол-дипропионатом и "Дивигелем" оказывала сходное воздействие, вызывая инверсию показателей водно-солевого обмена, однако не доводя их значения до уровня интактных животных.
4. Трансплантационные варианты коррекции гонаддефицитного состояния восстанавливали показатели водно-солевого обмена в степени наиболее близкой к физиологической норме, причём более эффективной показала себя аллотрансплантация культуры овариальной ткани.
5. В целях углубления знаний механизмов взаимодействия таких составляющих нейроиммуноэндокринной системы, как водно-солевой гомеостаз и функция гонад, а также выяснения возможности применения трансплантации культуры тканей яичников для восстановления системных патологий, вызванных гонаддефицитным состоянием, в особенности в экологически неблагоприятных регионах, исследования целесообразно продолжить.

Список литературы

1. *Гудкова М. А.* Современные принципы гормональной терапии больных с климактерическим синдромом // Акушерство и гинекология. – 1994. – № 2. – С. 7-9.

2. *Кангельдиева А. А.* Нейро-вегетативные и обменно-трофические нарушения у женщин репродуктивного возраста после овариэктомии // Здравоохранение Киргизии. – 1989. – № 2. – С. 37-39.

3. *Кира Е. Ф., Цвелев Ю. В., Бескровный С. В.* Заместительная гормональная терапия постовариэктомического синдрома // Журнал акушерства и женских болезней. – 1999. – Т. 48, вып. 1. – С. 7-11.

4. *Кулаков В. И., Алиханова З. М., Ткаченко Н. М., Молнар Е. М., Сухих Г. Т.* Характер вегетативных реакций у больных после тотальной овариэктомии и их изменения на фоне трансплантации фетальных тканей человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1996. – Т. 121, № 2. – С. 195-199.

5. *Кулаков В. И., Алиханова З. М., Юренева С. В., Сухих Г. Т., Молнар Е. М.* Возможность коррекции синдрома овариэктомии методом трансплантации фетальных тканей человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1995. – Т. 120, № 10. – С. 430-433.

6. *Матицина Л. О., Слюсарев О. А., Ракша-Слюсарева О. А., Алексієнко О. А.* Лікування естрогенної недостатності трансплантацією культур оваріальної тканини // Ендокрінологія. – 2002. – Т. 7, № 1. – С. 89-92.

7. *Особенности* воздействия малых доз ионизирующей радиации на организм горнорабочих угольных шахт Донбасса / Ракша-Слюсарева Е. А., Ластков Д. О., Партас О. В. и др. // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 1998. – Т. 2, № 2. – С. 220-223.

8. *Ракша-Слюсарева Е. А.* Гемато-иммунологический статус ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, проживающих в экокризисном регионе Донбасса, и обоснование коррекции его нарушений: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1998. – 42 с.

9. *Ракша-Слюсарева Е. А., Слюсарев А. А. Шарапов Н. Н., Ревякина Е. Г., Пищита А. В.* Динамика показателей иммунологической реактивности организма условно здорового населения Донецкого региона и патология щитовидной железы // Сб. статей ДонГМУ. – Донецк: ДонГМУ, 2000. – Т. 1, вып. 4. – С. 220-222.

10. *Ракша-Слюсарева Е. А., Трунова О. А.* Исследование активности сывороточного лизоцима у горнорабочих с различными условиями труда // Труд, экология и здоровье шахтеров: Тез. докл. Всесоюз. конф. (г. Донецк, 21-22 мая 1991 г.). – Донецк, 1991. – С. 208-209.

11. *Слюсарев О. А., Друпп Ю. Г., Ракша-Слюсарева О. А., Турчин І. С., Ніколенко Ю. І., Зяблицев С. В.* Спосіб культивування оваріальної тканини пацюків. – №2002065206 от 25.06.2002. – Промислова власність, Бюл. № 2.

12. *Сольський Я. П., Татарчук Т. Ф., Кваша Т. І., Захаренко Н. Ф., Щербина С. Є.* Використання замінної гормональної терапії у жінок після оварієктомії // Педіатрія, акушерство і гінекологія. – 1998. – № 3. – С. 104-106.

13. *Трунова О. А.* Состояние иммунологической реактивности при пылевой патологии легких у горнорабочих угольных шахт Донбасса: Автореф дис. ... канд. мед. наук. – К., 1989. – 21 с.

14. *Юренева С. В.* Эффективность препарата Дивигель у пациенток с хирургической менопаузой // Журнал акушерства и женских болезней. – 2001. – Т. 50, вып. 4. – С. 72-73.

15. *Wu Z., Maric C., Roesch Dm., Zheng Z., Sandberg K.* Estrogen regulates adrenal angiotensin at1 receptors by modulating at1 receptor translation // Endocrinology. – 2003. – V. 144, N 7. – P. 3251-3261.

Казаков В. М., Тарапата Н. І., Кравцов П. Я., Кустов Д. Ю., Слюсарев О. А., Ракша-Слюсарева О. А., Друпп Ю. Г., Кокіна І. В. **Зміни водно-сольового гомеостазу при гонаддефіцитному стані і його корекції. –** Деструктивний вплив фізичного і хімічного забруднення навколишнього середовища на організм призводить до змінення функціонування нейроімуноендокринної системи, що сприяє розвитку численних патологій, однією з яких є дисфункція гонад. Це, у свою чергу, відбивається на діяльності інших систем, зокрема, на водно-сольовому гомеостазі. Досліджено деякі показники водно-сольового обміну білих щурів за різними методами корекції оваріальної недостатності. За умов хронічного експерименту у самок білих щурів через двобічну оваріектомію моделювали гонаддефіцитний стан. Після формування кастраційного синдрому проводили його корекцію з використанням різних методів замісної гормональної терапії, а також ксено- та алотрансплантації культури оваріальної тканини. Встановлено, що гормональні методи корекції оваріальної недостатності викликали більш виражений, але короткочасний ефект, проте трансплантаційні методи впливали на показники водно-сольового обміну довше і були ближчі до фізіологічних норм (особливо – алотрансплантація культури оваріальної тканини).

Ключові слова: екокризисний регіон, нейроімуноендокринна система, водно-сольовий гомеостаз, оваріальна недостатність, трансплантація оваріальної тканини.

Kazakov V. N., Tarapata N. I., Kravtsov P. Ya., Kustov D. Yu., Slyusarev A. A., Raksha-Slyusareva E. A., Drupp Yu. G., Kokina I. V. **Water-salt homeostasis changes in gonadal-deficient state and its correction. –** Destructive effects of physical and chemical environmental pollution on the organism modify function of the neuro-immune-endocrinal system, promoting development of numerous pathological changes, inclusive of gonadial dysfunction. This, in turn, affects other systems' activity – in particular, water-salt homeostasis. The objective of this work was to study some indices of water-salt metabolism in various methods of ovarian insufficiency correction in white rats. Gonadial-deficient status was modelled in female white rats under chronic experiment conditions. After castration syndrome being formed, it was corrected through various methods of hormonal replacement therapy, as well as ovarian tissue culture xeno- and allotransplantation. It was revealed, that hormonal methods of ovarian insufficiency correction had more evident but short-term effect, whereas the transplantation methods influenced the water-salt metabolism indices protractedly and closer to the physiological norm (especially, ovarian tissue culture allotransplantation).

Key words: ecological crisis region, neuro-immune-endocrinal system, water-salt homeostasis, ovarian insufficiency, ovarian tissue transplantation.

УДК 612.821.3/+575.3/7

А. М. Максимович

АДАПТОГЕНЫ В КОМПЛЕКСНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПСИХО-НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТРЕССОВ

Черкасский медицинский колледж; 18000, г. Черкассы, ул. Крещатик, 215
e-mail: legalizer@ukr.net

Максимович А. М. **Адаптогены в комплексном восстановлении психо-нервной деятельности после хронических экологических стрессов.** – Статья посвящена восстановлению психической деятельности, расстроенной хроническим экологическим стрессом с помощью растительных адаптогенов. Проведена аналогия между механизмом действия высшей нервной деятельности и современной вычислительной техники.

Ключевые слова: адаптонены, екология, нервная деятельность.

Ведение

Экологическая ситуация и условия труда на предприятиях Украины негативно влияют на состояние здоровья населения. Значительно повысился уровень общей заболеваемости, инвалидности, смертности. В.А. Максимович, Н.В. Говта [6] обнаружили, что экологические факторы, прежде всего, неблагоприятно влияют на психику. Появилась необходимость восстановления психической деятельности после хронических экологических стрессов. Для этих целей целесообразно рассмотреть такую фармакологическую группу, как адаптогены. Они являются средствами повышения защитных сил организма к неблагоприятным факторам. Хотя отнесение того или иного препарата к группе адаптогенов только по одному лишь этому признаку нерационально. Наркотики, снотворные, и такие препараты, как бромистый калий, в некоторых ситуациях могут защитить организм от повреждений. Но в то же время они сильно понижают жизнедеятельность и обмен веществ. Появилась необходимость задания критериев к группе веществ, называемых адаптогенами.

По предложению профессора И. И. Брехмана [4] было выдвинуто 4 требования:

1) адаптоген должен вызывать минимальные функциональные сдвиги в организме либо вовсе их не вызывать, проявляя свое действие только на соответствующем фоне предварительно наступивших изменений;

2) адаптоген должен повышать сопротивляемость организма ко многим факторам;

3) действие адаптогена должно быть тем выраженнее, чем сильнее предварительные сдвиги в организме;

4) адаптоген должен обладать нормализирующим действием, независимо от направления предшествующих сдвигов.

Учитывая эти критерии, наиболее подходящими, а также доступными являются растительные адаптогены, такие как:

– элеутерококк – адаптоген средней силы, 116-130 стимулирующих единиц (СЕД). Он защищает от стрессов, отлично выводит токсины из организма, помогает переносить жару и гипоксию, хорошо восстанавливает силы после физических нагрузок. Он способен повышать артериальное давление, в связи с чем показан гипотоникам. Кроме того, проявляет антиоксидантное действий, и замедляет старение организма. Никакие заменители элеутерококка не могут сравниться с ним по эффективности. Недаром его, а не другие адаптогены, принимают космонавты России и США во время выполнения космических заданий.

– женьшень – адаптоген средней силы, 108-119 СЕД. Предельная доза жидкого экстракта женьшеня – 16,5 г/кг. Он снижает сахар в крови, из-за чего полезен людям, страдающим сахарным диабетом. Его широко применяют как тонизирующее средство в случае упадка сил в результате умственного или физического переутомления, повышенных нагрузок, пониженного артериального давления, для реабилитации после болезней. Женьшень улучшает деятельность сердечно-сосудистой системы, органов чувств, в частности, улучшает зрение и слух, нормализует кровообращение мозга, наполнение тканей кислородом, ускоряет заживление ран, благоприятно действует на органы пищеварения и печень, положительно влияет на деятельность репродуктивных органов, в частности, в случае понижения половой функции. Установлено, что женьшень повышает умственную активность больше, чем физическую. Под его влиянием одновременно усиливаются как процессы возбуждения, так и процессы торможения в коре головного мозга.

В работах И. И. Брехмана доказано, что женьшень и элеутерококк стимулируют регенерацию тканей тела. Как уже было сказано ранее, женьшень и элеутерококк усиливают процессы торможения и возбуждения в коре головного мозга (почти вдвое), а также способствуют процессам синтеза клеток (в данном случае нейронов), а значит, скорость и качество работы памяти повышается. Возможный механизм, сопровождающий преобразования информации в нервных структурах, может быть найден в современной литературе [2] по вычислительной технике (логические основы ЭВМ).

В соответствующей литературе [5] известны так называемые регистры сдвига, представляющие собой последовательно соединенные ячейки памяти с двумя возможными состояниями (рис. 1) в двоичной системе 0 и 1.

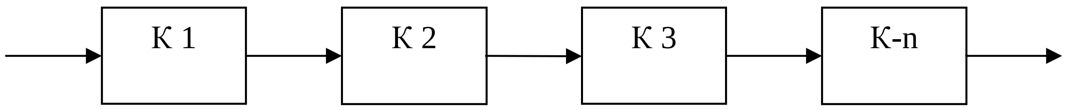


Рис. 1. Регистр сдвига

Информация, предназначенная для запоминания в таком регистре сдвига, подается на вход первой ячейки, и первый знак этой последовательности "нулей" и "единиц" записывается в первую ячейку регистра. Затем эта информация передается во вторую ячейку, а в освободившуюся при этом первую записывают очередную последовательность двоичных знаков. В результате "сдвигов" по регистру вся последовательность поступающей информации на вход первой ячейки будет записана в регистре, если он имеет соответствующее количество ячеек. Под понятием "ячейка" можно подразумевать элементы памяти, например, нейроны с их отростками (аксоном и дендритами (рис. 2)).

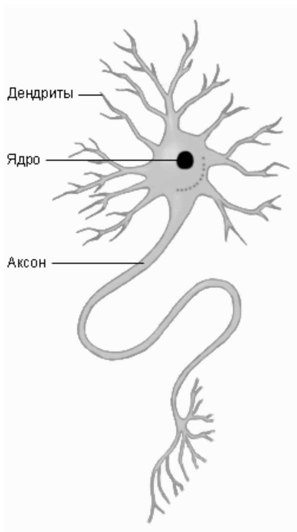


Рис. 2. Ячейка регистра – нейрон

На основе регистров сдвига строятся более сложные регистры – регистры сдвига с обратными связями (РСОС). Такой отдельный регистр изображен на рис. 3.

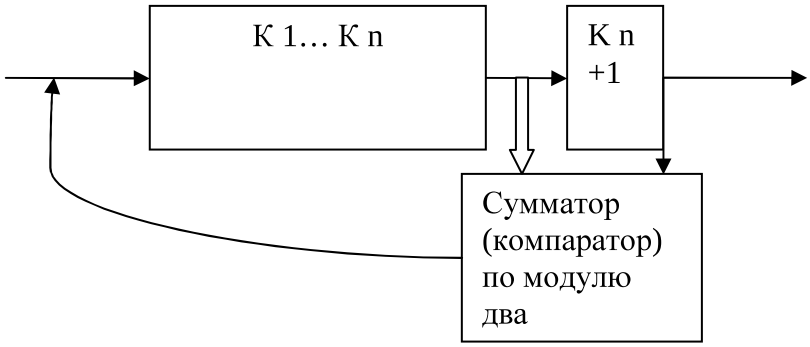


Рис. 3. Регистры сдвига с обратными связями (РСОС)

В сумматор поступает входящий в ячейку К n +1 сигнал "a" (толстая стрелка слева от ячейки), а также выходящий из ячейки сигнал "b" (тонкая стрелка справа от ячейки). В сумматоре в зависимости от сочетания этих сигналов ("нули" или "единицы") образуется логический результат их суммирования "S" (табл. 1) в соответствии с "логическими функциями" [1].

Таблица 1

Логический результат суммирования

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Из сумматора результат в виде 1 либо 0 поступает на вход РСОС. Если результат был равен нулю, то на ячейку К1 действует лишь внешняя информация. Если результат был равен единице, то значение внешней информации существенно усиливается, и она будет циркулировать по регистру до перехода в ячейку хранилища – долговременной памяти (на рис. 3 не обозначена) Действительно, для того чтобы хранить в памяти последовательность, состоящую, скажем, из миллиона знаков, требуются всего около двадцати ячеек регистра, не считая элементов схемы обратной связи.

Если увеличить количество элементов регистра, то тем самым повысится количество запоминаемой информации. Элементы регистра связаны с помощью синапсов. По большинству синапсов сигнал передаётся химическим путём. Нервные окончания разделены между собой синаптической щелью шириной около 20 нм. Нервные окончания имеют утолщения, называемые синаптическими бляшками; цитоплазма этих утолщений содержит многочисленные синаптические пузырьки диаметром около 50 нм, внутри которых находится медиатор – вещество, с помощью которого нервный сигнал передается через синапс. Прибытие нервного импульса вызывает слияние пузырька с мембраной и выход медиатора из клетки. Примерно через 0,5 мс молекулы медиатора попадают на мембрану второй нервной клетки, где связываются с молекулами рецептора и передают сигнал дальше. Так как адаптогены стимулируют синтез белков, а медиаторы это и есть белки, то скорость и продолжительность передачи импульсов будет увеличена.

Есть второй тип передачи сигналов по нервным клеткам в виде электрических импульсов. Электрофизиологические исследования показали, что мембрана аксона с внутренней стороны заряжена отрицательно по отношению к наружной, и разница потенциалов составляет примерно -65 мВ. Этот потенциал, так называемый потенциал покоя, обусловлен разностью концентраций ионов калия и натрия по разные стороны мембраны. При проведении сигнала потенциал действия на внутренней стороне мембраны увеличивается до +40 мВ. Он возникает за счет кратковременного увеличения проницаемости мембраны аксона для ионов натрия и входа последних в аксон (около 10^{-6}% от общего числа ионов Na^{+}). Примерно через 0,5 мс повышается проницаемость мембраны для ионов калия; они выходят из аксона, восстанавливая исходный потенциал. В случае же применения адаптогенов проницаемость мембраны для ионов калия повышается быстрее. В приведенной аналогии из вычислительной техники медиаторы играют роль связей между ячейками, а тормозной нейрон – роль сумматора. Он пропускает импульсы только со значением 1 (в соответствии с табл. 1). Эти свойства можно использовать не только для профилактического применения, но также и для восстановления работы нервной системы в периоды хронического переутомления.

В медицинской практике для этих целей применяют психостимуляторы [3]. К примеру, стимуляторы фенаминового типа вызывают быстро наступающий и сильный психостимулирующий эффект, который проявляется в снятии чувства усталости, – но это только мобилизация накопленных ресурсов организма. При систематическом применении может наступить истощение медиаторов в нервных окончаниях с потерей способности к адаптации, а также развивается пристрастие к данному препарату. В случае же с растительными адаптогенами при терапевтических дозах трудно нанести вред организму, а уж тем более спровоцировать необратимые изменения. Они не вызывают привыкания, но тоже окажут стимулирующий эффект, повысив при этом защитные силы организма к разнообразным неблагоприятным факторам. Самое главное, произойдет восстановление поврежденного механизма нервной системы, и качество работы НС будет даже выше, чем до переутомления.

Все вышеизложенное характеризовало, в основном, так называемые сукцессивные, т. е. распределенные во времени, процессы, к которым относится слуховое восприятие. Однако соответствующие модели недостаточны для характеристики симультанных (одновременных) процессов, к которым относится зрительное одномоментное восприятие целостного образа или даже сцены.

Для передачи одномоментных сложных сигналов в современной теории радиосвязи разработаны так называемые широкобазовые сигналы (ШБС), а для их обработки – согласованные фильтры, представляющие собой набор узкополосных фильтров с устройством их временной согласованности. В результате происходит сжатие (компактизация) сигнала во времени и длительности, в базовый набор раз. Если же идет последовательность таких сжатых сигналов (М-последовательность), то и для приема применяется цепочка согласованных цифровых фильтров в виде модернизированного регистра сдвигов с обратной связью.

Применительно к высшей нервной деятельности (психике) прием таких "сжатых" сигналов предусматривает наличие в памяти хотя бы части информации А, содержащейся в сигнале. Это требование в психофизиологии именуют апперцепцией. При этом в нервной структуре может произойти два варианта событий.

1. Кольцо нервных связей, соответствующих известной информационной части передаваемого ШБС (рис. 4 А), ассоциирует (соединяется) с информационными структурами в других уже существующих информационных кольцах В. На этих рисунках темным цветом представлены тормозные нейроны.

2. Кольцо нервных связей, соответствующих известной информационной части передаваемого ШБС, не находит объектов для ассоциации, и поэтому за счет роста дендритов строит новую структуру N (рис. 5).

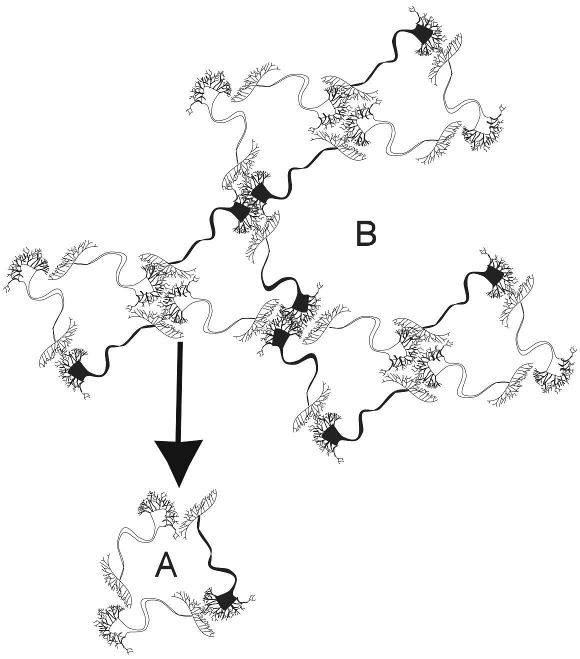


Рис. 4. Нервные связи информационной части передаваемого ШБС

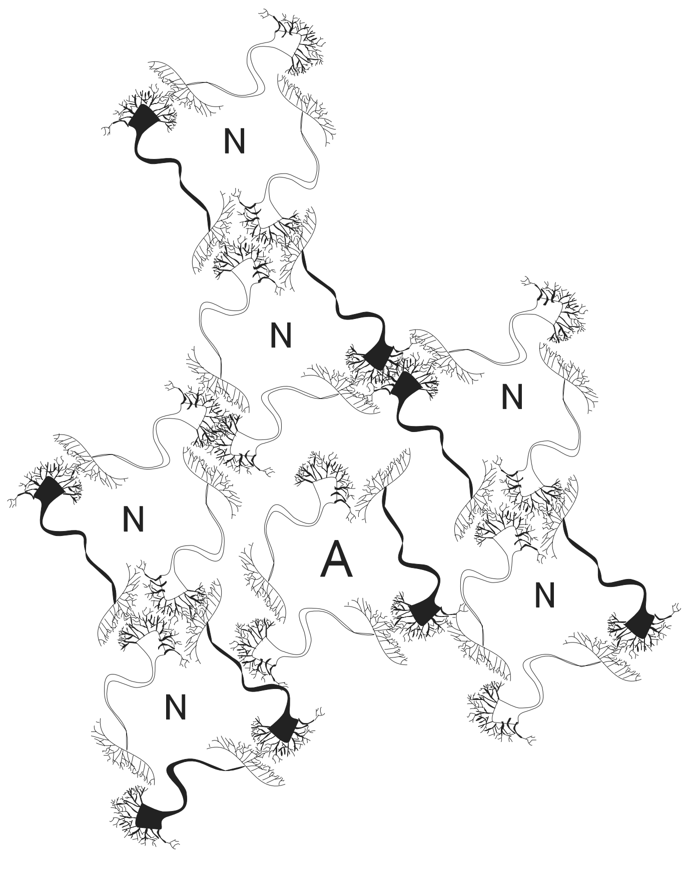


Рис. 5. Новая структура дендритов

Как уже было сказано ранее, адаптогены улучшают синтез белков. Дендриты, состоящие из синтезируемых белков, растут, в результате чего и создается новая структура. Кроме того, синтезируемые белки идут на построение нейронов. При сравнительном испытании различных адаптогенов на группах биопредставителей регистрируют скорость синтеза белков, и тем самым выявляют адаптоген, который наиболее значимо действует на этот показатель.

Выводы

1. Общий механизм восприятия, переработки и запоминания информации в нервной системе может быть объяснен по аналогии с работой вычислительной техники, ее регистрами широкобазовыми сигналами и их приемниками с согласованными во времени обратными связями.

2. При поступлении информации в нервную систему она ассоциируется с уже имеющейся в ней, а новая неизвестная ее часть достраивается путем синтеза белка и тем самым – роста нервных структур. На эти процессы могут влиять адаптогены. Сравнение степени их влияния на синтез белка и нервных структур позволяет выбрать наиболее эффективные адаптогены.

3. Применение адаптогенов целесообразно для восстановления высшей нервной деятельности во время и после экологических стрессов. Особенно в техногенных регионах Украины, где уровень загрязнения в несколько раз превышает норму.

Список литературы

1. *Дулепова Ю., Ершова Н. Ю., Приходченко Р. В.* Логические основы ЭВМ // http://www.dfe3300.karelia.ru/koi/posob/log_basis/index.html.

2. *Могилев А. В., Пак Н. И., Хеннер Е. К.* Информатика. – М.: "Академия", 2006. – 336 с.

3. *Машковский М. Д.* Лекарственные средства: Пособие для врачей: В 2 ч. (изд. 12-е). – М.: Медицина, 1998. – 736 с.

4. *Брехман И. И.* Человек и биологически активные вещества. – Л.: Наука, 1976. – 112 с.

5. *Вильшанский А. Н.* // http://www.geocities.com/geotheism/geos/G003.html.

6. *Максимович В. А., Говта Н. В.* Экология и психика // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 209-220.

Максимович А. М. **Адаптогени у комплексному відновленні психо-нервової діяльності після хронічних екологічних стресів.** – Стаття присвячена відновленню психічної діяльності, порушеної хронічними екологічними стресами за допомогою рослинних адаптогенів. Проведена аналогія між механізмом дії вищої нервової діяльності та сучасної обчислювальної техніки.

Ключові слова: адаптогени, екологія, нервова діяльність.

Maksymovich A. M. **Adaptogeny in complex renewal of psycho-nervous activity after chronic ecological stresses**. – Article is devoted renewal of psychical activity, off-tune chronic ecological stress by vegetable adaptogen. An analogy is conducted between the mechanism of action of higher nervous activity and modern computing engineering.

Key words: adaptogen, ecology, nervous activity.

УДК 88.33

В. О. Максимович, М. В. Говта, М. В. Максимович

ТЕОРІЯ ПСИХІКИ ТА ПСИХІАТРІЇ. ПОВІДОМЛЕННЯ 4. МАРКІВСЬКІ ЛАНЦЮГИ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: nvgovta@mail.ru

Максимович В. О., Говта М. В., Максимович М. В. **Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 4. Марківскі ланцюги. –** Задля моделювання керованих психічних процесів пропонується використовувати марківські ланцюги, особливо у комплексній нелінійній формі.

Ключові слова: марковські ланцюги, мотивація, психопроцес.

Вступ

У попередніх повідомленнях [2] виявлено, що виникнення та розгортання психічних процесів відбувається в невід’ємній єдності керуючої ланки, якою є мотивація, та об’єкта керування, яким є будь-який психічний процес, викликаний мотивацією. Їх розтин окремо на мотивацію та власне психічний процес може бути виправдано лише в науково-аналітичних цілях. У другому повідомлені був змодельований розвиток керованого психопроцесу приспускаючи, що він зосереджений, а не розповсюджений, та цілком детермінований, а не вірогідний. Це було б у такому маргінальному випадку, коли б з самого початку виник лише один образ і його подальший рух був би підпорядкований детермінованій однозначній послідовності, яка обов’язково проходить через усі наперед визначені стадії. Але це не зовсім так. По-перше, завжди, або в більшості випадків, виникає не окремий образ, а сцена з декількох образів, яка в подальшому розгортається не обов’язково узгоджено за всіма силочасовими компонентами. По-друге, перехід образів від його стану, хоч і миттєвого, до другого не є детермінованим, а вірогідним і не обов’язково безперервним, а й дискретним. Майже усім означеним і багатьом не згаданим вимогам відповідає широка і глибока математична модель, яку називають математичні ланцюги Маркова [6]. Вони представляють будь-яку послідовність математичних об’єктів (чисел, символів, множин тощо), між якими існує стохастичний взаємозв’язок. Теорія марківськіх ланцюгів відноситься до теорії випадкових процесів і є важливим, зараз дуже розвинутим підрозділом теорії вірогідності.

Виходячи з вище наведеного, у презентуємій публікації *метою* було застосувати марківські ланцюги до відображення керованих випадкових психічних процесів.

Методи досліджень

Приймемо для початку, що інтенсивність мотивованого психопроцесу може бути трьох градацій: пересічна (позначемо літерою – Л), велика (В) та курдюмівська[1] (К) [1]. Вивчали умовні перехідні вірогідності при зміні інтенсивності з однієї градації до іншої. Примали до уваги те, що одночасно психопроцес не може опанувати дві інтенсивності, бо вони несумісні. Крім того, припустили, що згадані три інтенсивності утворюють повну групу подій. Насправді інтенсивність процесів можна було б градувати дрібнішими порціями, але це б ускладнило дохідливість викладу змісту явища. Між тим незалежно від того, три градації, п’ять, сім чи інша кількість, загальна закономірність зберігається. У генеральну розбудову цього напряму на спрощених прикладах завжди можна внести ускладнюючі обставини й навколо "головної лінії" спорудити додатки, які їй не заперечують.

Результати досліджень

У початковий (нульовий) момент інтенсивність керованого психопроцесу може знаходитись, згідно з методичною конвенцією, в одному із трьох станів-градацій: В, Л або К. При цьому кожна градація могла виникнути з визначеною вірогідністю $\alpha_в^0$, $\alpha_л^0$, та $\alpha_к^0$, що відобразимо знаком вірогідності $P^{(0)}$ вектора строки:

[1] Інтенсивність мотивації, яка з’являється в наслідок, так званих процесів загострення, модель явища якої запропонував у 1976 році С. П. Курдюмов [1].

$$P^{(0)} < \alpha_в^0, \alpha_л^0, \alpha_к^0>, \qquad \alpha_в^0+\alpha_л^0+\alpha_к^0 = 1, \tag{1}$$

де позначка (о) праворуч верхньому місці літер відповідає початковому (нульовому) моменту.

Предмет досліджень та обставини його існування, що згадані вище в методичній частині, дозволяють створити матрицю умовних вірогідностей переходу від одних інтенсивностей на кожному кроці (стадії) змін. Наведена за формулою матриця за своїми властивостями відноситься до стохастичних.

$$П = \begin{bmatrix} & К & В & Л \\ К & \alpha_{кк} & \alpha_{кв} & \alpha_{лв} \\ В & \alpha_{вк} & \alpha_{вв} & \alpha_{вл} \\ Л & \alpha_{лк} & \alpha_{лв} & \alpha_{лл} \end{bmatrix} при \begin{matrix} \alpha_{кк}+\alpha_{кв}+\alpha_{кл}=1 \\ \alpha_{вк}+\alpha_{вв}+\alpha_{вл}=1, \\ \alpha_{лк}+\alpha_{лв}+\alpha_{лл}=1 \end{matrix} \tag{2}$$

де П – матриця переходу; α_{ij} – умовні вірогідності переходу від інтенсивності i до інтенсивності j.

Наведені вектор початкових умов $P^{(0)}$ < > та матриця переходу П дозволяють за допомогою правил векторної алгебри та теорем теорії вірогідності розрахувати інтенсивності психопроцесу після першої ж стадії (етапу, шага):

$$P^{(1)}_{<n>} = P^{(0)}_{<n>} \cdot П, \tag{3}$$

де позначка (1) зверху у Р відповідає стану вірогідності після першого шага.

Оскільки в кожному стані психопроцесів, наприклад, уваги, прийняття рішень тощо, і в кожній сукупності умов вектор початкових умов ($P^{(0)}_{< >}$) і матриця переходу (П) будуть, притаманні різним обставинам, наведемо вигаданий приклад, запозичений у [4]. Алгоритм розрахунків типовий.

Приклад 1. Початкові умови відповідають рівним вірогідностям, тобто $\alpha_i^{(0)} = 1/3$, а $\Sigma\alpha^{(0)} = 1$. Матриця переходу чисельно така:

$$П = \begin{array}{c} \\ К \\ В \\ Л \end{array} \begin{bmatrix} К & В & Л \\ 0,50 & 0,25 & 0,25 \\ 0,50 & 0 & 0.50 \\ 0,67 & 0,33 & 0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Проведемо множення вектора на матрицю (не навпаки) і одержимо вектор:

$$P^{(1)}_{<n>} = < 5/9, 7/36, 1/4>. \tag{5}$$

Тобто найбільша вірогідність після першого кроку буде для стану К = 5/9, значно менша для станів Л = ¼ та В = 7/36.

Але ми проаналізували лише перший крок. Якщо прийняти, що одержаний вектор після першого кроку одночасно є початковим вектором перед другим, то вже його слід множити на матрицю переходу. Узагальнюючи алгоритм, надамо таке рівняння:

$$P^{(m)}_{<n>} = P^{(m-1)}_{<n>} \cdot П \tag{6}$$

Наведене рівняння (6) відноситься до класу рекурентних і має назву рівняння Колмогорова – Чепмена. Є й інший шлях одержати рішення (зліва) у рівнянні (6). Для цього матрицю переходу визначають як аргумент степеневої функції з показником ступеня, який дорівнює кількості кроків m:

$$P^{(m)}_{<n>} = P^{(0)}_{<n>} \cdot \Pi^{m} \quad (7)$$

Із початку творчого процесу його можна вважати подібним до випадкових блукань, які називають броунівським рухом. Це відноситься до ситуації, коли ще чітко не сформульована мотиваційна ціль, бо її формулювання відкидає велику частину блукань і тим самим досягається як кажуть "половина" рішення. Кінець шляху (а іноді й його початок), який завершився успішно або ні, з досягненням чи без цільового результату, відповідного чи ні до еталонного задатчика акцептора, установки чіткого або розпливчатого, називається в теорії ланцюгів поглинаючим. Процес випадкового блукання з кінцевою зупинкою називають процесом із поглинання. Слід сказати, що випадковий процес, наприклад, творчого пошуку може раптово завершитись у будь-який час, на усякій стадії, з різних причин. У випадковому процесі стан j поглинання, тобто припинення процесу, відповідає нульовій вірогідності переходу в якийсь інший стан і та максимальній (одиничній) вірогідності залишитись у стані j.

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } j = i \\ 0 & \text{при } j \neq i \end{cases} \quad (8)$$

Якщо у процесі випадкових блукань буде не одне, а декілька, найпростіше два, стани з поглинанням, віддзеркалити таке явище можливо наступною матрицею переходу:

$$\Pi = \begin{array}{c} \\ R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{array} \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 \\ 1 & 0 & 0 \\ q & 0 & p \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

З матриці переходу (9) видно, що в станах R_1 та R_3, де є поглинання, вірогідність перебування, якщо в них опиниться рух процесу, досягає одиниці – кутові цифри матриці. Перехід із цих станів (R_1 та R_3) в інші – неможливий: вірогідність дорівнює нулю. А перехід з проміжного стану R_2 до R_1 чи R_3 існує: вірогідність переходу з R_2 до R_1 дорівнює q, а з R_2 до R_3 – p, де (p = 1-q).

Припинення (перерви) мотивованого психопроцесу, як тільки що вище відображено, може бути наслідком різних причин. Із початку процесу може зникнути його мотивація і він припиниться. Десь у середині процесу можуть загальмувати експажорні обставини. Процес може досягти свого кінця якимось результатом, іноді успішним, чи навпаки. Так чи інакше, але при наведеному аналізі існувало одне не виголошене припущення, що цей процес невпинно йшов в одному напряму: від мотивованого виникнення до результативного завершення, або остаточного завершення на цій спрямованій траєкторії. Припинення процесу називають, як ми зазначили, його поглинанням. Існує цілий клас поглинаючих станів, який називають зворотним класом, бо процес із нього не виходить, а в нього повертається за будь-яких внутрішніх коливань, тобто затримується в ньому. Цей клас позначають літерою Е.

Але допущення лінійної спрямованості усякої траєкторії процесу до зворотного класу не завжди відповідає реальності. Існує іншій клас траєкторій процесів – незворотній клас. Пояснимо на спостереженнях та особливо самоспостереженнях читача. Не тільки в творчому процесі, а в повсякденному мисленні думка нерідко повертається по декілька разів до вже пройденого, зокрема щоб перевірити правильність попереднього шляху (кроків).

Незворотній клас позначають літерою Q. У середині класу Q виділяють важливі підкласи до яких ми можливо повернемось. Між підкласами є переходи, але вихід процесу з класу незворотній.

Більш цікаво, зрозуміло та повчально, на наш погляд, може бути розгляд класу Q не на прикладі руху окремого образу, а на деякій їх сукупності, сцені цих образів. Вже розташування та зміна розташування образів один до одного багато можуть змінювати в нашій уяві. Згадаймо жартівливу пісню, в якій йдеться про те, як старець, хлопчисько та віслюк міняються місцями "хто на кому" у подорожі і як це сприймається глядачами.

Припустимо, що ми інтроспектуєм сценарій з 5-ти образів, які занумеруємо цифрами 1, 2, 3, 4, 5. Їх взаєморозміщення майже в шеренгу, підпорядковується відомому правилу визначення можливих перестановок із n – об’єктів і дорівнює факторіалу n!, тобто $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 =$ 120 варіантів. Перехід (перетворення) сцени від варіанта до варіанта можливо здійснити та спостерігати інтроспективно, якщо поставлена відповідна мета, наприклад, знайти більш гармонічний варіант інтер’єра з цих п’яти об’єктів. Ось такі переходи без кінцевої зупинки, коли вибір міг би завершитися, й представляти приклад класу Q.

У цьому класі є два підкласи (іноді їх називають класами) ланцюгових процесів, які важливі для створення теорії психіки та психіатрії. Одні марківські процеси називаються ергодичними, інші – регуляторними. Відмінність перших у тому, що множина їх станів, наприклад, вищезгаданий факторіал дозволяє будь-які переходи від одного до іншого об’єктів множини, але не виходу з класу. Зокрема в ергодичному ланцюзі деякі стани можуть утворитися лише через цикл переходів, із-за чого вони називаються циклічними.

У другому типі процесів, які називаються регуляторними, відсутня циклічність. На кожному послідовному кроці можливі будь-які переходи у всі стани всередині Q. Для психіки це більш здоровий хід процесу, ніж "зацикленість".

Із класу Q до класу E існують переходи, які охоплюють проміжній клас R із своєю підматрицею. Виділяють ще один клас так званий, нульовий, якому відповідає нуль-підматриця.

Якщо згадані класи процесів, а не окремі переходи, звести до матриці – сформувати матрицю з класів, то вона буде виглядати у наступному, так званому, канонічному вигляді:

$$\Pi = \begin{bmatrix} E & 0 \\ R & Q \end{bmatrix} \qquad (10)$$

Кожен із блоків цієї компактної матриці може налічувати один, чи декілька композиційних елементів.

Різні важливі підрахунки, наприклад, середню кількість кроків процесу здійснюють за допомогою фундаментальної матриці:

$$M = (E - Q)^{-1}, \qquad (11)$$

де позначка (-1) вказує на операцію обернення.

Таким чином, у вище викладеному матеріалі надано деякі класи марківських процесів, які можливо розповсюджувати й на психіку. Зокрема це класи E та Q. Є ще клас R, який охоплює процеси переходу від незворотного класу Q до зворотнього класу E. В загальній матриці переходів процесів застосовуються згадані класи Q, E, R, а також їх підкласи, які виділяються як підматриці (блоки).

Однак, як було доведено в попередньому повідомленні, кожний психічний процес є багатоякісним і тому його суть краще відображається функціями комплексних змінних, зокрема спінорами. Це ускладнює моделювання психічних процесів, якщо врахувати і їх марківську ланцюгову послідовність. Але в математиці подібні заходи розроблені [5]. Вони обґрунтовані теоретично і застосовуються у фізиці, зокрема прості лінійні комплексні марківські ланцюги, комплексні нелінійні ланцюги (КН-ланцюги) тощо. На нашу думку, саме КН-ланцюги є найбільш наближені до потреб моделювання психічних процесів з врахуванням їх спінорної комплексності.

Психопроцесу в цілому, відповідно до теорії комплексних нелінійних ланцюгів (КН-ланцюгів), притаманна назва елементарної події з віртуальної їх множини (ω_i). Кожна така подія має неадитивну амплітуду, якій у психіці можливо зіставити інтенсивність психопроцесу. Амплітуди (інтенсивності психопроцесів) разом із їх квазіадитивними фазами та набором матриць переходу визначають звичайний КН-ланцюг. Матриці є унітарними з діагональним розташуванням експонент сполучення комплексних визначених характеристик, які обґрунтовані та методично доступні.

Доречно зауважити, що при застосування КН-ланцюгів для відображення фізичних явищ, зокрема квантової механіки, вводиться і формалізується поняття комплексної ентропії.

Висновки

Отже, з кожним повідомленням послідовно ускладнюється процес моделювання психіки. Але поки що ці труднощі можливо подолати, бо є потужні комп’ютери, розроблені програми, діагностичні та інші технології. Але це "поки що". Попереду тернистий шлях. Зокрема слід визначити, як народжується мотивація, яку роль відіграють у цьому безсвідомість, свідомість та матеріальні чинники, а також чинники порушення психіки.

Список літератури

1. *Курдюмов С. П., Князев Е. Н.* Основания синертетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. – СПб.: Алетейя, 2002.
2. *Максимович В., Максимович М.* Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 2. Універсальні закономірності керованих психічних процесів // Донецький Вісн. наук. тов. ім. Шевченка. – Донецьк: Східний вид. дім, 2007.
3. *Марков А. А.* Избранные труды. Теория чисел. Теория вероятностей. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 612 с.
4. *Андреев В. Н., Иоффе А. Я.* Эти замечательные цепи. – М.: Знание, 1987. – 192 с.
5. *Маслов В. П.* Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана. – М.: Наука, 1976. – 191 с.
6. *Мейн Х., Осаки С.* Марковские процессы принятия решений: Пер. с англ. – М.: Физматгиз, 1977. – 176 с.

Максимович В. А., Говта Н. В., Максимович М. В. **Теория психики и психиатрии. Сообщение 4. Марковские цепи. –** Для моделирования управляемых психических процессов предлагается использовать марковские цепи, особенно в комплексной нелинейной форме.

Ключевые слова: марковская цепь, мотивация, психопроцесс.

Maksimovich V. A, Govta N. V., Maksimovich M. V. **Theory of mentality and psychiatry. The message 4. Markovsky chains. –** It is offered to use for modelling of operated mental processes markovsky chains, especially in the complex nonlinear form.

Key words: markovsky chains, motivation, psychoprocess.

УДК 612.821

В. О. Максимович, М. В. Максимович, М. В. Говта

ТЕОРІЯ ПСИХІКИ ТА ПСИХІАТРІЇ. ПОВІДОМЛЕННЯ 5. ВЗАЄМОДІЯ СВІДОМОСТІ З БЕЗСВІДОМІСТЮ ЗА УЧАСТЮ М'ЯЗОВОЇ СИСТЕМИ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: nvgovta@mail.ru

Максимович В. О., Максимович М. В., Говта М. В. **Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 5. Взаємодія свідомості з безсвідомістю за участю м'язової системи. –** Два режими – пильнування і сон, та два підрежими – уві сні з сновидіннями і без них, завжди активні та діють за участю м'язової системи. Подано не лише математичні моделі та схеми, а й загалом про взаємозв'язки свідомості з безсвідомістю з участю м'язової системи та фонематично-моторної і ідео-моторної мови між ними.

Ключові слова: свідомість, безсвідомість, м'язова система.

Вступ

У здорової людини стосунки між свідомістю та безсвідомістю можливо віднести, з позиції теорії ігор [1, 2], до кооперативних. Вони визначені на феноменологічному рівні у багатотомнику [3], а тлумачення свідомості – у [4]. Роль мікрокінетики як системи міофібрил у цьому процесі майже не згадується. *Метою* було формалізувати взаємовідносини між свідомістю та безсвідомістю за участю м'язової системи, як найменше, хоча б на стадії постановки питань.

Методи досліджень

Оскільки публікація дослідження спрямована на теоретичне розв'язання проблеми, то головним методичним прийомом є аналіз та узагальнення інформації за цільовим та суміжним питанням.

Результати досліджень

Аналізуючи чисельні публікації щодо проблем свідомості, безсвідомості та їх взаємодії, привертає увагу, перш за все, закономірність змін сну та пильнування. Сон займає в середньому третину часу, а пильнування – дві третини часу [5]. На рис. 1 відображено перебіг цих режимів.

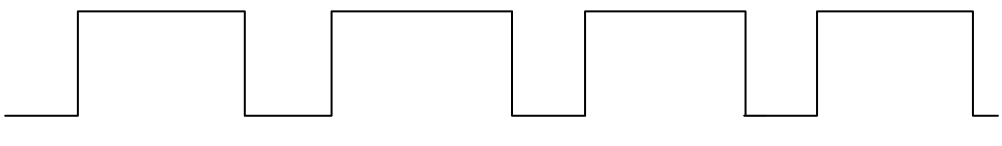


Рис. 1. Схема змін у період пильнування та сну

Такому стану відповідає дія специфічного біологічного регулятора Δ (у подальшому рег-Δ), який найкраще описано в [6]. Рег-Δ працює як безінерційний підсилювач, а його коефіцієнти підсилення можуть стрибкоподібно приймати два дискретні значення: K_1 – коли вхідний сигнал у рег-Δ зростає, K_2 – в протилежному випадку. Алгоритм праці рег-Δ такий:

$$u = \left| \frac{K_1 x}{K_2 x} \right. \left\| \frac{|x|^* > 0}{|x|^* < 0} \right. \qquad (1)$$

де x[1] – вхідний сигнал у рег-Δ; u – вихідний сигнал із рег-Δ.

[*] x розуміють як будь-який сигнал, не тільки помилку регулювання ε.

Рег-Δ відрізняється багатьма корисними, зокрема для біопроцесів, якостями, що наведено в [6]. Але зупинимось лише на деяких. По-перше, його активація здійснюється переважно неспецифічними сигналами, до яких у біології належать сигнали від ретикулярної формації та таламусу. По-друге, гармонічні сигнали, до яких належать синусоїдальні біоритми, не тільки не заважають його праці, узгоджуються з рег-Δ, а в системі автоматичного регулювання, де є інвертори, належно використовуються.

Разом зі зміною сну та пильнування, або навпаки, наступає зміна лідерства свідомості над безсвідомістю, чи безсвідомості над свідомістю. В обох випадках активність зберігається, але відносна перевага змінюється. Щоб визначити кооперативні стосунки двох цих здорових гравців, надамо основні характеристики кожного з них і позначимо їх літерами: Б – активність безсвідомості, С – активність свідомості.

Почнемо з безсвідомості. Головне в ній інстинктивні установки, які породжують довгострокову генеральну домінуючу мотивацію, скорочено ГДМ. На сьогодні розроблено досить об'єктивні методи встановлення таких консервативних установок особистості [20], запропоновано офтальмогеометричний метод, завдяки якому, на зразок дактилоскопії, визначають стійкі індивідуальні риси: добрий, злий, вольовий, боязливий. У [7] ГДМ охоплює три пари (може бути і більше) опонентних координат: волю – підлеглість, доброчинність – злочинність, духовність – матеріальність. Візмемо до уваги, що кожна з названих напівкоординат може бути операціонально визначена на основі сукупності ортогональних компонентів – показників. Наприклад, злочинність визначають за агресивністю, устремлінням до руйнування, завидкостю, сексуальною напругою, підступністю, тощо. Цю сукупність можна продовжити і визначити як стовпчик або рядок матриці. Слід додати, що кожен показник – компонент може змінюватись у часі, має ритм, мінливий детерміновано та вірогідно [2, 9]. Враховуючи все це, найбільш придатною для відображення такого явища як ГДМ є багатошарова n-матриця Крона [10]. Вона дає змогу в кінцевому результаті вийти на скалярну (чисельну позитивну чи негативну) відповідь, яка є одночасно індивідуально-унікальною характеристикою безсвідомості суб'єкта.

Зазначена характеристика використовується у обох режимах активності безсвідомості: у сні та у режимі пильнування, але по-різному. У стані пильнування гравець Б є підлеглим і лише постачає свідомості для прийняття рішень, тобто для поточної домінуючої мотивації, свої установки для врахування. Складніше у режимі сну, в якому Б стає лідером, а С в значній мірі пасивно спрямованим підлеглим. Лідерські функції Б підлягають розтлумаченню.

Очевидно, що у здорової людини психіка працює разом кооперативно, тобто

$$Б+С = 1. \qquad (2)$$

У випадку лідерства безсвідомості різниця між собою та свідомістю буде величина позитивна:

$$(Б – С)>0. \qquad (3)$$

Якщо конвенціально прийнято, що диференціальний поріг масштабу дорівнює 0…1 і цілочисельний, то (Б – С) може знаходитись у межах:

$$(Б-С)=\left|\frac{\max 0,8}{\min 0,2}\right. . \qquad (4)$$

Конкретна величина різниці в (4) залежить від глибини сну. Вона перемінлива, пов'язана з обставинами та особистістю.

Дотримуючись однорідності масштабу, вищеозначена за Кроном індивідуальна характеристика безсвідомості суб'єкта може знаходитись у межах:

$$\beta_Б = \left|0 \ldots \pm 1\right|. \tag{5}$$

Критерієм впливу безсвідомості на свідомість у режимі сну буде:

$$К_{Б>С} = \pm\beta_Б(Б - С), \tag{6}$$

де усі символи визначено якісно за вищевикладеним текстом, а кількісно встановлюється в експерименті.

Подібно до рівняння (6) надамо критерій впливу свідомості на безсвідомість у режимі пильнування:

$$К_{С>Б} = \beta_С(С - Б), \tag{7}$$

де зміст С та Б пояснено у попередньому тексті, а от β – індивідуальна характеристика свідомості потребує пояснення.

У контексті стосунків між свідомістю та безсвідомістю здібності свідомості в решті решт залежать від здібності вчасно приймати правильні рішення. Н. В. Говта та В. А. Максимович надали вектор та його компоненти прийняття рішення [11]. Але цього замало, на прийняття рішення спрацьовують якості уваги, пам’яті, образного та логічного мислення тощо. Усі ці складові компоненти мінливі в часі, вірогідні, керовано змінюються. Єдиний шлях дійти кінцевої відповіді це знов скористатись багатошаровою n-матрицею Крона.

Виникає питання: як і якою мовами спілкуються між собою свідомість та безсвідомість і чи не охоплює відповідь на це питання образність снів, галюцинацій, ще деякі психічні явища?

Ще в 70-ті роки XX століття було зроблено у цьому напрямку непересічне відкриття[**]. Уільям Кондон та Льюіс Сандер встановили, що вже при народженні дитина реагує на кожну окрему фонему, яку вимовляє його мати, унікальним рухом однієї чи маленької групи міофібрил [12, 13]. Потім з сукупності таких рухів, які з’являються у відповідь на фонеми, була зроблена схема фонематично-м’язової мови[***] [15], та був знятий відповідний фільм [14]. Отже було встановлено, подальше підтверджено та доповнено багатьма фахівцями існування фонематично-м’язової мови[****] [21]. Її абетка має 42 фонеми і лише в декількох мовних культурах фонем значно менше, до 16.

У режимі пильнування словесно-логічна та образна інформація відповідними каналами просувається до безсвідомості, де в переважній більшості й накопичується. З потужного потоку інформації лише за найбільш на цей час актуальній і невідкладній її частині свідомістю безпосередньо приймається рішення, яке стає поточною домінуючою мотивацією і перетворюється у відповіді дії. Інша переважна більшість, сприйнятої інформації відкладається у безсвідомості задля подальшого її специфічного аналізу, ієрархування, узгодження з всією попередньою, що є в будь-якій пам’яті, та подальшої утилізації в діяльності та поведінці. Пороги ж з безсвідомості в свідомість долають лише установки генеральної домінуючої мотивації, з якою узгоджується поточне рішення.

Як тільки наступає перехід у режим сна, психологічні пороги доступу до свідомості знижуються. Накопичена у режимі пильнування велика різноманітна інформація викладається на, так званий "стіл" [16]. Вона симультанно аналізується і ієрархізується за

[**] Дещо цитується за Дж. Ч. Пірсом (2006).

[***] У тварин, як і у людей фонематичні сигнали використовуються для імпринтингу (початкового враження), тобто це загальнобіологічне явище (А.Г. Понугаева, 1973).

[****] До речі, мала спроможність тестів з картами Зенера для відповіді на гіпотезу про телепатію пов’язана, на наш погляд, із невідповідністю їх фонетично-м’язової мови, як найменше, малою вірогідністю спроб перетворити їх використання для такого спілкування; крім того, в якості індукторів та перцепієнтів залучають випадкових людей, а не говірливих матерів з їх дитинками, або близнюків.

критерієм, складеним, як найменше з двох якостей: невідкладної важливості та достатності для прийняття рішення. Друга якість за деякою гіпотетичною важливістю викликає сюжети сну, стадію видіння снів.

Пройти поріг можливо і по іншому [17]. Для цього підпорогові сигнали кумулятивно складаються з усіма попередніми і долають поріг (бар'єр), наприклад за рівнянням:

$$U_P(0) = \sum_{k=1}^{l} n_k(\omega) \sum_{i=0}^{\infty} \exp(-t_{k_i} \cdot \tau^{-1}{}_k), \tag{8}$$

де $U_p(0)$ – сумарна сила у мить (0) долання порогу (бар'єру); $n_k(\omega)$ – коефіцієнт для k-го сигналу, який є деякою функцією, яка визначена і наведена автором рівняння; l – загальна кількість сигналів; Σ – ознака суми; t – час сигналу у минулому, тому відлік з мінусом (-t); τ_k – постійна часу кожного сигналу.

На виході, після порога виникає окремий імпульс, або залп імпульсів. Приваблює останнє, бо тільки залпи можуть відрізнятися один від одного і тим самим нести якусь унікальну інформацію. Коли міофібрильний залп перетинає бар'єр до свідомості, то він перекодується. Тут ми повинні нагадати про алгоритмічну двоїну систему А. П. Стахова, про яку йшла мова у Повідомленні 3, і яка не тільки, на наш погляд, використовується задля перенесення інформації з безсвідомості у свідомість [18].

До цієї інформації далі залучається минула з джерел пам'яті, настає процес асоціювання [7]. Цей процес може дати декілька завершень: 1) сам переривається з якихось причин і вирішення немає, не досягнуто; 2) сон завершився рішенням, яке йде у пам'ять, де збагачує тезаурус; 3) сон завершився рішенням, відповідно до якого дії будуть в якійсь формі враховані раніше чи пізніше після пробудження.

Стисло покажемо, що відбувається у м'язовій системі. У протоплазмі (саркоплазмі) сімпласта, скелетному м'язовому волокні містяться вдовж його вісі міофібрили – нитки діаметром біля 1 мкм. Вони є низкою череди темних та світлих дисків, комплекс яких називають саркомером. За кольором диски розташовані з сусідами на одному рівні, тим самим роблячи усе волокно поперечно-смугастим. Саркомери це й є апарат скорочування, мотор м'язового волокна. Їх активація здійснюється проміжним апаратом, який складається з саркоплазматичного ретикулуму – системи трубочок із кінцевими цистернами, а також Т-подібних вп'ячувань м'язового волокна – плазмолеми.

У спадному випадку, коли вектор напряму збудження йде від свідомості чи безсвідомості до м'язових волокон для "тонких" рухів (м'язів пальців, язика, ока тощо) можуть бути поодинокі окремі сигнали до кожного волокна, тобто велика їх щільність. У висхідному випадку коли вектор напряму зворотний до попереднього, тобто від м'язових елементів до свідомості чи безсвідомості, увесь ланцюг ще складніший. Деформація м'язових волокон перетворюється у деформацію рецепторів кінестезії (грец. – відчуття руху) або пропріоцепторів (будемо їх вживати як синоніми). Вони перетворюють сигнали як пропорційно-диференційні ланки, які реагують на величину та швидкість змін м'язових елементів. Г. А. Калімов із співавторами (1987) цитують таку модель в операторній формі [6].

$$H(p) = \frac{T_p + 1}{dT_p + 1}, \tag{9}$$

Такі чи близькі до цього перетворення дозволяють розрізняти найменші особливості механічних зсувів, вібрацій тощо. Контактні (пропріоцептивні) почуття еволюційно є найбільш древніми. Від них залежала і зараз часто залежить безпека життя.

Важливо додати, що тактильно-кінестезичні рецептори обов'язкові компоненти сприйняття і перетворення будь-яких комбінацій сигналів реальної дійсності. В поєднанні з ними здійснюються синестезії (одночасне відчуття), зокрема зорові та слухові. Об’єднання та перетворення один в одного різномодальних сигналів можливо відобразити такою моделлю [19]

$$\sum_{1}^{m} Z_i \cdot E_i = F(\sum_{1}^{n} L_i R_i), \tag{10}$$

де E_i – почуття і-тої модальності; R_i – стимул і-тої модальності; Z_i – коефіцієнт сили окремих почуттів у комбінації Σ; L_i – коефіцієнти вкладу стимулів R_i у прояві комбінаційного почуття.

Таким чином, між свідомістю та безсвідомістю за участю м’язової системи існують два складних ланцюги взаємодії: один за спадним, другий за висхідним напрямам. Їх активність відрізняється у режимах пильнування та сну. При цьому, на наш погляд, головним є зміна рівня психологічного порогу (бар’єру) в тому чи іншому напряму, що тягне за собою інші особливості режимів.

Додамо, що режим сну феноменологічно підрозділяється на два підрежими: без сновидінь та з сновидіннями. Вони різні функціонально. На рис. 2 наведено схеми режимів пильнування та сну. В останньому режимі з підрежимами з сновидіннями (ЗС) та без них (БС).

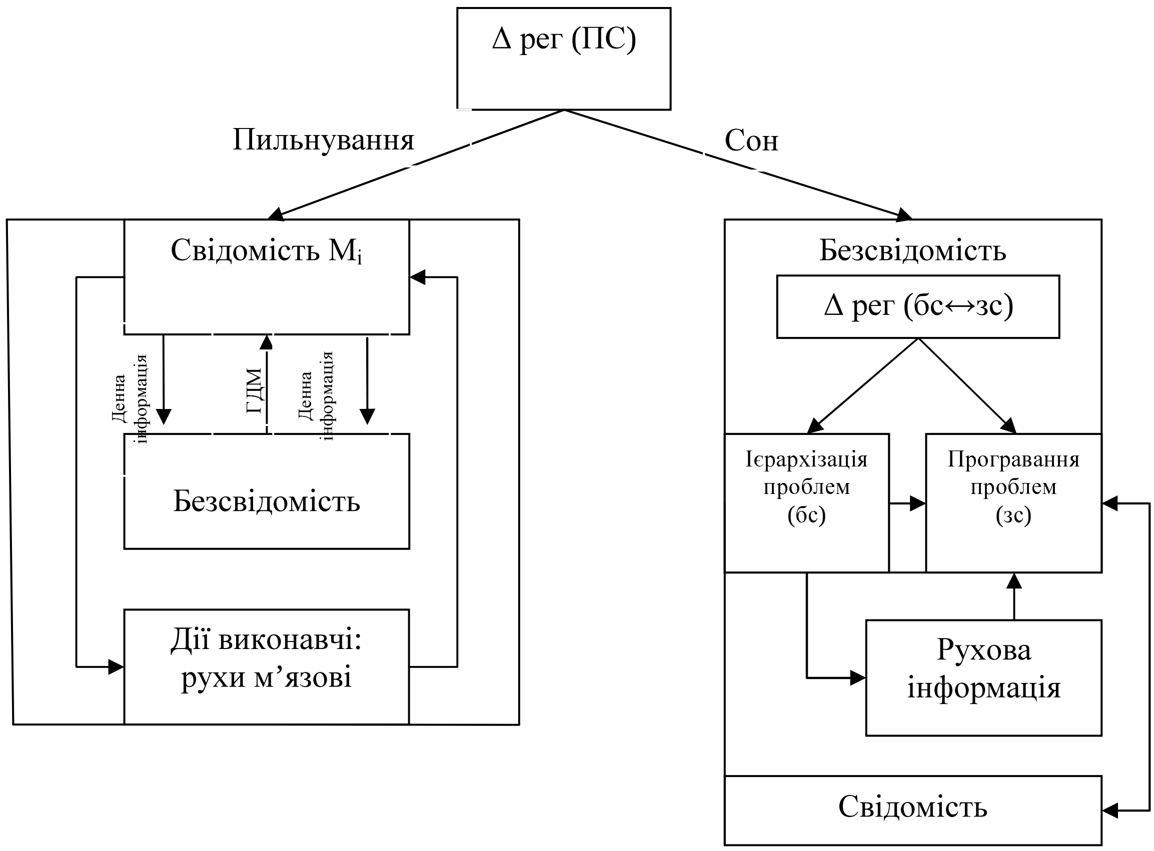


Рис. 2. Схеми психофізіологічного функціонування в режимах пильнування та сну з підрежимами без сновидінь та з сновидіннями

На схемах рис. 2. узагальнено основні відомості, що наведено вище. Як бачимо, в режимі безсвідомості з’являється ще один рег-Δ, який перемикає підрежим без сновидінь на підрежим із сновидіннями. Кожний з підрежимів має свої цілі і кожен по-своєму співпрацює (грає) з свідомістю, використовуючи руховий апарат, тобто моторну інформаційну мову.

Але головне не в констатуванні різниць режимів та підрежимів і механізмів їх функціонування. Головне, на наш погляд, виявити загальне, що єднає свідомість, ідеомоторику, галюцинації, сновидіння, а також виявити їх варіативність, основні механізми, які лежать в їх конструктивних особливостях. Спробуємо вирішити це завдання, насамперед, через схему рис. 3.

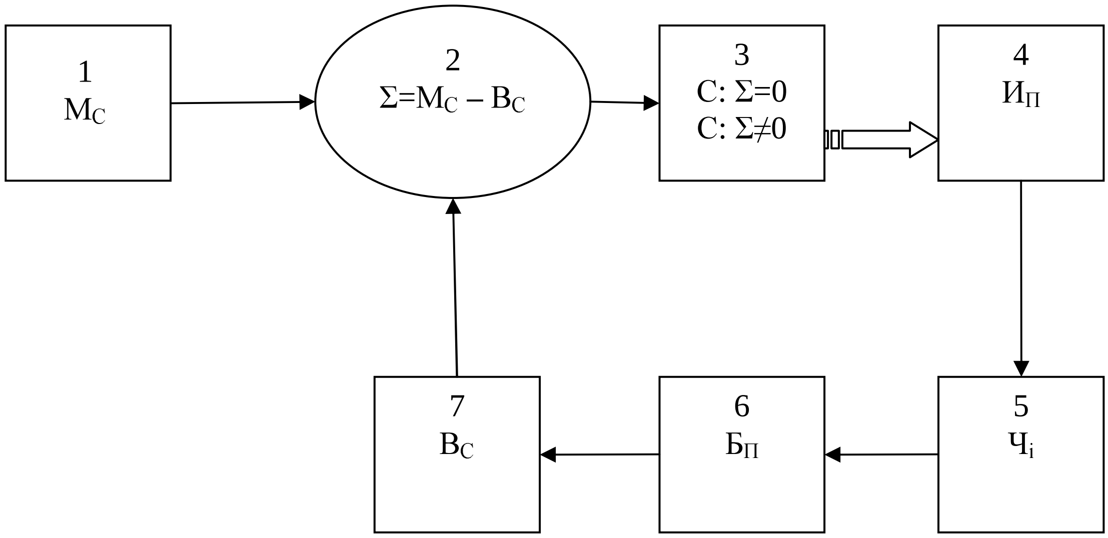


Рис. 3. Схема ланок психічної діяльності за відтворення мотивації:
$М_С$ – мотивований сценарій як еталонна ланка психічної діяльності; Σ – порівнювач (компаратор) мотивованого сценарію з відтвореним психікою сценарію; С – санкціонер двохпозиційний, який припиняє подальшу психічну діяльність, якщо сигнал із компаратора Σ = 0, або подає сигнал ланці 4 продовжувати пошук якщо Σ≠ 0; $И_П$ – ланка пошукової інформації; $Ч_і$ – черговий знайдений сценарій (і=1 – у режимі пильнування; і=2 з ідеомоторики; і=3 – із галюцінаторної моторики); $Б_П$ – психобар'єр, який перетинають $Ч_2$ та $Ч_3$ при Курдюмівській величині сигналів; $В_С$ – відтворений сценарій

Що стосується сновидінь, які не згадуються в позначеннях до рис. 3, то вони щодо механізмів суттєво відрізняються. По-перше, у звичайної людини сновидіння не мотивуються свідомістю, а перша ланка задається безсвідомістю через моторику. По-друге, частіше буває, що сформований сном сценарій, не проходить психічний бар'єр (ланку 6), а продовжує блукання в межах ланки 4. Це дає змогу асоціативній пам'яті вдосконалитись, або відкладається вирішення підсвідомої проблеми на час, коли настане пильнування.

Усе викладене, спиралося, і це підкреслювалось, на уявлення здорової людини і, перш за все, здорову психіку. Лише розумілося, що порушення притаманних здоровій психіці моделей є відхиленням від нього – це патопсихологія, психіатрія, найменш психодисфункцій, граничні стани, акцентуації. Все це, як і окремі симптоми, наприклад, важкого засинання чи пробудження, інші нюанси не важко в подальшому врахувати в особливостях моделі або їх сукупності з прямими та зворотними зв'язками, з кумулятивними зв'язками, з варіаціями ведучого та підлеглого.

Висновки

1. Надсистема "свідомість – безсвідомість – м'язова моторика" постійно активна, а міжсистемні стосунки можуть бути відображені ігровими кооперативними закономірностями, які відрізняються в режимах пильнування та сну.

2. Мова надсистеми є ідео-моторною або фонематично-моторною з відповідною абеткою фонем, а математично трансформується в двоїну алгоритмічну систему числення Стахова.

Список літератури

1. *Дружинин В. В., Конторов Д. С., Конторов М. Д.* Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.

2. *Пономарев Ю. П.* Игровые модели: Математические методы, психологический анализ. – М.: Наука, 1991. – 160 с.

3. *Бессознательное*: природа, функции, методы исследования / Под. ред. А. С. Прангишвили, А. Е. Шерозия, Ф. Б. Бассина. – Тбилиси: Мецниереба, 1987. – Т. 1. – 785 с.; Т. 2. – 686 с.

4. *Чуприкова Н. И.* Психика и сознание как функция мозга. – М.: Наука, 1985. – 200 с.

5. *Власов Н. А., Вейн А. М., Александровский Ю. А.* Регуляция сна. – М.: Наука, 1983. – 232 с.

6. *Калимов Г. А., Карпов Б. А., Зеленкин В. В.* Специфические законы биологического регулирования. – Л.: Наука, 1981. – 135 с.

7. *Максимович В. А., Максимович М. В.* Математическое моделирование психики. – Черкассы: Брама – Украина, 2006. – 184 с.

8. *Максимович В., Максимович М.* Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 2. Універсальні закономірності керованих психічних процесів // Донецький Вісн. наук. тов-ва ім. Шевченка. – Донецьк: Східний вид. дім, 2008. – Т. 20. – С. 167-178.

9. *Максимович В., Говта М., Максимович М.* Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 3. Гіперкомплексне представлення руху багатогранних психічних процесів // Донецький Вісн. наук. тов-ва ім. Шевченка. – Донецьк: Східний вид. дім, 2008. – Т. 20. – С. 178-190.

10. *Крон Г.* Тензорный анализ сетей: Пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1978. – 720 с.

11. *Говта Н. В., Максимович В. А.* Экология и психика // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 209-219.

12. *Пирс Дж. Ч.* Биология трансцендентного: Перев. с англ. – М.: Гаятри, 2006. – 400 с.

13. *Condon W., Sander L.* Neonate Movement is synchronized with Adult Speech: Interactional Participation and Language Acquisition. – Science. – 1974. – № 1. – P. 99-101.

14. *Klaus M.* Maternal Attachment: Importance of the First Post-Partum Days // New England Journal of Medicine. – 1972. – 9. – P. 286.

15. *Понугаева А. Г.* Импринтинг (запечатление). – Л.: Наука, 1973. – 103 с.

16. *Фуко М.* Слова и вещи. – М.: Прогресс, 1977. – 488 с.

17. *Иванов-Муромский К. А.* Нейрофизиология, нейрокибернетика, нейробионика. – К.: Высш. шк., 1985. – 240 с.

18. *Ушаков Г. К.* Пограничные нервно-психические расстройства. – М.: Медицина, 1987. – 304 с.

19. *Максимович В. А., Мухин В. В., Беспалова С. В.* Медицинская психофизика. – Донецк: Изд-во Донецкого нац. университета, 2001. – 184 с.

20. *Мулдашев Э. Р.* От кого мы произошли? – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2002. – 448 с.

21. *Kyle E. R., Kenneth J. G., Lisa M. C., Wouter-J. F. Ten Cate*. Effect of stress on cochlear glucocorticoid protein: Acoustic stress. Department of Otolaryngology, College of Medicine, University of Florida, Gainesville, FL, 32610, USA, Department of Communication Processes and Disorders, University of Florida, Gainesville, FL, 32611, USA. Received 8 June 1994; Revised 29 September 1994; accepted 12 October 1994. Available online 20 April 2000.

Максимович В. А., Максимович М. В., Говта Н. В. **Теория психики и психиатрии. Сообщение 5. Взаимодействие сознания и бессознательного с участием мышечной системы. –** Два режима – бодрствование и сон, и два подрежима – во сне со сновидениями и без них, всегда активные и действуют при участии мышечной системы. Предлагаются не только математические модели и схемы, но и в общем взаимодействия сознательного и бессознательного с участием мышечной системы фонематично-моторного и идео-моторного языка между ними.

Ключевые слова: сознание, бессознательное, мышечная система.

***Maksimovich V. A., Maksimovich M. V., Govta N. V.* Theory of mentality and psychiatry. The message 5. Interaction of consciousness and unconscious by means of muscular system. –** Two modes – wakefulness and a dream, and two – in a dream with dreams and without them, always active also operate with the assistance of muscular system. In article it is spoken and it is offered mathematical models and schemes not only about it, but also in general about interactions conscious and unconscious with participation of muscular system of fonematichno-motor and ideo-motor language between them.

Key words: consciousness, unconscious, muscular system.

Г. Н. Манжелеев, Н. И. Тарапата, Т. В. Латышева

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ЛИЦЕИСТА-МЕДИКА

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16

Манжелеев Н. Г., Тарапата Н. И., Латышева Т. В. **Формирование эколого-валеологической культуры лицеиста-медика. –** Анализируются факторы формирования эколого-валеологической культуры молодежи с позиций социальной педагогики. Коррекции учебно-воспитательной деятельности учащихся и педагогов рассматриваются как система.

Ключевые слова: валеологическая культура, экология, здоровье, личность.

Введение

Формирование эколого-валеологической культуры (ЭВК) становится базисным принципом деятельности многих учебных заведений в Украине. Такой подход в учебно-воспитательной деятельности (УВД) основывается на тесной взаимосвязи, единстве и целостности здоровья человека и состояния (здоровья) окружающей среды. Человек и среда рассматриваются как две части одной системы. При этом устанавливается (постулируется), что здоровье человека – его благополучие – возможно только в здоровом, благополучном окружении, а оздоровление среды сегодня уже невозможно без активной практической деятельности человека.

Актуальность поставленной проблемы обусловлена следующими важными обстоятельствами. Состояние здоровья молодежи в целом продолжает ухудшаться. По данным Министерства здравоохранения Украины, до 90% учащихся имеют существенные отклонения в здоровье. Ухудшение состояния здоровья происходит на фоне напряженной санитарно-эпидемиологической ситуации. Расширяется заболеваемость туберкулезом, СПИДом, болезнями, передаваемыми половым путем, регистрируются очаги особо опасных инфекций. По данным исследований, ранее выполненных в лицее работ (1995-2007 гг. [8-10, 12, 13]), до 50-70% школьников, поступивших в лицей, имеют те или иные хронические заболевания опорно-двигательного аппарата, органов зрения, желудочно-кишечного тракта и др. Анализ здоровья школьников, поступающих в вузы, свидетельствует о том, что мало кто из них начинает свою студенческую жизнь вполне здоровым [6].

Проблема здоровья молодежи особенно актуальна для Юго-Восточной Украины (Донецкий и Донецко-Приднепровский регионы), где количество выбрасываемых в окружающую среду вредных веществ составляет около 80% от общего количества по Украине, что является важнейшим прямым фактором снижения уровня здоровья. Но главное в том, что эффективность факторов здоровья – физкультура, дыхание, закаливание, водно-питьевой режим, рациональное питание и пр. – в неблагоприятных условиях среды резко снижается. Однако, как отмечается социологическими исследованиями, причины экологических проблем кроются не только в устаревших технологиях, несовершенстве природоохранной работы и низкой результативности экологического законодательства, но и в кризисе экологической культуры, низкой эффективности экологического воспитания молодежи [3, 6, 7]. Решение проблемы гармонизации отношений человека, общества и природы, которая определяет перспективы развития общества в целом, для Украины является также предпосылкой национального возрождения и укрепления национальной государственности.

Неразрывная связь экологических проблем с вопросами физического, социально-психологического и духовного здоровья людей обусловливает остроту и актуальность проблемы формирования эколого-валеологической культуры на всех этапах становления личности. Однако возраст ранней юности (возраст лицеиста 15-17 лет) является наиболее значимым периодом в развитии личности индивида: человек начинает выделять себя в качестве объекта самопознания и самовоспитания, достаточно определенно осознает свои возможности, формирует свои жизненные ценности и, в частности, отношение к своему здоровью. Такие особенности юношеского возраста необходимо учитывать и использовать при разработке и осуществлении методик формирования ЭВК старшеклассников [1, 8]. В эти годы легче всего заложить потребность в здоровом образе жизни, сформировать внутреннюю мотивацию самосовершенствования базовой культуры. А в медицинском лицее культура здоровья и экологическая компетентность в целом рассматриваются как профессиональная потребность будущего медика и как врача, и как просветителя (педагога), и как исследователя. Она призвана также формировать особое состояния психофизиологической готовности к профессиональной деятельности, а для врача обеспечивать повышенный уровень профессиональной работоспособности в экстремальных и чрезвычайных ситуациях [9, 10, 13].

Цель и задачи работы – теоретически обосновать и экспериментально проверить эффективность методики формирования эколого-валеологической культуры лицеиста-медика; разработать практические рекомендации.

Для этого необходимо

– раскрыть сущность, содержание и структуру понятия ЭВК лицеиста-медика; выявить критерии, параметры и факторы ее формирования в условиях лицея;

– адаптировать методики изучения индивидуально-личностных особенностей лицеистов, определяющих их уровень ЭВК;

– изучить взаимосвязи факторов и параметров ЭВК лицеистов, особенности их мотивационной сферы и разработать модель ЭВК;

– разработать и апробировать методику формирования ЭВК лицеиста, установить ее эффективность и разработать методические рекомендации по повышению успешности учебно-воспитательной деятельности лицея.

Методы исследования

Для изучения индивидуально-личностных характеристик лицеистов, взаимосвязи факторов и параметров исследуемой системы использован методический комплекс лицея, обеспеченный пакетом компьютерных программ для оперативного сбора и обработки данных медицинских, психологических и социально-педагогических исследований. Экспериментальные данные включают результаты анкетирования родителей, социометрических исследований, углубленных медосмотров, творческих практических занятий, компьютерной диагностики динамики умственной работоспособности, самочувствия, активности, настроения, компьютерной психодиагностики, а также данные изучения уровня культуры здоровья и экологической компетентности лицеистов. Общими методами исследований являются системный анализ, математическая статистика, квалиметрия и машинное моделирование [10, 12].

Результаты исследований

Сущность понятия ЭВК лицеиста

С позиций социальной педагогики, окружающая среда может быть представлена как: природная, искусственная, социокультурная, духовная.

Природная физическая среда включает пространство, время, воздух, излучения и пр. Природная биологическая – это пища, животный и растительный мир, люди, микроорганизмы (в частности, как источник заболеваний) и пр. Искусственная среда – это все то, что создано человеком, и сегодня она соизмерима по потребностям с возможностями природной среды. Социокультурная и духовная среда вносит особый вклад в формирование культуры личности как некие идеальные (в противоположность материальным) факторы окружения человека. На основе такого понимания структуры среды само понятие "здоровье" может быть представлено и как процесс ***взаимосодействия,*** и как результат физического, биологического, социально-психологического и духовного благополучия людей.

Анализ показал, что в основе проблемы формирования экологического сознания [11], экологической культуры [2], культуры здоровья [7] и здорового образа жизни молодежи [8, 12, 13] лежат большие группы противоречий. Их важно выявить, сформулировать и оценить по значимости. Ниже выделены противоречия, имеющие социально-педагогическую направленность:

– между потребностью в ученической молодежи, умеющей сохранять и укреплять свое здоровье, и отсутствием эффективных методик и технологий формирования эколого-валеологической компетентности и оздоровления в процессе обучения;

– между естественным желанием молодого человека быть здоровым, активным, красивым и недостатком у него медико-валеологических знаний, навыков ведения здорового образа жизни, уровнем духовности и культуры здоровья;

– между различными составляющими успешности ученика, которые формируются в учебно-воспитательной деятельности; интенсификация психофизиологических нагрузок на учебных занятиях приводит к снижению работоспособности, состояния здоровья, уровня базовой культуры специальных достижений (спорт, интеллект, творчество и пр.) и личностного роста, духовного развития и пр.;

– между необходимостью воспитания гуманистических, морально-этических и духовных ценностей и негативными явлениями, связанными с коммерциализацией всех сторон жизни и появлением новых источников опасности для молодого человека: предпринимательская деятельность с криминальными отклонениями, прогрессирующий наркобизнес, безработица, отсутствие реальной правовой защиты и пр.;

– между обострением экологической обстановки, резким увеличением воздействия "неестественных" факторов среды таких, как вредные компоненты бытовой химии, продуктов питания и воды (как питьевой, так и технической), синтетические ткани для одежды, резкая смена климатических условий, окружающей среды и использованием природных факторов, к которым адаптированы механизмы регуляции: двигательная активность, холод, зной, солнце, ветер, воздух, вода, лес, горы и пр.

– между культурой педагогического процесса в учебном заведении и требованиями к будущему сотруднику и специалисту и пр.

Данные противоречия отражают, главным образом, внешнюю сторону жизнедеятельности молодого человека и представляют собой лишь следствия (или даже форму проявления) внутренних социально-экономических и политических противоречий развития Украины. Однако ясно, что социально-педагогический аспект проблемы обусловлен разрывом и несоответствием между резко возросшими материальными и духовными возможностями (как предпосылками свободы личности) и уровнем культуры людей.

Н. М. Амосов [2] особо подчеркивает, что культура не жестко связана с образованием, идеологией и системой общих ценностей человека (мораль, труд, развлечения, знания, среда, Бог, материя и пр.) и отстает в своем развитии на одно – два поколения от развития этих институтов. Анализ научной литературы и государственных программ по данному вопросу позволяет заключить, что содержание ЭВК определяется такими, в частности, составляющими: физическое развитие и умственная работоспособность, творческая активность, валеологическая и экологическая компетентность, отношение к себе и людям, к жизни, своему здоровью, к самосовершенствованию и др. Данные качества являются жизненной основой успешного, гармоничного становления личности старшеклассника и включают теорию и практику достижения и сохранения здоровья человека и окружающей среды.

Подчеркнем еще раз, что здоровье предполагает не только оптимальное психосоматическое состояние и социально-психологическое благополучие человека, но и высокий уровень его духовно-нравственного развития, требующий от него соответствующих отношений с окружающей средой. Для лицеиста-медика уровень ЭВК должен быть основной составляющей базовой культуры личности, так как это один из важнейших критериев оптимизации учебно-воспитательной деятельности. Он отстаивает приоритетное значение творческой, познавательной активности, гуманности и духовности человека, как в формировании своего здоровья, так и в развитии социальной ответственности за состояние окружающей среды.

На кураторских часах и в спецкурсе обсуждаются научно-медицинские основы влияния факторов среды на здоровье человека в аспекте антропоэкологии, географии здоровья, медицинской климатологии, природы и человека, курортологии [3, 5-7] и пр. Влияние на человека воздуха, воды, почвы, микроорганизмов, растений, животных, технических сооружений, людей и общества изучаются медициной достаточно основательно. Поэтому принятие эколого-валеологической культуры и как совокупности научных знаний, и как учебной дисциплины, и как практики жизнедеятельности отражает ее сущность и является наиболее продуктивным в УВД для профессионального и личностного становления лицеиста-медика. Таким образом, эколого-валеологическая культура должна формироваться как мировоззрение и теоретическая основа социальных, профессиональных и индивидуально-личностных технологий общения, образования и деятельности будущего врача.

Критерии, параметры и факторы ЭВК. Если жизнедеятельность рассматривать как систему, то ЭВК выступает как управляющая (определяющая на данном этапе часть) подсистема, а образ жизни – как управляемая часть системы. Обе части находятся также во взаимосвязи и единстве со средой. При этом, главным образом, среда задает (формирует) критерии оптимального управления и самоуправления системой жизнедеятельности.

Наиболее общим критерием эффективности системы является успешность жизнедеятельности – способность к активному жизнетворчеству. Конкретными и оцениваемыми в УВД критериями могут быть, например, структура личности, динамика жизненных ценностей, социальность, экологическая и валеологическая компетентность и пр. [12].

Эффективность процесса формирования ЭВК в учебно-воспитательной деятельности зависит от четырех основных условий [4, 8, 10]:

– уровень мотивации "на обучение";
– интеллектуально-познавательные способности (обучаемость);
– исходный (начальный) уровень подготовленности к данной учебной деятельности;
– методика обучения и воспитания.

При изучении мотивационно-ценностной сферы (первое условие) лицеиста и разработке условий эффективного формирования ЭВК [9, 10, 13] было установлено, что её основные социально-педагогические параметры как подсистемы должны обосновываться и обеспечиваться соответствующими потребностями, установками и мотивами, а именно:

1. Способности и умения сохранять и укреплять свое здоровье формируются на основе стремления выжить, удовлетворить природные нужды, развить свои задатки и способности, быть в безопасности и защищенности, на основе потребности в любви и самосовершенствовании.

2. Экологическая и валеологическая компетентность формируются на основе устойчивого профессионального самоопределения, стремления принадлежать группе профессионалов (например, быть врачом, педагогом, исследователем), на основе естественного познавательного интереса и мотивации научения.

3. Необходимые медику качества характера воспитываются также на основе стремления принадлежать определенной группе людей или быть лидером.

4. Творческая активность личности развивается на основе природной поисково-познавательной потребности и исследовательского интереса.

5. Социальная ответственность за свое здоровье, здоровье окружающих, за здоровье окружающей среды формируется на основе внутренней мотивации самореализации своей индивидуальности, уникальности своей личности и персоны, на основе потребности в духовном росте.

6. Степень самореализации или уровень жизнетворчества обеспечивается соответствующими мотивами, начиная от инстинктивного стремления избежать болезнь,

быть сильным и физически привлекательным, далее – желанием и стремлением изучить свой организм (его физиологию и биологию) и обеспечить его нормальное функционирование, бодрость и работоспособность. Наивысший уровень самореализации обеспечивается потребностями в активном жизнетворчестве, независимости, в расширении своей представленности в других.

Во взаимосвязи выделенные параметры могут определять состояние исследуемой подсистемы, служить критерием уровня ЭВК, позволяют разрабатывать модель ЭВК и оценивать эффективность УВД по выбранному критерию.

Уровень параметров формируется тремя наиболее общими группами факторов – это наследственность, целенаправленное педагогическое воздействие и среда. Наследственность определяет телесную и психическую составляющие, в значительной мере формирует индивидуальные и личностные особенности. Целенаправленное педагогическое воздействие определяет уровень образованности, воспитанности, самосознания, культуры в целом, принятие положительного и коррекция отрицательного влияния, методологию и методику познания, создание у личности "иммунитета" к влиянию отрицательных факторов. Среда, оказывающая как положительное (эмоциональная поддержка родителей с момента рождения, семейные отношения, нормы, ценности, СМИ, и пр.), так и отрицательное влияние (отсутствие полной семьи, низкий уровень культуры родителей, СМИ, социально-экономическая нестабильность и пр.), часто имеет доминирующее значение [1, 6-10].

Каждая группа факторов включает множество частных причин, влияющих на уровень культуры и образ жизни. Эти причины подробно рассмотрены в НИР [10, 12, 13], где обобщен опыт собеседований, результаты тестовых исследований, изучена взаимосвязь факторов, параметров и критериев ЭВК лицеистов, особенности их мотивационной сферы, что и позволило разработать модель ЭВК лицеиста-медика. Её особенность состоит в том, что она представлена пятью уровнями и может рассматриваться как некоторый индивидуально-личностный профиль лицеиста, так как все уровни ЭВК в разной степени могут быть представлены в каждом из обследуемых. Рассмотрим их последовательно.

1. Бессистемный (доструктурный, пассивный) уровень

Здоровье лицеистом понимается как нечто уже данное в той или иной мере и представлений о необходимости его сохранения и укрепления нет вообще. Не наблюдается интереса к своему здоровью, не определена цель жизнедеятельности; поведение чаще пассивное и низкая двигательная активность.

Действия по сохранению и укреплению здоровья не предпринимаются.

Основной мотив деятельности отсутствует.

Основные понятия: физкультура, спорт, режим дня, закаливание, образ жизни и др. не имеют достаточно определенного смысла.

2. Физический уровень

Здоровье понимается как отсутствие болезней, вредных привычек и наличие внешней физической привлекательности.

Действия по сохранению и укреплению здоровья направлены, исключительно, на то, чтобы избежать болезнь, не совершать поступков, наносящих вред физическому здоровью (табакокурение, употребление алкоголя и других наркотических веществ, ранние небезопасные сексуальные отношения), а также наблюдается стремление рационально питаться и заниматься физической культурой и спортом с целью совершенствования физических качеств: осанки, фигуры, силы, ловкости и т. д. В случае болезни, предпочтение отдается быстродействующим лекарственным препаратам, парной бане, витаминам, нетрадиционным методам лечения, (предположительно) дающим быстрый эффект оздоровления.

Основной мотив деятельности: стремление не болеть, избежать болезнь, быть сильным, ловким, красивым, физически привлекательным (под влиянием внешних требований или мнений). Этот мотив по сохранению и укреплению здоровья не становится внутренним, то есть требует постоянных эмоционально-волевых усилий, направленных на обеспечение негативной "свободы от", избегание, принуждение себя. Для девушек дополнительную значимость имеет запрет на действия, наносящие ущерб ее здоровью как здоровью будущей матери и здоровью ее будущих детей.

Основные понятия: физкультура, спорт, питание, гимнастика, закаливание, сила, ловкость, стройность, физическое совершенство, физическое здоровье связываются с внешней привлекательностью.

3. Биологический уровень

Здоровье понимается не только как внешняя физическая привлекательность, отсутствие болезней, вредных привычек, но и как оптимальная саморегуляция функциональных систем организма, умение регулировать биологические процессы и состояния.

Действия по сохранению и укреплению здоровья направлены также на то, чтобы избежать болезнь, то есть отказ от действий, наносящих ущерб здоровью (табакокурение, употребление алкоголя и других наркотических веществ, небезопасные сексуальные отношения), умеренные и даже сбалансированные занятия спортом и физкультурой, а также рациональное питание, соблюдение режима дня, личная гигиена, ограниченное общение с компьютером и телевизором. Однако на данном уровне перечисленные умения составляют "законченную" индивидуальную систему оздоровления, выполняются почти автоматически, не требуют особых волевых усилий и не предполагают дальнейшего развития.

В случае болезни предпочтение отдается физиотерапии, природным факторам лечения, витаминам, современным лекарственным препаратам и методикам лечения.

Основной мотив деятельности: стремление изучить свой организм (его физиологию и биологию) и обеспечить ему нормальное функционирование.

Основные понятия: физкультура, рациональное питание, гимнастика, закаливание, привлекательность, режим дня, правила и нормы здорового образа жизни, баланс труда и отдыха, глубокий сон, личная гигиена, общение с природой, ограниченное общение с компьютером и телевидением, биологический возраст, саморегуляция имеют познавательный смысл.

4. Социально-психологический уровень

Здоровье понимается как физическое благополучие, оптимальная способность саморегуляции функциональных систем, а также способность достижения психологического комфорта и гармоничного взаимодействия с социальным окружением и с конкретными людьми.

Действия по сохранению и укреплению здоровья (помимо действий, направленных на укрепление соматического здоровья) направлены на освоение и совершенствование техник психо-эмоциональной разгрузки, психорегуляции, методов конструктивного общения. Умения сохранять и укреплять здоровье, соответствующие предыдущим уровням, достаточно освоены и применяются почти автоматически, без существенных затрат психической энергии и напряжения внимания.

Основной мотив деятельности: потребность поддерживать хорошее настроение, не нервничать и быть бодрым и вдохновленным для эффективной жизнедеятельности.

Основные понятия: социальное и психологическое благополучие, саморегуляция, психологические разгрузки, режим дня, баланс труда и отдыха, образование, хорошая работа, семья, приятный и полезный отдых направлены на жизненный успех.

5. Самореализационный уровень

Здоровье понимается как физическое, социально-психологическое и духовное благополучие; единство и гармония с природной и социальной средой; ощущение личной независимости, автономности и спокойствия.

Действия по сохранению и укреплению здоровья направлены на совершенствование себя и методов конструктивного взаимодействия с людьми, с социальной и природной средой, на личностный и профессиональный рост, на полную реализацию себя как личности.

Основной мотив деятельности: потребность в жизнетворчестве, в совершенствовании себя и своего окружения, потребность в эффективной вдохновенной жизнедеятельности, в самореализации.

Основные понятия: полное благополучие, личностный рост, саморегуляция, самосовершенствование, самореализация, гармонизация отношений с окружением направлены на самоактуализацию и стремление быть представленным в других.

При разработке системы формирования ЭВК лицеиста было учтено, что два других условия эффективности учебно-воспитательных занятий (обучаемость и исходная подготовленность) наиболее полно и эффективно реализуются в интерактивных занятиях – это деятельностные тесты или игровые занятия, включающие, например, деловые игры, мозговые штурмы, работу в микрогруппах, подготовку совместных творческих работ, докладов и дискуссии. Такие занятия позволяют не только надежно выявить, но и, что особенно важно, повлиять на уровень мотивации старшеклассника к развитию своей экологической и валеологической компетентности, духовности. Примером такой работы может быть интерактивное занятие с использованием метода Делфи для развития ценностно-мотивационной ориентации и оценки значимости факторов здоровья старшеклассника [8, 12]. Для осуществления наивысшего самореализационного уровня формирования личной эколого-валеологической культуры лицеиста огромное значение, на наш взгляд, имеет научно-исследовательская работа, особенно по теме НИР лицея, связанной с ЭВК и образом жизни. При этом общение и деятельность, связанные с выполнением работы, а также участие в семинарах и конференциях как лицейского, так и вузовского уровней, способствуют личностному, профессиональному развитию, более полной реализации себя. Так, в частности, Донецкому медицинскому лицею в период 20-22 декабря 2003 г. была поручена организация и проведение работы комитета "Экология Донбасса и здоровье молодежи", работа которого проходила в рамках конференции одаренных детей "Наука и молодежь", организованной главным управлением образования Донецкой области. Целью комитета было организовать и провести работу научных секций, оценить уровень осведомленности старшеклассников в вопросах экологии, валеологии и здоровья молодежи в Донецком регионе, изучить их отношение к поставленным проблемам, расширить мотивационно-ценностную сферу. Работа комитета проходила в интерактивной форме с использованием деловых игр, начиная со знакомства (упражнений, направленных на подготовку участников к работе в группе, на создание комфортной атмосферы доверия, сплоченности и сотрудничества) и заканчивая анализом ожиданий и подведением итогов конференции. В частности, по ходу работы секции были проведены упражнения, направленные на определение понятий "здоровья" и "факторов здоровья", методом мозгового штурма были определены основные факторы, влияющие сегодня на здоровье молодого человека в Донбассе. Анализ полученных результатов показал, что участники конференции относительно хорошо понимают сущность здоровья и выделяют факторы здорового образа жизни.

Слушанию докладов предшествовала работа, направленная на формирование микрогрупп (подсекций) со сходными проблемами и интересами. Участники микрогрупп самостоятельно обсудили свои доклады, сформировали и представили обобщенный доклад своей микрогруппы для обсуждения участниками секции. В частности, как наиболее актуальные, выделены такие темы:

1. "Здоровье человека в условиях напряженной экологической среды Донбасса";
2. "Проблема формирования здорового образа жизни в условиях экологической напряженности региона";
3. "Медицинские аспекты экологических проблем Донбасса".

Обобщая результаты работы, были сделаны выводы о том, что цели комитета достигнуты, и, кроме того, участники получили возможность интересного общения, нашли новых друзей, лучше узнали себя; в заключении предложили назвать следующий год "Годом Чистой Земли".

Обобщение опыта работы лицея позволило разработать методические рекомендации для преподавателей лицея. Одно из основных положений, которых состоит в том, что ЭВК для лицеиста-медика должна формироваться как мировоззрение, как теоретическая основа социальных, профессиональных и индивидуально-личностных технологий общения, образования и деятельности. Такой подход глубже отражает ее сущность и является концептуально продуктивным для профессионального и личностного становления лицеиста. При этом основными общими характеристиками лицеиста становятся социальная ответственность, экологическая и валеологическая компетентность, здоровье (как физическое, биологическое, психическое, социальное и духовное благополучие), творческая активность личности.

Не останавливаясь подробнее на рассмотрении методики формирования ЭВК, отметим, что она включает следующие взаимосвязанные компоненты.

1. Концептуальная модель формирования ЭВК лицеиста-медика.

2. Диагностика исходного уровня ЭВК и изучение компетентности абитуриентов и лицеистов в начале обучения.

3. Целенаправленная учебно-воспитательная деятельность, которая, в частности, включает следующие формы:

3.1. Социально-психологический тренинг по теме "Формирование у лицеистов-медиков установки на здоровый образ жизни и ЭВК".

3.2. Курс "Введение в специальность".

3.3. Элективный курс "Здоровье созидающая (деятельность) компетентность лицеиста-медика".

3.4. Инструктаж воспитателей учебных групп по проведению специальных занятий с учебными группами. Социально-педагогическая работа с воспитателями учебных групп в рамках семинара с привлечением родителей-медиков по формированию ЭВК лицеистов.

3.5. Работа с родителями лицеистов, направленная на оказание с их стороны помощи и поддержки своим детям, в связи с переходом из общеобразовательной школы в лицей и изменениями условий учебно-воспитательного процесса, которые требуют коррекции их образа жизни.

3.6. Научно-исследовательская работа лицеистов и плановая научно-исследовательская работа в лицее, которые выполняются совместно с кафедрами физиологии, гигиены и информатики по формированию ЭВК.

3.7. Постоянная работа с преподавателями-предметниками, направленная на формирование у них целостного представления о целях, задачах и методах формирования культуры здоровья и экологической компетентности лицеистов через преподаваемую дисциплину (интеграции преподавания).

Сотрудничество с кафедрами университета.

4. Диагностика уровня ЭВК и изучение успешности УВД выпускников лицея в конце обучения.

5. Анализ результатов и коррекция целей, задач и методов УВД.

6. Разработка методических рекомендации, которые могут быть использованы для организации учебно-воспитательной деятельности медико- и социально-педагогической направленности в процессе допрофессиональной подготовки в других профильных лицеях с учетом специфики их будущей специальности.

Выводы

1. Процесс формирования эколого-валеологической культуры лицеиста-медика имеет существенные особенности, поскольку ЭВК является основой его профессионального становления, социализации и жизнетворчества как будущего врача, просветителя и исследователя. Она призвана формировать у него готовность к профессиональной деятельности как в нормальных, так и в экстремальных условиях. Разработка методик и технологий формирования ЭВК будущих медиков является актуальной задачей.

2. Формирование ЭВК лицеиста-медика можно обеспечить при научно-обоснованном социально-педагогическом сопровождении учебно-воспитательной деятельности и всех составляющих образовательного пространства лицеиста.

3. Эффективность процесса формирования ЭВК определяется целенаправленностью и скоординированностью (системностью) работы с учебными группами, институтом кураторов, педагогами лицея, кафедрами медицинского университета, лицеистами и их родителями индивидуально.

4. Акцент в работе с лицеистами необходимо делать на развитии у них установки "стать врачом, прежде всего, для себя" и с этих позиций формировать свою культуру и управлять собственным образом жизни.

Список литературы

1. *Алфімов В. М.* Організація роботи вихователя ліцеїстів. – К., 1995. – 160 с.

2. *Амосов Н. М.* Энциклопедия Амосова. – М.: ООО "Изд-во АСТ"; Донецк: Сталкер, 2002. – 464 с.

3. *Данилова Н. А.* Природа и наше здоровье. – М.: Мысль, 1971. – 221 с.

4. *Казаков В. Н., Кравцов П. Я., Снегір М. Я. та ін.* Підручник нового покоління – підручник керуючого типу // Актуальні проблеми беcперервної освіти: Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. – Харків: Вид-во Харківського нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна, 2003. – С. 61-61.

5. *Казначеев В. П., Спиркин Е. А.* Космопланетарный феномен человека: проблемы комплексного изучения. – Новосибирск: Наука, 1991. – 304 с.

6. *Кривошеєва Г. Л.* Культура здоров'я особистості як соціально-педагогічна проблема // Шлях освіти. – 2001. – № 1. – С. 35-37.

7. *Кузнецов Е.* Новая Валеология Нового Времени. – 1999. – 224 с.

8. *Латышева Т. В., Тарапата Н. И., Попов Б. Г., Середенко Л. П., Антонов В. А.* Медико-педагогическая оптимизация учебно-воспитательной деятельности в учебных заведениях нового типа // Вестн. гигиены и эпидемиологии. – 2001. – Т. 5, № 2. – С. 216-219.

9. *Манжелеев Г. Н., Латышева Т. В., Тарапата Н. И. и др.* Культура здоровья молодежи как проблема социальной педагогики. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту / За ред. С. С. Єрмакова. – Харків: ХДАДМ (ХХПІ), 2006. – № 10. – С. 207-211.

10. *Манжелєєв Г. Н., Латишева Т. В., Тарапата М. І. та ін.* Системний підхід до аналізу проблеми формування еколого-валеологічної культури старшокласника // Донецький Вісн. наук. тов.-ва ім. Шевченка. – Донецьк: Укр. культурологічний центр, 2006. – Т. 13. – С. 186-199.

11. *Мамешина О. С.* Методики экологического исследования // Практична психологія та соціальна робота. – 2005. – № 2. – С. 21-27.

12. *Отчет* о научно-исследовательской работе "Оптимизация процесса социализации учащихся лицея Донецкого государственного медицинского университета", № гос. рег. 0101V007991 / Научн. руководитель проф. Н.И. Тарапата. – Донецк, 2005. – 105 с.

13. *Тарапата Н. И. и др.* Гигиенические и педагогические основы организации обучения учащихся в лицеях // Методические рекомендации. – Донецк, 1998. – 27 с.

Манжелєєв М. Г., Тарапата М. І., Латишева Т. В. **Формування еколого-валеологічної культури ліцеїста-медика. –** Аналізуються фактори формування еколого-валеологічної культури молоді з позицій соціальної педагогіки. Корекція виховної діяльності аналізується на основі системного підходу.

Ключові слова: валеологічна культура, екологія, здоров'я, особистість.

Manzheleev N. G., Tarapata N. I., Latyshev T. V. **Formation ecovaleological cultures of the lyceum student-physician. –** Introduction. Factors of the formation of the studies' ecovaleological culture from the point of vein of complex approach are analyzed (for that purpose of correcting teaching and educational activities of teachers and pupils teaching activities).

Key words: health, valeological culture, ecology, individuality of students.

УДК 577.3

М. В. Нецветов

ВИБРАЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДЕРЕВА И ПОЧВЫ

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

Нецветов М. В. **Вибрационные взаимосвязи дерева и почвы**. – Исследованы вибрации деревьев, генерируемые при раскачиваниях, соударениях веток и в результате других причин. Диапазон частот таких вибраций лежит в области от долей герц до нескольких сотен. Через корневую систему и ствол вибрации дерева передаются почве, а также в обратном направлении. По мере распространения по неоднородному растительному или почвенному субстрату частотный спектр изменяется.

Ключевые слова: вибрации, дерево, почва.

Введение

Воздействие дождя, ветра, распространение звуковых волн по воздуху; питание, перемещения и вибрационное взаимодействие животных на растительном субстрате, технические устройства и некоторые другие причины приводят к формированию сложного вибрационного фона, создаваемого растениями. Упруго-механические свойства растительных волокон, особенно древесных, обусловливают возможность распространения по ним упругих колебаний с малой величиной затухания. Эти свойства используются в строительстве, производстве музыкальных инструментов и других отраслях. Однако значение распространяемых по растениям вибраций в их жизнедеятельности и тесно связанных с ними других организмов изучалось недостаточно, и лишь в последние годы им уделяется все больше внимания.

Некоторые примеры давно стали хрестоматийными: сейсмонастии и интенсификация газообмена при колебаниях листьев осины и многих других широколиственных видов. Относительно недавно было выяснено, что характер колебания хвоинок имеет большое значение при распространении верховых пожаров в лесу [1]. Регулярные исследования посвящены роли упругих свойств растительных субстратов в эволюции сигнализации животных, которые используют листья, стебли и другие части растений для передачи вибрационных сигналов [2, 3]. В наших предыдущих работах мы акцентировали внимание на низкочастотных колебаниях ветвей и стволов деревьев и их возможное значение в процессах почвообразования, когда энергия упругих колебаний от ствола и корней передается почве и сказывается на ее физических свойствах [4-6]. Кроме того, мы обратили внимание на значительную вариацию величины отклонения гнезд птиц, расположенных на деревьях. Было высказано предположение, подтвержденное модельным экспериментом, о влиянии раскачиваний на микроклимат гнезд и скорости остывания кладки [7].

Перечень известных эколого-биологических эффектов вибраций, распространяемых по растениям, постепенно увеличивается, и, по всей видимости, в дальнейшем будет значительно расширен. В связи с этим необходимо подробное изучение физических параметров вибраций и закономерностей распространения по частям и волокнам растений, передача их почве и др. *Целью* настоящей работы было определение диапазона частот вибраций деревьев, передаваемых от ветвей и ствола корням и почве, а также другим деревьям.

Материалы и методы исследований.

Регистрацию вибраций осуществляли пьезоэлектрическим датчиком, который без усилителя соединялся с осциллоскопом HPS 10 фирмы "Villeman". Калибровку датчика производили на виброустановке с регулируемой амплитудой колебаний в диапазоне 50-200 Гц. Звукосниматель, нерабочим концом закрепленный на штативе, располагали на корневой шейке деревьев, корнях или на почве. Регистрируемые упругие волны происходили при раскачивании ствола и ветвей дерева, соударений веток, при ходьбе человека и др. (см. результаты и обсуждение). Полученный сигнал оцифровывали и определяли его амплитудно-частотные характеристики методом быстрого преобразования Фурье. Все измерения были проведены в декабре 2007 года в черте г. Донецка.

Результаты и обсуждение.

1. Распространение вибраций по корням от ветвей и ствола. Звукосниматель располагали на корнях груши (высота ствола h = 4 м, диаметр у основания d = 6,5 см) в двух точках: 1) на расстоянии 25 см от ствола (диаметр корня d = 2 см); 2) на его ответвлении на расстоянии 50 см от ствола. Регистрируемые вибрации производились при раскачивании ветки длиной 1,1 м на высоте 1 м. Смещение ветки – 20 см. Как видно на рис. 1, амплитуда сигнала значительно снизилась с расстоянием, ее максимальные значения ~97,5 и 14,2 мВ для 25 и 50 см соответственно, а диапазон частот остался практически неизменным, снизились лишь амплитуды более высоких частот. В обоих случаях колебания максимальной амплитуды происходят на частотах около 70-ти Гц, в спектре (рис. 1) выделяются также частоты около 120, 150 и 185 Гц.

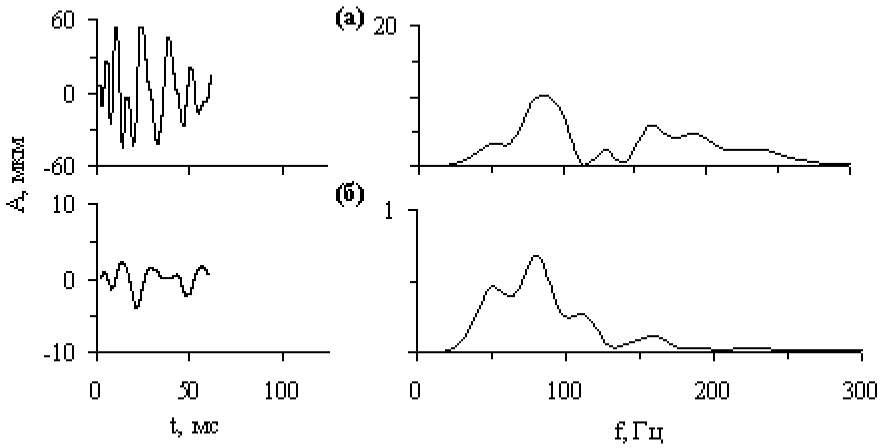


Рис. 1. Вибрации корней груши, вызванные качанием ветви, и их частотные спектры: а – точка регистрации в 25 см от ствола; б – 50 см

Проследить величину затухания вибраций на корне представляет некоторые сложности, т. к. для этого требуется либо одновременная работа нескольких установок для съема в разных точках, либо точное воспроизведение упругого возмущения. Другая сложность состоит в том, что корни часто касаются друг друга, обусловливая интерференцию упругих волн. Тем не менее нами проведены последовательные записи вибраций корня вяза (ствол: h = 12 м, d = 30 см; корень у основания: d = 10 см) с 5-ю повторностями в каждой точке. Как видно на рис. 2, затухание происходит неравномерно, частотный спектр также изменяется – с расстоянием доля более высоких частот спектра уменьшается.

В следующем эксперименте изучали вибрации на корневой шейке ясеня (h = 3,5 м, d = 5 см) при его раскачивании (отклонение 10 см на высоте 1,5 м). В отличие от предыдущего случая в спектре выделяется лишь одна частота ~120 Гц (рис. 3). При ударе веткой о ветку (d1 = 8 см, d2 = 11 см, длины l1 = l2 = 30 см, на высоте 1,3 и 1,5 м) частота вибраций снижается до 50 Гц, другие частоты в спектре менее выражены. При раскачивании верхушки ветви сталкиваются друг с другом и с ветвями соседнего дерева. В спектре частот, кроме двух предыдущих, появляются 65 и 95, 155 Гц.

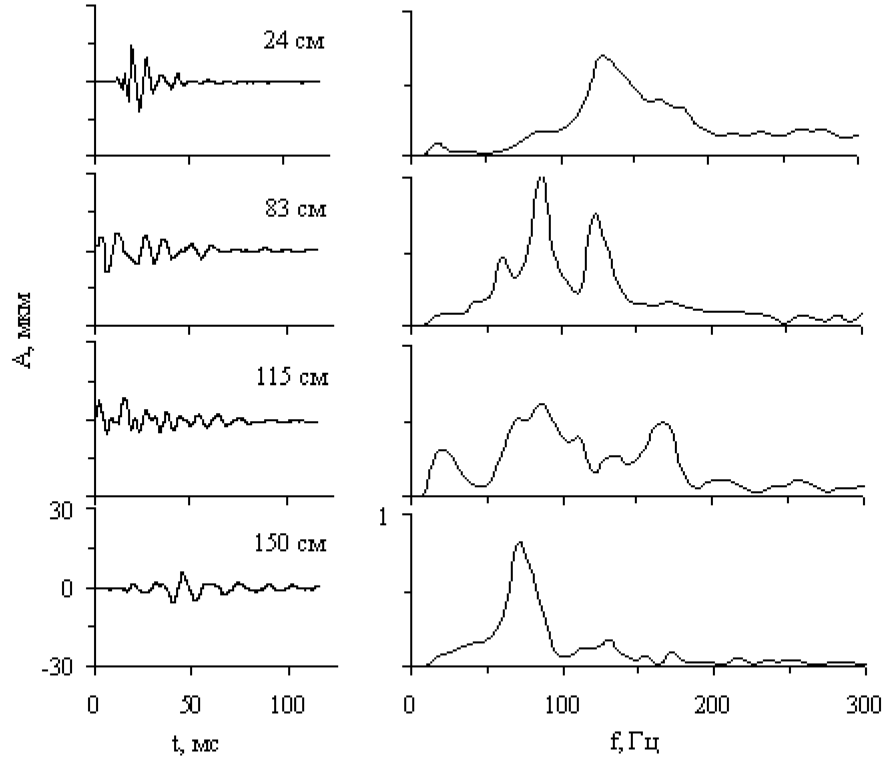


Рис. 2. Вибрации на корне вяза и их частотные спектры при ударе о ствол вяза на различном удалении от него

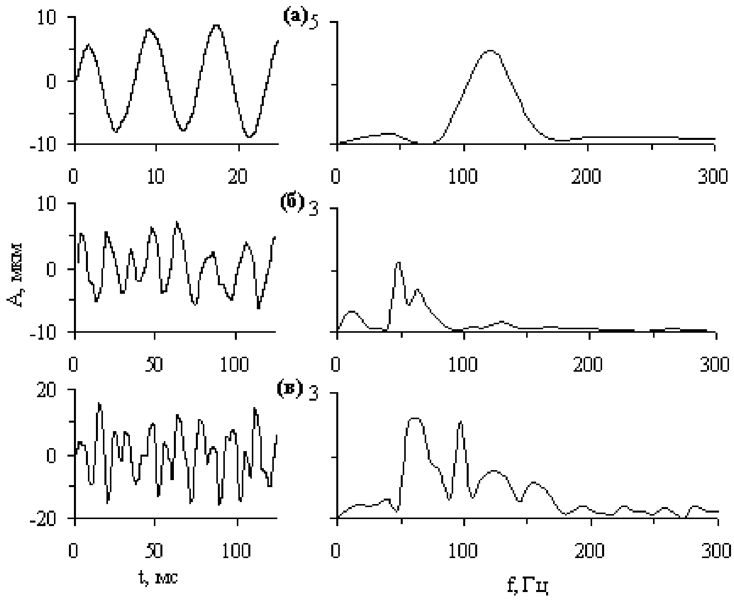


Рис. 3. Вибрации на корневой шейке ясеня и их частотные спектры: а – при раскачивании ствола; б – при соударении двух ветвей; в – при соударении и раскачивании многих ветвей кроны

2. Вибрационное взаимодействие дерева и почвы. При расположении звукоснимателя на почве (под подстилкой) спектр частот богаче, чем при съеме с корневой шейки ближайшего дерева. При колебании верхушки ясеня (см. предыдущий пункт), расположенного в 25 см от точки съема вибраций, выделяются частоты 60-70, 85-90, ~150 Гц (рис. 4 а). При более коротком времени регистрации выделяется частота ~200 Гц. Колебание отдельной ветви на ясене приводит к значительному снижению амплитуды вибрации на почве (рис. 4 б). В спектре доминируют частоты 70-80, 95-100, 120 Гц.

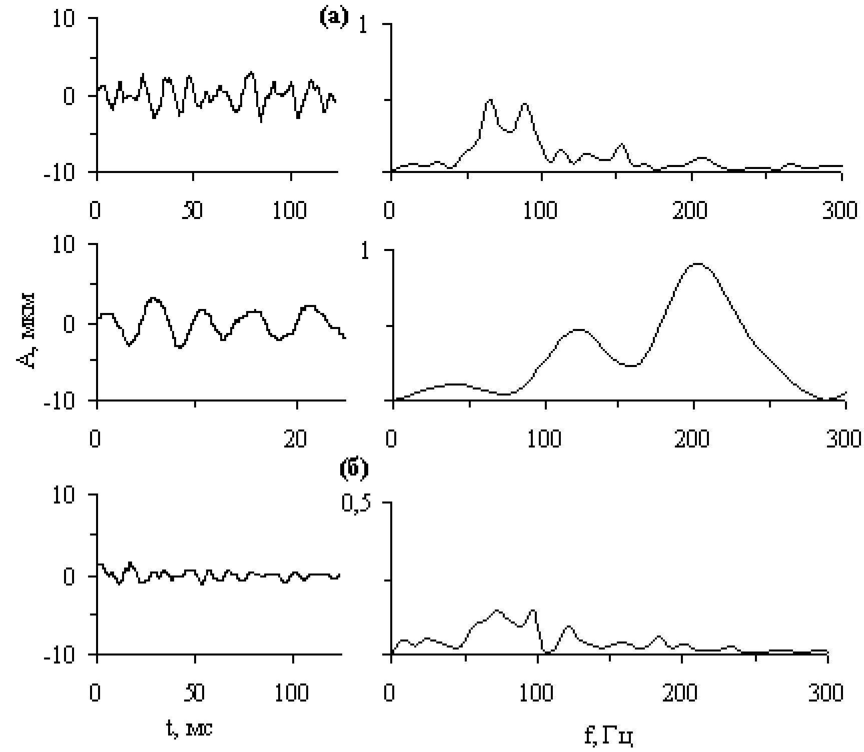


Рис. 4. Вибрации почвы и их частотные спектры: а – при колебании верхушки ясеня; б – при колебании ветви

Наличие нескольких частот в спектрах колебаний почвы, по всей видимости, обусловлено несколькими источниками упругих возмущений древесных волокон, т. к. колебания лишь одной из многих ветвей практически не бывает. Отчасти это подтверждается тем, что при ударе о ствол вызванные на корне и почве вибрации в своем спектре имеют в основном одну частоту (рис. 5).

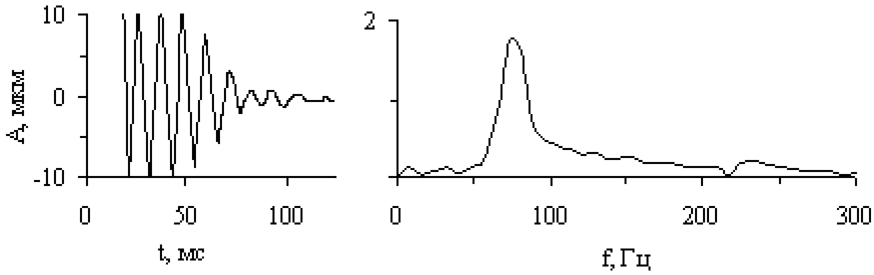


Рис. 5. Вибрации почвы и их частотный спектр от удара о ствол дуба

Напротив, колебания ясеня (h = 8 м, d = 10 см), ветви которого соударяются друг с другом и с ветвями других деревьев, вызывают вибрации почвы (25 см от ствола) с набором частот (рис. 6): около 2, 6-7, 10, 19, 25, 60, 75 Гц. При удалении от ствола амплитуда вибраций снижается, но если на пути их распространения встречается дерево, то на нем вибрации снова увеличиваются, за счет их более эффективного распространения по корням. Вибрации передаются не только от дерева почве, но и в обратном направлении. Например, шаги человека вызывают упругие колебания почвы, которые передаются корням и стволу растения (рис. 7). Кроме того, упругие свойства почвы и возможность контакта корней деревьев обусловливают распространение вибраций от одного дерева другому (табл. 1).

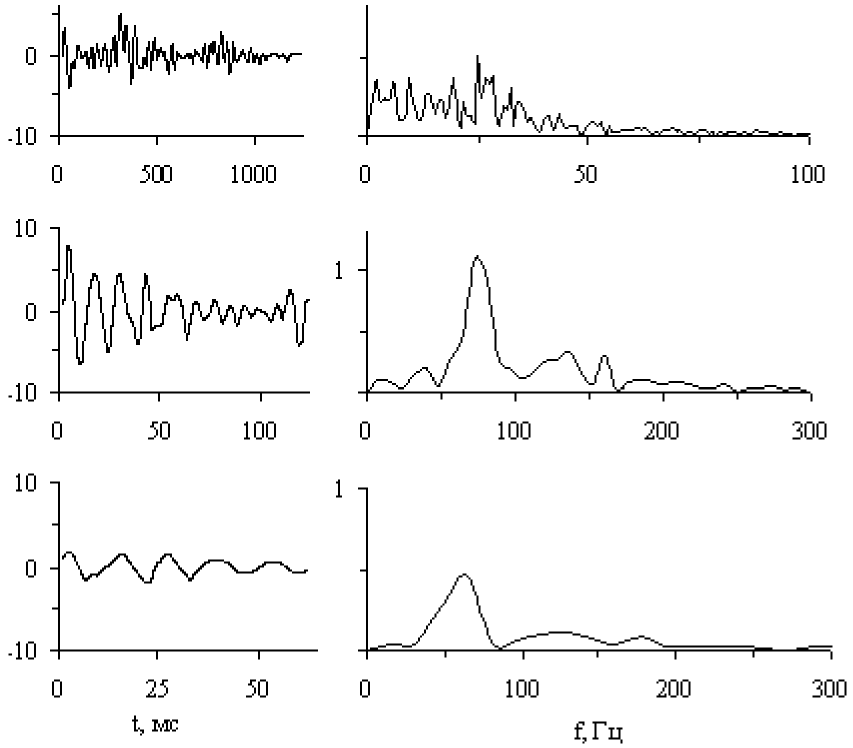


Рис. 6. Вибрации почвы и их частотные спектры от раскачивания ясеня при различной временной развертке

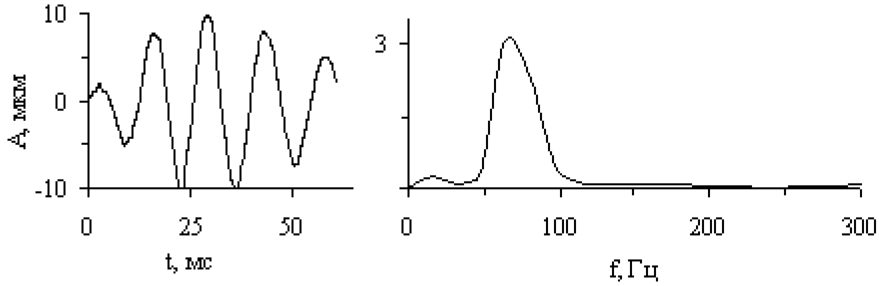


Рис. 7. Вибрация почвы и ее частотный спектр от шага человека. Расстояние до точки регистрации – 1 м

Выводы

Полученные в настоящей работе результаты свидетельствуют о довольно широком диапазоне частот вибрационных характеристик деревьев – от долей герца до нескольких сотен герц. В зависимости от конкретного источника и пути распространения они имеют вид от почти синусоидального до сложного модулированного по частоте и амплитуде колебания. Спектр частот при распространении вдоль ствола и корней дерева может претерпевать изменения, что подтверждает результаты исследования травянистых растений и черешков листьев древесных (см. [3]). В отличие от мягких растительных волокон, ветви, ствол и корни деревьев передают вибрации с малым затуханием, что обеспечивает их наличие в почве на расстоянии от ствола более 1 м. Наиболее интересным является вопрос о биологических и экологических эффектах вибраций растительного происхождения. Здесь можно отметить несколько аспектов: 1) влияние на эволюцию сигнализации животных, пользующихся вибрациями [3, 4]; 2) физиологические эффекты [8, 9]; 3) влияние на микроклимат гнезд [7]; 4) влияние на физику почвы и процессы почвообразования [4-6]. Отдельный интерес представляет вопрос о значении техногенных вибраций.

Таблица 1

Доминирующие частоты вибраций деревьев и почвы

Источник вибрации	Место регистрации	Доминирующие частоты (Гц)
Fraxinus excelsior L. раскачивание ствола	корневая шейка	~120
-//- соударение ветвей	-//-	50-65, 100
Quercus robur L. удар по стволу	корень 1-го порядка, 30 см от ствола, глубина 15 см	40-50, 160
Fraxinus excelsior L. удар по стволу	корень 1-го порядка, 40 см от ствола, глубина 5 см	65-95
Pyrus communis L. раскачивание ветви	корень 1-го порядка, 25 см от ствола	60-80, 140-150
-//-	корень 2-го порядка, 50 см от ствола	~30, ~50, 60-70
Ulmus laevis Pall. удар по стволу	корень 1-го порядка, 24 см от ствола	~120
-//-	-//- 39 см	~60, ~110
-//-	-//- 83 см	~75, ~110
-//-	-//- 115 см	~75, ~155
-//-	-//- 130 см	~60
-//-	-//- 150 см	~60
-//-	-//- 198 см	65-80
Fraxinus excelsior L. раскачивание ствола с соударением ветвей	почва 25 см от ствола	1,5-2,5; ~6; ~9; ~20; ~25 ~65, ~75,
-//-	-//- 75 см	0,1-0,5; 1,2; 2,6; ~75; ~80;
-//-	-//- 115 см	0,4-0,5; 70-80
Fraxinus excelsior L. раскачивание ствола с соударением ветвей	*Fraxinus excelsior L.* корневая шейка	1,5; 47-55; ~70
Pyrus communis L. раскачивание	-//- в 1,5 м от *Pyrus*	~80
-//- удар по стволу	-//-	~40
шаг	-//-	~60

Список литературы

1. *Гришин А. М., Голованов А. Н., Медведев В. В.* О возникновении колебаний элементов лесных горючих материалов и их влиянии на режимы воспламенения и горения // Прикладная механика и техническая физика. – 2001. – Т. 42, № 4. – С. 127-135.

2. *Vibration as a Communication Channel*. Symposium presented at the Annual Meeting of the Society for Integrative and Comparative Biology, 3–7 January 2001, at Chicago, Illinois // Amer. zool. – 2001. – V. 41, N 5. – P. 1133-1240.

3. *Cocroft R. B., Rodriguez R. L.* The behavioral ecology of insect vibrational communication // BioScience. – 2005. – V. 55. – P. 323-334.

4. *Нецветов М. В.* Вертикальное перемещение микрочастиц в почве под действием вибрации сверхнизких частот // Ґрунтознавство. – 2003. – Т. 4, № 1-2. – С. 62-65.

5. *Нецветов М. В.* Вибрации в лесу под действием ветра (теоретический аспект оценки частот) // Екологія та ноосферологія. – 2003. – Т. 13, № 1-2. – С. 87-92.

6. *Нецветов М. В.* Влияние вибраций 1-100 Гц на перемещение микрочастиц в почве // Ґрунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 92-96.

7. *Netsvetov M. V.* The possible effects of oscillations of tree-located magpies (*Pica pica* L.) nests // Ecology and noospherology. – 2005. –Vol. 16, N 3-4. – P. 202-207.

8. *Хиженков П. К., Нецветов М. В.* Накопление свинца растениями под влиянием электрических токов и вибраций // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 51-54.

9. *Энглези А. П., Хиженков П. К., Нецветов М. В.* Влияние низкочастотных физических факторов на ионный обмен в очагах травматической деструкции. 3. Сравнительный анализ // Вісник проблем біології і медицини. – 2004. – Вип. 4. – С. 19-24.

Нецветов М. В. **Вібраційні взаємозв'язки між деревом та ґрунтом.** – Досліджено вібрації дерев, що генеруються при колиханні, зіткненні гілок та з інших причин. Діапазон частот таких вібрацій лежить у межах від часток до сотень герц. Вібрації дерев через стовбур та корені передаються у ґрунт, а також у зворотному напряму. При поширенні по неоднорідному рослинному або ґрунтовому субстрату спектр частот змінюється.

Ключові слова: вібрації дерева, ґрунт.

Netsvetov M. V. **Vibrational coupling between tree and soil**. – Plantborne vibrations induced by wind, branch oscillations and other reasons. The frequency band include low frequencies from parts of hertz to hundreds. Vibration plant-soil transmissions is possible along both directions. While vibrations transmit to soil or through plant parts the band is changing.

Key words: vibrations, tree, soil.

УДК 577.152.1, 57.042

Г. В. Тарадина, О. И. Доценко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРАЦИИ НА ИНАКТИВАЦИЮ РАСТВОРОВ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
galya@dongu.donetsk.ua

Тарадина Г. В., Доценко О. И. **Исследование влияния низкочастотной вибрации на инактивацию растворов фермента каталазы. –** В статье рассмотрено влияние низкочастотных механических колебаний на растворы каталазы различной концентрации и рН. Для описания процесса инактивации под действием вибрационного фактора предложена кинетическая схема, которая позволяет учесть все стадии диссоциации, сопровождающиеся потерей функциональных свойств фермента. Рассчитаны концентрации всех форм фермента, образующихся в процессе вибрации, и константы скорости инактивации ($k_{ин}$, $с^{-1}$). Установлено, что величины констант инактивации зависят как от частоты вибрации, так и от рН и концентрации исследуемых растворов. Обсуждается роль растворителя (водной среды) в инактивации каталазы под действием низкочастотной вибрации.

Ключевые слова: каталаза, инактивация, низкочастотная вибрация.

Введение

Практически все биологические объекты подвержены воздействию механических колебаний как постоянно действующего фактора окружающей среды. Опыт последних десятилетий показывает, что по мере совершенствования машин, механизмов, приборов и создания принципиально новых видов техники проблема вибрации и шума, порождаемого вибрациями, приобретает особую остроту. Создание высокоскоростных машин и транспортных средств, форсированных по рабочим параметрам (мощности, производительности, нагрузке), неизбежно приводит к увеличению интенсивности вибрационных и виброакустических полей, оказывающих негативное воздействие на биологические объекты на всех уровнях организации, в том числе и на организм человека. И если проблема влияния ультразвука широко освещена в литературе, то исследованию низкочастотных составляющих и инфразвука, который является относительно новым, не полностью изученным фактором среды, практически не уделяется внимания.

Чтобы выявить источник патологии, так называемую "мишень" воздействия механических колебаний, необходимо исследовать биологические объекты на молекулярном уровне. Нами в качестве объекта исследования влияния низкочастотной вибрации был выбран фермент каталаза, являющийся одним из компонентов защитной системы организма человека и животных от токсичных метаболитов кислорода – супероксидного аниона $O_2^{-\cdot}$ и пероксида водорода H_2O_2. Широкое распространение каталазы во всех тканях организмов и наличие ее во всех внутриклеточных структурах этих тканей, а также отсутствие литературных данных о чувствительности этого фермента к вибрационному фактору послужило поводом для постановки наших экспериментов. *Цель* работы – кинетическое исследование инактивации каталазы под действием низкочастотной вибрации.

Материалы и методы исследований

При проведении эксперимента использовали растворы каталазы печени быка (КФ 1.11.1.6) с оптическим показателем чистоты $RZ==A_{405}/A_{280}=0,68$ (ООО "Синбиас", Украина), доводимые до нужной концентрации 0,1 М K-Na-фосфатным буфером. Концентрацию каталазы определяли спектрофотометрически, используя при расчетах коэффициент молярной экстинкции $\varepsilon_{405}=324000\ М^{-1}см^{-1}$.

Растворы каталазы различной концентрации ($1\cdot10^{-6}$, $0,5\cdot10^{-6}$, $0,2\cdot10^{-6}$ моль/л) с рН 6,4 ÷ 8,0 подвергали действию трехчасовой вибрации с амплитудой 1,2±0,27 мм и частотой 8, 16, 24 и 32 Гц с помощью электромеханического преобразователя, подключенного к генератору сигналов. Каждые 15 мин из растворов отбирали аликвоты для определения активности фермента. В качестве контроля использовали каталазную активность этих же растворов, определенную до начала вибрации.

Для определения активности каталазы, а также констант скоростей расходования H_2O_2 первого порядка, являющихся количественной характеристикой активности фермента, использовали метод, основанный на способности бихромата калия при нагревании в присутствии перекиси водорода превращаться в уксусной кислоте в ацетат хрома, с образованием перхромовой кислоты как неустойчивого промежуточного продукта. Образовавшийся ацетат хрома определяли колориметрически при длине волны 590 нм.

Активность каталазы определяли в терминах константы скорости разложения перекиси водорода первого порядка k, c^{-1}: $k = \frac{1}{t}\lg\frac{S_0}{S}$, где S_0 – начальная концентрация перекиси, S – концентрация перекиси в момент времени t, с (t = 120 с).

Результаты и обсуждение

При проведении серии экспериментов по влиянию низкочастотной вибрации на фермент каталазу было выявлено снижение каталазной активности при воздействии механических колебаний во всем диапазоне частот на все исследуемые растворы фермента.

Вибрация растворов с рН 6,4 не приводила к значительному снижению активности по отношению к контролю и составляла 5-14%, что, по всей видимости, вызвано изначально низкой активностью фермента при данном рН – фермент частично диссоциирует в растворе уже до воздействия фактора.

При вибрации растворов каталазы на частотах 8 и 32 Гц, а также концентрированных растворов с рН 7,4 на частоте 24 Гц инактивация была менее выраженной по сравнению с изменением активности фермента в диапазоне частот 16-24 Гц, а при вибрации растворов на частоте 16 Гц (снижение активности по отношению к контролю достигало 40-75%) уже через 30 минут от начала эксперимента наблюдали выпадение осадка, свидетельствующего о необратимой денатурации фермента.

Графики зависимости изменения каталазной активности по отношению к контролю от времени вибрации имели ступенчатый характер (рис. 1), свидетельствующий о диссоциативном характере инактивации.

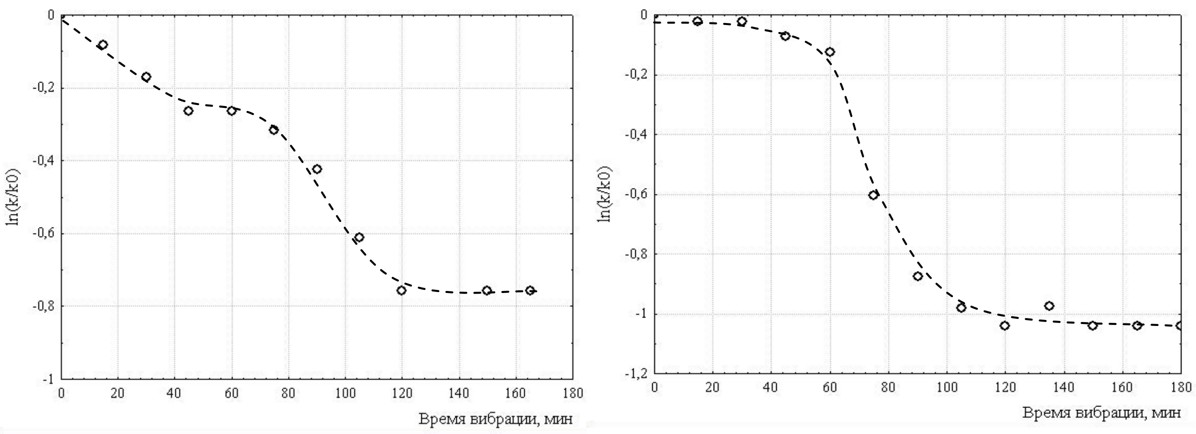


Рис. 1. Примерный вид экспериментальных кинетических зависимостей изменения активности каталазы от времени вибрации

При обработке полученных кинетических зависимостей с применением методов компьютерного моделирования было выяснено, что наиболее адекватно описывает результаты эксперимента модель инактивации каталазы через стадии последовательной диссоциации с образованием промежуточных активных форм фермента:

$$E_4 \underset{k_{-1}}{\overset{k_{+1}}{\rightleftarrows}} E_3 + E \underset{k_{-2}}{\overset{k_{+2}}{\rightleftarrows}} E_2 + 2E \underset{k_{-3}}{\overset{k_{+3}}{\rightleftarrows}} 4E \xrightarrow{k_{in}} 4E_{in} \quad ,$$

где E_4, E_3, E_2, E – активные тетра-, три-, ди- и мономерная формы каталазы, E_{in} – неактивный мономер.

В результате моделирования были рассчитаны концентрации всех форм фермента, образующиеся в процессе вибрации растворов каталазы. При вибрации растворов с pH 7,4 на частоте 8 Гц и растворов с pH 7,0 и 7,4 на частоте 32 Гц наблюдали незначительное снижение содержания тетрамерной формы в процессе воздействия фактора (рис. 2 а). Вибрация растворов каталазы с pH 8,0 на этих же частотах и растворов с pH 7,0 на частоте 8 Гц приводила к уменьшению нативной формы, появлению тримера и в незначительной степени ди- и мономерных форм (рис. 2 б).

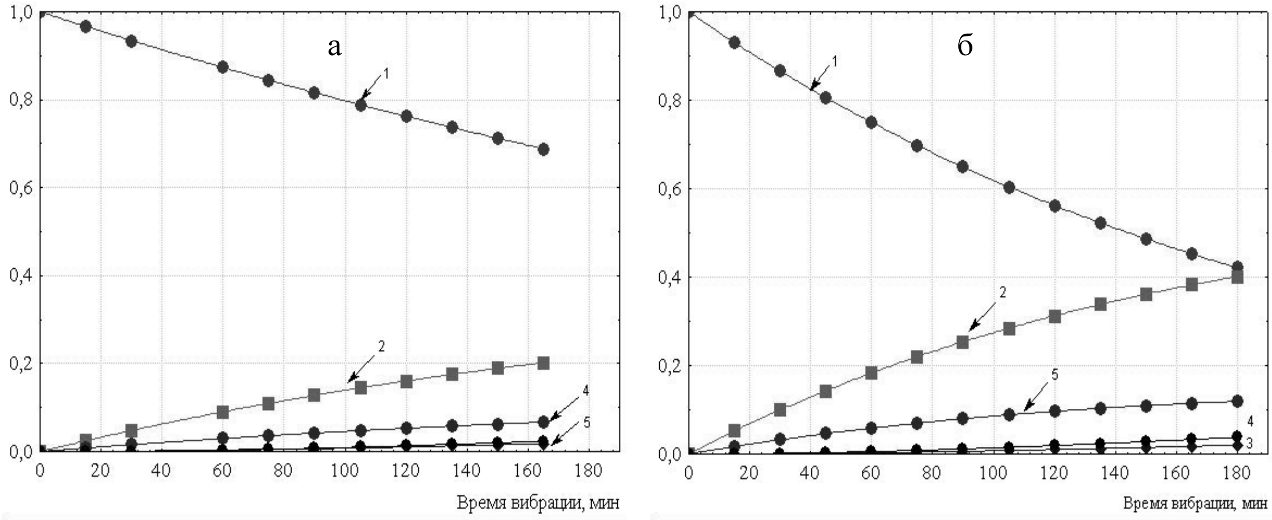


Рис. 2. Зависимость концентраций форм фермента от времени вибрации:
1 – нативная каталаза (E_4), 2 – тримерная форма (E_3), 3 – димер (E_2), 4 – мономер (E), 5 – неактивный мономер (E_{in}); а) pH 7,4, частота 8 Гц, б) pH 7,0, частота 8 Гц. $C_{кат}$ = 5e-7 моль/л

Вибрация растворов каталазы в диапазоне частот 16-24 Гц приводила к резкому снижению содержания тетраметрной формы фермента и образованию три- и, в меньшей степени, ди- и мономерной форм. По мере воздействия вибрационного фактора происходило накопление неактивной мономерной формы каталазы. Надо заметить, что, как и в предыдущих исследованиях [1], степень диссоциации фермента зависела от концентрации исследуемых растворов во всем исследуемом диапазоне pH и была максимальной при вибрации растворов с концентрацией $2 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Это подтверждается и результатами компьютерного моделирования (рис. 3): доля инактивированной формы увеличивалась с уменьшением концентрации растворов каталазы.

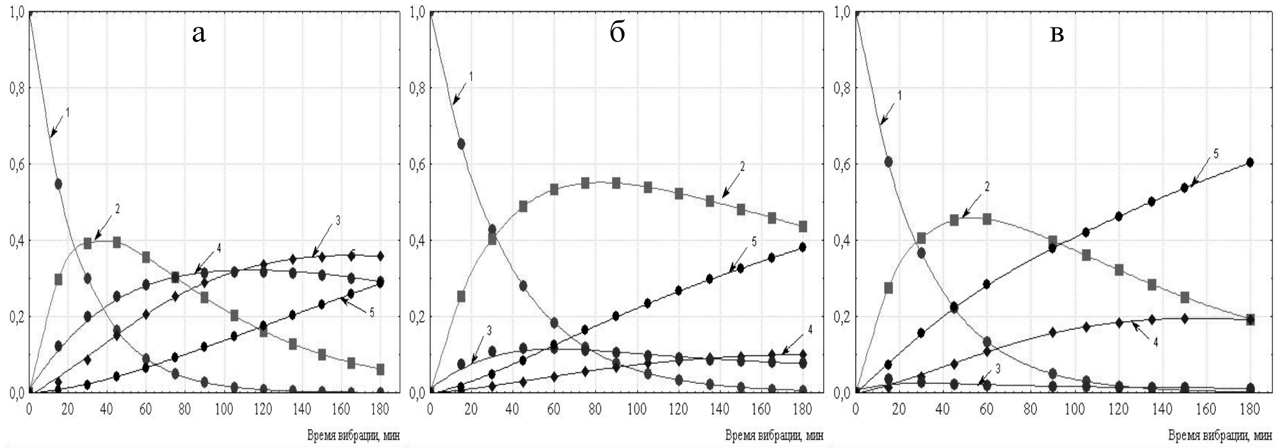


Рис. 3. Зависимость концентраций форм каталазы от времени вибрации:
1 – нативная каталаза (E_4), 2 – тримерная форма (E_3), 3 – димер (E_2), 4 – мономер (E), 5 – неактивный мономер (E_{in}). Концентрация каталазы: а) $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л, б) $5 \cdot 10^{-7}$ моль/л, в) $2 \cdot 10^{-7}$ моль/л (частота 16 Гц; pH раствора 8,0)

Для всех условий эксперимента с применением методов поисковой оптимизации рассчитаны константы инактивации каталазы. Зависимость полученных констант инактивации от pH исследуемых растворов и частоты вибрации для различных концентраций фермента представлена на рис. 4 а-в. В граничных областях pH 7,0 и 8,0 константы инактивации имели бóльшие значения, нежели в так называемой "зоне стабильности" (pH 7,4) при вибрации во всем диапазоне частот. Максимальные значения констант инактивации получены при вибрации растворов на частотах 16 и 24 Гц.

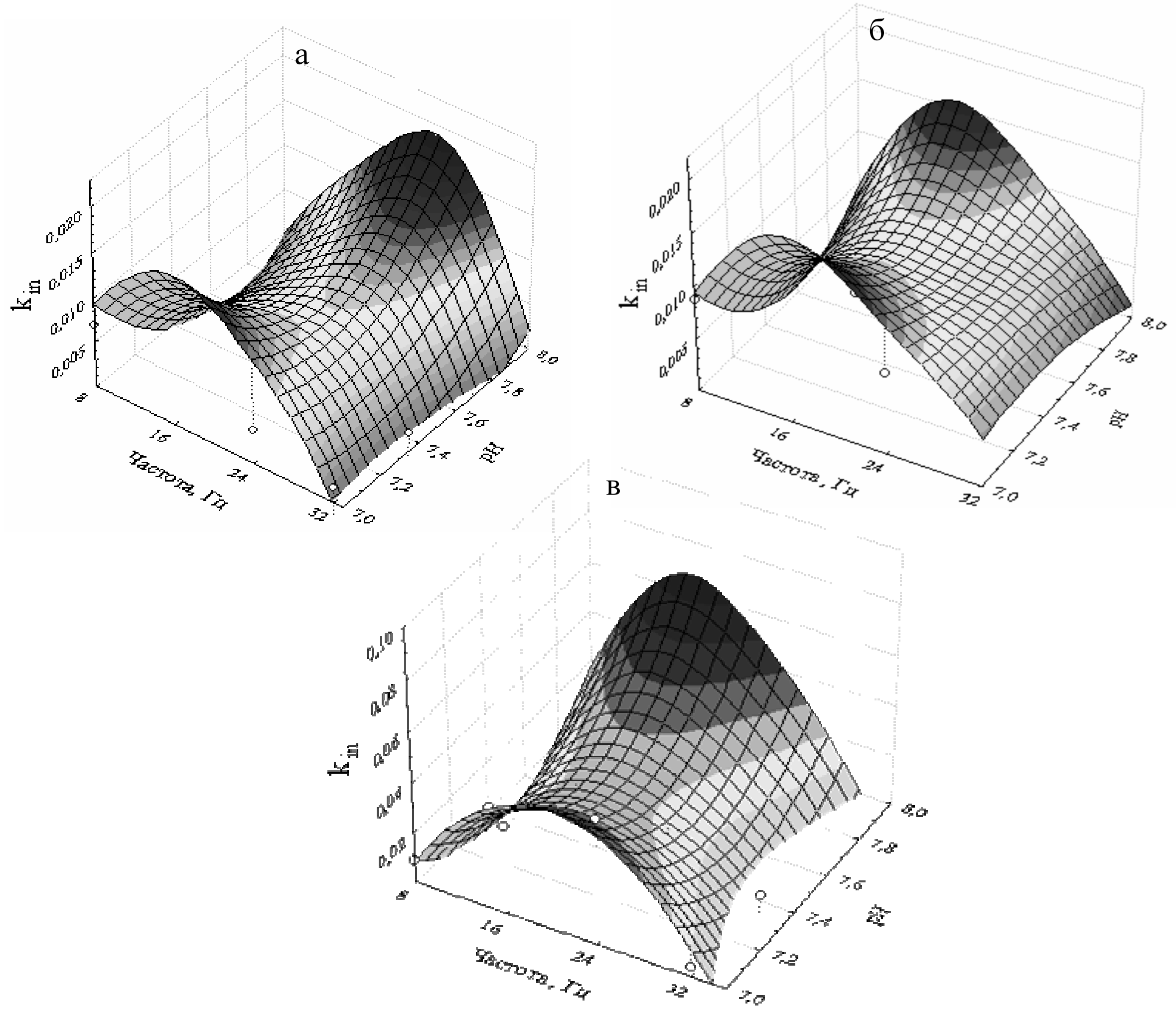


Рис. 4. Зависимость констант инактивации (k_{in}) от частоты и pH растворов каталазы. Концентрация каталазы: а) $1{\cdot}10^{-6}$ моль/л, б) $5{\cdot}10^{-7}$ моль/л, в) $2{\cdot}10^{-7}$ моль/л

При высоких концентрациях фермента при прочих равных условиях k_{in} минимальны. Это, по всей видимости, вызвано способностью фермента к самоассоциации – образовавшиеся агрегаты менее подвержены воздействию механических колебаний. Можно предположить, что определенную роль в исследуемых в работе процессах играет растворитель, а в нашем случае – буферный раствор.

В настоящее время наряду с развитием представлений и моделей, объясняющих влияние слабых физических факторов (магнитные поля; видимый свет, лазерное излучение; тепловое воздействие, фазовые переходы; механическое воздействие - вибрация, ультразвук; высокое или пониженное давление; сочетание двух и более перечисленных факторов) на системы и процессы в организме или живой клетке, высказываются суждения о том, что часть биологических эффектов может быть связана с действием этих факторов на свойства самой воды, а в нашем случае растворителя. Иными словами, вода является сенсором слабых химических и физических воздействий, вызывающих изменение ее физико-химических свойств.

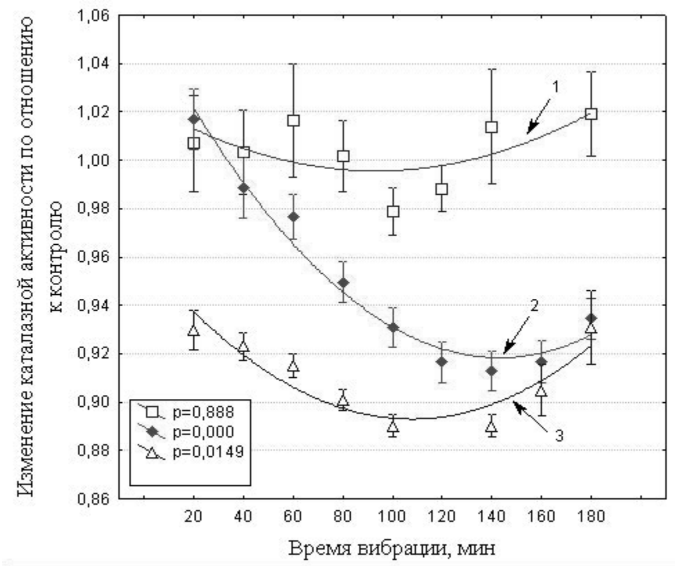


Рис. 5. Изменение каталазной активности по отношению к контролю от времени вибрации: 1 – раствор каталазы без вибрации; 2 – вибрация раствора каталазы; 3 – добавление каталазы в буфер после вибрации

Чтобы доказать предполагаемое опосредованное влияние механических колебаний на инактивацию фермента через растворитель, нами был проведен следующий эксперимент: каталазу, добавляли в буферный раствор после воздействия на него трехчасовой вибрации. При этом каталазная активность резко снижалась ($p<0,05$) в течение первых 20 минут после добавления фермента (рис. 5). Для сравнения на графике приведены кинетические кривые изменения активности каталазы в процессе трехчасовой вибрации – получали типичную кривую инактивации, и без действия на растворы механических колебаний – достоверных различий в значениях величин активности каталазы не обнаружено ($p>0,05$).

Из литературных источников известно, что буферный раствор насыщен воздухом, что обеспечивает наличие в нем кислорода порядка 10^{-4} М. Имеется ряд наблюдений [3], свидетельствующих об увеличении содержания АФК в водных средах при встряхивании воды, а также других низкоэнергетических воздействиях. Предполагается, что первичным актом низкоэнергетических воздействий может быть возбуждение молекул кислорода, растворенного в воде или находящегося в газовых пузырьках. В диспергированных в воде парогазовых пузырьках возбуждение кислорода (~1 эВ) может происходить в результате деформации поверхности и появления вблизи нее высоких градиентов электромагнитных полей даже при обыкновенном встряхивании или переливании воды.

Напряженность электрического поля, возникающего при деформации и расщеплении пузырьков, может достигать высоких значений, достаточных для возбуждения газообразного кислорода или паров воды. Возбужденный "синглетный" кислород приводит к появлению супероксидного анион-радикала, т.е. избыточного отрицательного заряда внутри пузырька. Взаимодействие заряженных пузырьков может приводить к синхронизации колебаний находящихся в них зарядов и установлению единого ритма колебаний в окружающих пузырьки водных объемах [3]. Этот эффект может лежать в основе усиления коллективных взаимодействий в воде при увеличении содержания активных форм кислорода (АФК).

Важным доводом в пользу гипотезы образования АФК при воздействии низкочастотной вибрации послужил анализ изменения активности каталазы в бескислородных растворах фермента.

Активность фермента измеряли до и после трехчасовой вибрации раствора каталазы в кислородсодержащих растворах в открытом сосуде; в плотно закрытом сосуде – без воздуха над свободной поверхностью жидкой фазы (чтобы если не исключить, то свести к минимуму возможность протекания процессов, происходящих не в воде, а на границе раздела "вода-воздух", где имеются доступные источники энергии, достаточной для образования АФК) и в бескислородных растворах каталазы (насыщенном азотом и вакуумированном).

В первых двух случаях, при вибрации кислородсодержащих растворов, наблюдали снижение активности фермента на 56,3% по сравнению с контролем (в качестве контроля служила активность каталазы, определенная до начала вибрации). В бескислородных растворах значения активности каталазы не менялись (находились в пределах ошибки эксперимента), что позволяет предположить образование при встряхивании водных растворов активных форм кислорода, способных рекомбинировать с образованием свободных радикалов, которые атакуют поддерживающие нативную структуру аминокислотные остатки и снижают функциональные возможности ферментов.

Для доказательства влияния свободных радикалов на процесс инактивации каталазы в исследуемые растворы добавляли альбумин, диметилформамид и этанол, являющиеся специфическими "ловушками" гидроксильных радикалов HO· – наиболее реактивного вида "активированного" кислорода. Все используемые "ловушки" в большей или меньшей степени, как уже было показано ранее [1], оказывали стабилизирующее действие на растворы каталазы, подвергавшиеся вибрации. Причем степень инактивации и, соответственно, константы скорости инактивации снижались с увеличением концентрации скавенджеров (рис. 6).

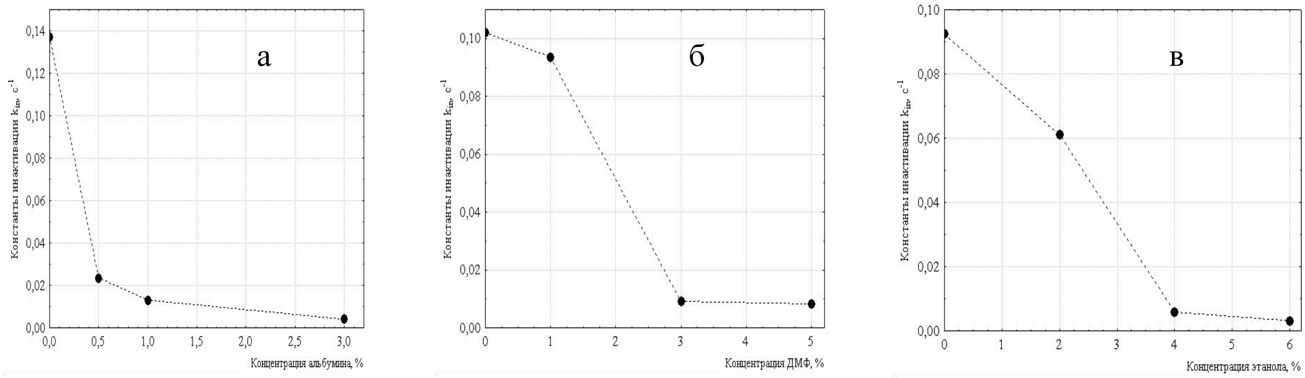


Рис. 6. Зависимость констант инактивации каталазы от концентрации ловушек радикалов: а) альбумина, б) диметилформамида, в) этанола

Выводы

1. Проведено кинетическое исследование процесса инактивации каталазы в растворах с pH 6,4; 7,0; 7,4; 8,0 при воздействии механических колебаний в диапазоне частот 8÷32 Гц с амплитудой 1,2 ± 0,27 мм. Максимальное снижение активности фермента наблюдали при вибрации разбавленных растворов на частотах 16 и 24 Гц.
2. Предложена кинетическая схема инактивации через стадии последовательной диссоциации фермента на субъединицы с образованием активных промежуточных форм; методами математического моделирования и оптимизации получены константы вибрационной инактивации каталазы и концентрации всех форм фермента, образующихся в процессе воздействия механических колебаний.
3. Показано опосредованное воздействие низкочастотных колебаний на каталазу через растворитель – буферную среду в результате образования активных форм кислорода под действием вибрации, способных рекомбинировать с образованием радикалов, разрушающих нативную структуру и снижающих функциональные свойства фермента.

Список литературы

1. *Тарадина Г. В., Доценко О. И.* Кинетическое исследование инактивации фермента каталазы под действием низкочастотной вибрации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 251-256.

2. *Лобышев В. И.* Вода как сенсор слабых воздействий физической и химической природы. // Рос. хим. журн. – 2007. – Т. LI, № 1. – С. 107-114.

3. *Беловолова Л. В., Глушков М. В.* Влияние активных форм кислорода и диспергированных газовых пузырьков на флуоресценцию воды и водных растворов глицилтриптофана // Электронный научн. журн. "Исследовано в России". – 2006. – С. 2040-2057 (http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/215.pdf).

Тарадіна Г. В., Доценко О. І. **Дослідження впливу низькочастотної вібрації на інактивацію розчинів ферменту каталази. –** У статті розглянуто вплив низькочастотних механічних коливань на розчини каталази різної концентрації та рН. Для опису процесу інактивації під дією вібраційного фактора запропоновано кінетичну схему, що дозволяє врахувати всі стадії дисоціації, які супроводжуються втратою функціональних властивостей ферменту. Розраховані концентрації всіх форм ферменту, що утворюються в процесі вібрації і константи швидкості інактивації ($k_{ін}$, $с^{-1}$). Встановлено, що значення констант інактивації залежать як від частоти вібрації, так і від рН і концентрації досліджуваних розчинів. Обговорюється роль розчинника (водного середовища) в інактивації каталази під впливом низькочастотної вібрації.

Ключові слова: каталаза, інактивація, низькочастотна вібрація.

Taradina G. V., Dotsenko O. I. **The investigation of the influence of the low-frequency vibration on inactivation of the enzyme catalase solutions. –** The influence of low-frequency mechanical fluctuations on catalase solutions with various concentration and pH is considered in the work. The kinetic scheme, which allows to consider all stages of dissociation, accompanied by loss of functional properties of the enzyme is offered for the description of the process. The concentrations of all species of the enzyme produced under the influence of the vibration and the constants of the speed of inactivation (k_{in} c^{-1}) are calculated. It is established, that the sizes of constants of the inactivation depend as of frequency of vibration, as of pH and concentration of investigated solutions. It is discussed the role of solvent (water environment) in the catalase inactivation under the action of the low-frequency vibration.

Key words: catalase, inactivation, low-frequency vibration.

УДК 911:33; 504.03

В. М. Шаталов[1], И. В. Нога[1], Н. В. Корнилова[2], Ю. Г. Расин[2]

ДОПУСТИМАЯ АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ЛИНЕЙНЫХ МАРШРУТАХ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО ФОНДА

[1] *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*
e-mail: bio-phys@mail.ru
[2] *Крымский филиал ГП "Научный центр исследования по проблемам заповедного дела"; г. Симферополь, ул. Полигонная, 51а; e-mail: yuri.rasin@gmail.com*

Шаталов В. М., Нога И. В., Корнилова Н. В., Расин Ю. Г. **Допустимая антропогенная нагрузка на линейных маршрутах в объектах природно-заповедного фонда.** – С помощью математического моделирования показано, что допустимое число экскурсантов на линейных маршрутах в объектах природно-заповедного фонда может без ущерба для окружающей среды значительно превышать допустимое число экскурсантов, рассчитанное по существующим нормам на всю площадь объекта. Приведено обоснование для выбора допустимой антропогенной нагрузки на заранее проложенных обустроенных тропах в объектах природно-заповедного фонда Украины.

Ключевые слова: природно-заповедный фонд, математическое моделирование, рекреация, антропогенная нагрузка, линейный маршрут, окружающая середа, экология.

Введение

Большинство объектов природно-заповедного фонда (ПЗФ) Украины страдают от недостаточного финансирования со стороны государства, в связи с чем, приходится привлекать негосударственные источники финансирования. Одним из таких источников является эксплуатация рекреационных возможностей объектов ПЗФ – экскурсионная и туристическая деятельность. Посещение объектов ПЗФ регулируется действующим природоохранным законодательством Украины [1], поскольку подобное использование заповедных территорий потенциально может нанести им определенный ущерб. Принятые нормы посещения охраняемых территорий [2] основываются на результатах исследований устойчивости территорий к рекреационным нагрузкам. Обычно эти нормы приводятся из расчета на единицу площади объекта при ежедневном использовании [3-6]. Существующая методика нормирования нагрузок не учитывает, во-первых, сезонность посещений и самовосстановление природы в межсезонье, а во-вторых, то, что в ряде объектов ПЗФ экскурсии для туристов организуются (либо могут быть организованы) по заранее проложенным, обустроенным тропам. Отсутствие обоснованных методик расчета допустимой нагрузки, с учетом указанных факторов, препятствует развитию туризма и активному использованию рекреационных возможностей заповедных территорий, в связи с чем, работа, посвященная обоснованию таких расчетов весьма актуальна, поскольку отказ от сознательного управляемого использования объектов природно-заповедного фонда в рекреационных целях открывает путь нерегулируемому потоку антропогенной нагрузки. Как следствие – лесные пожары, несанкционированные мусорные свалки и прочие негативные явления, приводящие, в конечном счете, к нарушению экологического равновесия.

Самовосстановление природы в межсезонье можно учесть в рамках моделирования динамики антропогенного воздействия, наподобие того, как это было сделано в работе [7], где предложена математическая модель влияния привлекательности рекреационных ресурсов на рынок потребителей с учетом деградации ресурсов под действием антропогенной нагрузки. Переход от расчетов площадных нагрузок к нагрузкам линейным обсуждался в [8], где были изложены общие принципы создания методики расчета допустимой нагрузки на объекты ПЗФ.

Цель работы – вывод формулы перерасчета существующих норм с учетом линейности экскурсионных маршрутов, того обстоятельства, что они проходят по заранее проложенным и обустроенным тропам. Для этого мы сформулируем математическую модель рекреационной нагрузки и с ее помощью сравним нагрузку, распределенную по всей площади объекта природно-заповедного фонда, с эквивалентной нагрузкой на линейном маршруте.

Математическая модель

Рекреационной антропогенной нагрузкой называется степень непосредственного влияния отдыхающих людей (рекреантов), их транспортных средств на природные комплексы или рекреационные объекты [9]. Как правило, эта нагрузка выражается количеством людей, приходящихся на единицу площади объекта за определенный промежуток времени (обычно за день или за год). Различают следующие виды нагрузок [9]: оптимальная, не приводящая к нарушениям в природе (рекреационном объекте); предельная (максимально допустимая), вызывающая нарушения обратимого характера; деструкционная (гибельная) рекреационная нагрузка, приводящая к необратимой деградации рекреационной территории или комплекса. Основными факторами отрицательного антропогенного воздействия на объекты природно-заповедного фонда являются вытаптывание, замусоривание территории, шум и т.п.

Пусть величина антропогенной нагрузки описывается неким совокупным фактором воздействия человека как источника нагрузки на окружающую среду. Этот фактор в общем случае зависит от расстояния r до источника. Очевидно, что зависимость и величина воздействия будет разной для разных факторов – вытаптывание, загрязнение, шум и др. – это не принципиально, поскольку аналогичное рассмотрение можно провести для каждого фактора в отдельности и суммировать результат.

Рассмотрим нагрузку, производимую группой из N экскурсантов, постоянно находящихся на территории объекта природно-заповедного фонда площадью S гектар и распределенных по ней случайным образом. В этом случае суммарная "площадная" нагрузка равна $R_{\text{square}}= N/S$. При этом каждый i-й экскурсант является постоянным источником нагрузки (загрязнения), распределенной по площади объекта с некоторой плотностью вероятности $P_i(r)$, зависящей от расстояния r до источника. Суммарная нагрузка R_{square} определяется интегралом по площади объекта по всем распределениям, который с учетом нормированности $P_i(r)$, должен равняться числу экскурсантов:

$$R_{\text{square}} = \frac{1}{S}\iint\limits_S \sum_{i=1}^{N} P_i\left(\left|\mathbf{r}-\mathbf{r}_i\right|\right)\mathrm{d}s = \frac{N}{S}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{r}_i$ – координаты i-го источника.

Рассмотрим другой случай, когда такая же группа экскурсантов находится на заранее проложенной и обустроенной тропе. Каждый экскурсант, как и в предыдущем случае, создает вокруг себя "нагрузку" с вероятностью $P_i(r)$, однако эта нагрузка не влияет на уже проложенную и обустроенную тропу. Не действует фактор вытаптывания, поскольку тропа уже проложена, не действует фактор загрязнения, поскольку на обустроенной тропе имеются урны для мусора, практически не действует шумовой фактор и т.д. Значит, определяя суммарное воздействие группы на линейном маршруте, следует из интеграла по площади объекта (1) исключить интеграл по площади тропы. Конечно, такое же исключение следует сделать и в предыдущем случае, если таковая тропа там имеется. Однако если площадь тропы намного меньше площади всего объекта и попадание экскурсанта на тропу случайно, то такое исключение практически не изменит результата (1).

В случае "линейной" нагрузки эффект исключения тропы будет различным в зависимости от соотношения между шириной тропы h и эффективным "диаметром" d распределения нагрузки $P_i(r)$. При h намного меньше d – эффекта нет, а при h много больше d – нагрузка на объект природно-заповедного фонда исчезает! Наиболее реалистичный промежуточный случай h порядка d можно рассмотреть лишь моделируя каким-то образом зависимость $P_i(r)$. В качестве примера рассмотрим двумерное нормальное распределение с дисперсией σ^2, симметричное по координатам x и y

$$P_i(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), \qquad (2)$$

где $r=\sqrt{x^2+y^2}$ – расстояние от источника до точки с координатами (x , y). Примем x = 0 за осевую линию тропы и предположим, что ее длина тропы намного больше ширины, тогда интеграл по площади (1) распадается на произведение интегралов по координатам $ds = dx\,dy$ в бесконечных пределах. Исключая тропу из области интегрирования по dx получаем формулу для расчета фактической нагрузки на объект ПЗФ от заданного числа экскурсантов N, находящихся на линейном маршруте

$$R_{\text{linear}} = \frac{N}{S}\left[1-\Phi\left(\frac{h}{2\sigma}\right)+\Phi\left(-\frac{h}{2\sigma}\right)\right], \qquad (3)$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности Гаусса. Сравнивая (1) и (3), получаем, что при одинаковом числе экскурсантов линейная нагрузка всегда меньше площадной $R_{\text{linear}}<R_{\text{square}}$, поскольку $\Phi(x) > \Phi(-x)$ для любых $x>0$.

Теперь мы можем ответить на главный вопрос: сколько людей N_{linear} может находиться на линейном маршруте с тем, чтобы выполнялся установленный законодательством норматив площадной нагрузки R_{square}. Из условия равенства площадной и линейной нагрузки $R_{\text{linear}}=R_{\text{square}}$ получаем

$$R_{\text{eff}} = \frac{R_{\text{square}}}{1-\Phi\left(\frac{h}{2\sigma}\right)+\Phi\left(-\frac{h}{2\sigma}\right)}, \qquad (4)$$

где $R_{\text{eff}} = N_{\text{linear}}/S$, а величина $R_{\text{square}} = N_{\text{square}}/S$ зафиксирована нормативом. Поскольку знаменатель в (4) меньше единицы, допустимое число экскурсантов на тропе будет всегда больше, чем рассчитанное по площадным нормативам. На рис. 1 представлена зависимость отношения $R_{\text{eff}}/R_{\text{square}}=N_{\text{linear}}/N_{\text{square}}$ от отношения ширины тропы к среднему диаметру распределения $h/2\sigma$. Как указывалось выше, параметр σ в распределении (2), имеющий смысл стандартного отклонения, будет разным для разного рода воздействий. Однако, как видно из графика, при любых σ допустимая нагрузка (число экскурсантов) на линейных маршрутах всегда больше "площадной" нормы $N_{\text{linear}}/N_{\text{square}}>1$.

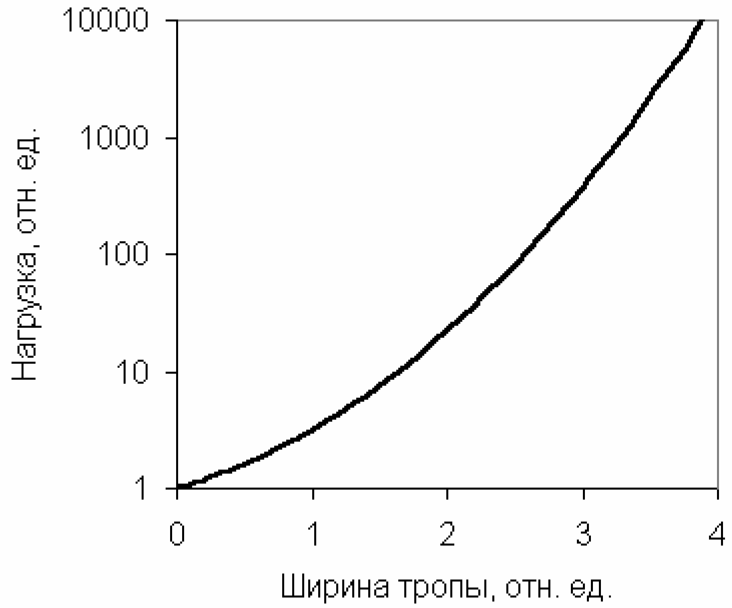


Рис. 1. Допустимая нагрузка $R_{\text{eff}}/R_{\text{square}}$ (в единицах нормативной) в зависимости от ширины тропы $h/2\sigma$ (в единицах среднего диаметра распределения)

Выводы

Таким образом, на линейных маршрутах допустимое число экскурсантов N_{linear} может без ущерба для окружающей среды значительно превышать то количество N_{square}, которое получается, если рассчитывать по норме на всю площадь объекта. Этот результат может служить обоснованием для определения допустимых рекреационных нагрузок на заранее проложенных обустроенных тропах в объектах ПЗФ Украины. Для получения конкретной величины допустимой нагрузки R_{eff} по формуле (4) нужно руководствоваться существующим нормативом R_{square} и шириной тропы h для данного объекта, а также экспериментально измеренными значениями дисперсии σ для различных видов антропогенной нагрузки. Дальнейшее уточнение этой методики связано с учетом разнородности и временной зависимости антропогенного воздействия на объекты природно-заповедного фонда.

Список литературы

1. "*Про затвердження переліку* платних послуг, які можуть надаватися бюджетними установами природно-заповідного фонду": Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2000 р. № 1913.

2. *Державні* будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень // ДБН 360-92. – К.: Мінбудархітектури України, 1993. – 37 с.

3. *Карпатский* рекреационный комплекс / Под ред. М. И. Долишнего. – К.: Наук. думка, 1984. – 148 с.

4. *Нижник М. С.* Лес и отдых. – К.: Наук. думка, 1989. – 120 с.

5. *Поляков А. Ф., Савич Е. И.* Методика определения допустимых рекреационных нагрузок в горных лесах методом моделирования. – Крымская ГЛОС УкрНИИЛХА, 1984. – 210 с.

6. *Репшас Э. А.* и др. Определение состояния и экологической емкости рекреационных лесов (методические рекомендации). – Каунас: ЛитНИИЛХ, 1981. – 156 с.

7. *Шаталов В. М., Нога И. В.* Динамическая модель влияния антропогенной нагрузки на рекреационные ресурсы // Вістнік ДІТБ. – Донецк: Донецкий ин-т туристического бизнеса, 2002. – Т. 6. – С. 308-314.

8. *Нога И. В., Шаталов В. М., Корнилова Н. В., Расин Ю. Г.* Принципы моделирования антропогенной нагрузки на линейных маршрутах // Тез. докл. I Междунар. поли-дисциплинарной науч.-практ. Интернет-конф. "Управление развитием сложных систем" (1-25 апреля 2003 г.) http://www.desa.donbass.com/html_rus/conferences/mcsd-03/uprav_proc_1.htm.

9. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование (словарь-справочник). – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

Шаталов В. М., Нога І. В., Корнилова Н. В., Расін Ю. Г. **Припустиме антропогенне навантаження на лінійних маршрутах в об’єктах природно-заповідного фонду. –** За допомогою математичного моделювання доведено, що припустима кількість екскурсантів на лінійних маршрутах може без збитку для навколишнього середовища значно перевищувати ту кількість, що виходить із розрахунків за існуючими нормами на всю площину об’єкта. Наведено обґрунтування для вибору припустимих рекреаційних навантажень на заздалегідь прокладених обладнаних стежках в об’єктах природно-заповідного фонду України.

Ключові слова: математичне моделювання, рекреація, антропогенне навантаження, природно-заповідний фонд, лінійний маршрут, навколишнє середовище, екологія.

Shatalov V. M., Noga I. V., Kornilova N. V., Rasin Yu. G. **Available linear route recreation impact in the nature reserves. –** It is shown by a mathematical model method that available number of tourists in the linear routs may without any damage to environment may exceed that one calculated via the standard square rates. The justification is given for getting available linear route recreation press in beforehand laid and equipped paths of the nature reserves of Ukraine.

Key words: mathematical model method, recreation anthropogenius impact, nature reserves, linear routs, environment.

УДК 612.444 : 612.741

В. В. Труш

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКИХ И ОДНОКРАТНЫХ СВЕРХФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДОЗ L-ТИРОКСИНА НА ВЕЛИЧИНУ ОПТИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И ВНЕШНЮЮ РАБОТУ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС

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

Труш В. В. **Влияние хронических и однократных сверхфизиологических доз L-тироксина на величину оптимальной нагрузки и внешнюю работу скелетной мышцы белых крыс. –** В опытах на белых крысах показано, что хроническое введение L-тироксина, сопровождавшееся развитием у крыс гипертиреоза и тиреотоксикоза, привело к уменьшению оптимальной для передней большеберцовой мышцы нагрузки и максимальной работы, более выраженному у крыс с тиреотоксикозом. В режиме малых нагрузок внешняя работа мышцы крыс с гипертиреозом и тиреотоксикозом не отличалась от эутиреоидного уровня, тогда как при средних и больших нагрузках наблюдалось ее уменьшение, более выраженное у крыс с тиреотоксикозом. Однократная сверхфизиологическая доза L-тироксина не отразилась на величине оптимальной для мышцы нагрузки и максимальной работе, но сопровождалась некоторым улучшением силовых характеристик мышцы в диапазоне малых нагрузок.

Ключевые слова: тиреоидные гормоны, L-тироксин, гипертиреоз, тиреотоксикоз, работа мышцы, сила мышцы.

Введение

Хорошо известно, что гиперфункция щитовидной железы влечет за собой возникновение обширного ряда двигательных расстройств с четкой клинической симптоматикой [1-6]. Так, во многих описаниях клиники тиреотоксикоза отмечается нарушение функции произвольной мускулатуры, которое может проявляться в снижении мышечной силы, повышенной утомляемости, высокой механической возбудимости мышц, различной степени их атрофии, возникновении тремора, генерализованных фасцикуляций, гипер- или гипокинезии и т. д. [1, 3, 4]. Между тем ряд специалистов [7-12] в условиях in vitro, напротив, наблюдали позитивные эффекты физиологических и повышенных доз йодтиронинов на отдельные структуры мышечного волокна, имеющие отношение к реализации сократительного акта. В литературе имеются сообщения, согласно которым даже однократные инъекции L-тироксина способны вызывать увеличение амплитуды моносинаптических рефлекторных реакций спинного мозга [13-15] и появление нерезко выраженных морфологических изменений в спинальных мотонейронах, свидетельствующих об усилении метаболических процессов в них [16]. Рядом иностранных исследователей установлено, что добавление йодтиронинов к культивируемым в условиях in vitro скелетным мышечным волокнам сопровождается повышением активности Na^+/K^+-АТФазы [17-22] и, как следствие этого, некоторой гиперполяризацией сарколеммы [17], увеличением скорости открытия Na^+-каналов [17, 23], повышением активности Ca^{2+}-АТФазы саркоплазматического ретикулума [10, 24, 25] и чувствительности сократительного аппарата скелетной мышцы к ионам Ca^{2+} [7, 26], а также интенсификацией цАМФзависимых процессов в мышечном волокне [9, 27, 28].

Несмотря на наличие большого фактического материала относительно влияния повышенных доз тиреоидных гормонов на отдельные изолированные структуры мышечного волокна, вопрос, касающийся характера изменений в нервно-мышечном аппарате при различной степени выраженности гипертиреоидных состояний, моделируемых путем многократного хронического и однократного их введения в организм, в условиях функционально целостного организма, изучен недостаточно.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния сверхфизиологических доз L-тироксина, вводимых многократно (на протяжении различных временных интервалов) и однократно, на величину оптимальной нагрузки и внешнюю работу скелетной мышцы белых крыс.

Материалы и методы исследований

Эксперименты проводились на 78 взрослых белых крысах-самках с исходной массой 220-240 г, первоначально разделенных на две группы – опытную (n=58) и контрольную (n=20). Животным опытной группы на протяжении различных временных интервалов вводили в сверхфизиологических дозах L-тироксин. В зависимости от дозы и продолжительности введения тиреоидного гормона опытная группа в дальнейшем была разделена на следующие группы:

– животные с умеренным гипертиреозом (гипертиреоидная группа, включала 20 крыс, получивших 15-20 ежедневных инъекций L-тироксина в суточной дозе 200 мкг/кг),

– животные с тиреотоксикозом (тиреотоксикозная группа, включала 20 животных, получивших 45-50 ежедневных инъекций L-тироксина в суточной дозе 200 мкг/кг),

– животные, получивших однократную инъекцию L-тироксина (включала 18 животных, получивших однократную инъекцию L-тироксина в дозе 1000 мкг/кг за сутки до проведения острого опыта).

Критериями развития гипертиреоидных состояний у животных, получавших L-тироксин хронически (на протяжении 15-20 и 45-50 дней), служили изменения массы тела, ректальной температуры, а также характера поведенческих реакций и общего физического состояния. Так, масса тела у крыс с моделируемыми умеренным гипертиреозом и тиреотоксикозом прогрессивно снижалась на протяжении подготовительного периода, и это снижение к концу срока введения L-тироксина у животных, получивших 15-20 инъекций гормона, составило 9,0±0,7%, тогда как у крыс, получивших 45-50 инъекций гормона, носило более выраженный характер (29,0±1,0%). Изменение ректальной температуры у крыс гипертиреоидной и тиреотоксикозной групп на протяжении подготовительного периода характеризовалось принципиально различной динамикой. Если у животных с моделируемым гипертиреозом по мере увеличения количества введенных инъекций L-тироксина данный параметр прогрессивно возрастал, достигая по окончанию срока введения гормона (спустя 15-20 дней) 39,90±0,04°С (что оказалось на 1,70±0,05°С выше исходного значения ($P<0,01$)), то у тиреотоксикозной группы – претерпевал фазные изменения. В частности, в первой половине подготовительного периода этот параметр прогрессивно возрастал и после 33-36 инъекций L-тироксина достигал 40,90±0,01°С, превысив исходный уровень (38,20±0,03°С) на 2,70±0,03°С ($P<0,01$). Дальнейшее введение гормона сопровождалось постепенным снижением ректальной температуры, которая по окончании подготовительного периода (спустя 45-50 инъекций L-тироксина) составила 39,70±0,12°С. Наблюдаемая нами динамика изменения массы тела и ректальной температуры у животных, получивших 45-50 инъекций L-тироксина, является одним из подтверждений развития у них тиреотоксикоза, для которого характерно истощение энергетических ресурсов в организме и, как следствие, снижение уровня обменных процессов и температуры тела после предварительного (при средней степени тяжести состояния) их повышения [1, 3, 4, 29]. Вместе с тем постоянный прогрессирующий прирост ректальной температуры, характерный для крыс, получивших 15-20 инъекций тиреоидного гормона, по всей видимости, свидетельствует об отсутствии выраженного истощения энергетических ресурсов в организме, типичного для тиреотоксикоза. Косвенными доказательствами в пользу развития у животных моделируемых нами умеренного гипертиреоза и тиреотоксикоза выступает также характер изменения поведенческих реакций и общего физического состояния. Так, для крыс, получивших 15-20 инъекций L-тироксина, была характерна повышенная возбудимость на фоне отсутствия видимых атрофических изменений в опорно-двигательном аппарате. У животных, получивших 45-50 инъекций гормона, имели место снижение двигательной активности, вялость и медлительность движений, отсутствие реакции на обстановку, неряшливость, диарея, местами гиперемия кожных покровов, взъерошенность и выпадение шерсти, излишняя складчатость кожи (особенно в области живота), атрофия мышц тазового пояса и, наконец, у большинства крыс наблюдался выраженный экзофтальм.

Критериями проявления системных эффектов однократно вводимого L-тироксина на животный организм служило достоверное ($P<0,01$) увеличение ректальной температуры и скорости потребления кислорода у крыс опытной группы через сутки после инъецирования гормона по сравнению с исходными значениями ($P<0,01$), которое составило соответственно 0,68±0,04°С и 4,3±0,5 мл/кг/мин.

У наркотизированных крыс (этаминал натрия, 50 мг/кг) всех групп в условиях in situ исследовали величину внешней работы передней большеберцовой мышцы в диапазоне различных внешних нагрузок. С этой целью путем электрического раздражения малоберцового нерва (напряжение 500 мВ, частота 50 Гц, длительность импульсов 0,5 мс) последовательно вызывались гладкие тетанические сокращения мышцы с определенной нагрузкой, варьировавшей от 20 до 400 г с интервалом в 20 г. При работе мышцы с каждой внешней нагрузкой вызывалось несколько ее сокращений (от 1 до 5-6), после чего имел место ее отдых в течение 1 минуты, а затем очередная мышечная работа с новой нагрузкой. Сокращения мышцы с каждой заданной нагрузкой осуществлялись в ритмическом режиме: 1 с – гладкое тетаническое сокращение, 2 с – пауза.

На основании эргограмм, отражающих степень укорочения передней большеберцовой мышцы при поднятии грузов разной массы (от 20 до 400 г), определяли величину внешней работы мышцы в диапазоне различных нагрузок.

Экспериментальные данные обрабатывались общепринятыми методами математической статистики. Так, для оценки достоверности различий между центральными тенденциями несвязанных выборок использовался критерий Манна-Уитни, а достоверность различий между средними значениями связанных выборок устанавливали с помощью критерия Вилкоксона. Достоверность различий между выборочными долями устанавливалась с помощью критерия $F\varphi$ Фишера.

Результаты и обсуждение

Анализ результатов исследований показал, что повышенный тиреоидный статус оказывает определенное влияние на силовые характеристики передней большеберцовой мышцы крыс, причем характер и выраженность этого влияния зависят как от длительности введения тиреоидного гормона в организм, так и от условий работы мышцы, в частности, внешней нагрузки.

Во-первых, хроническое введение L-тироксина, сопровождавшееся развитием у крыс состояния умеренного гипертиреоза и тиреотоксикоза, повлияло на диапазоны малых, средних и больших внешних нагрузок для передней большеберцовой мышцы, тогда как однократное ведение L-тироксина в дозе 1000 мкг/кг не привело к значимому изменению этих диапазонов (рис. 1). Как видно из рис. 1, для исследуемой мышцы 8-ми эутиреоидных животных (40%) оптимальной нагрузкой, при которой выполняется максимально возможная работа, оказалась нагрузка в 140 г, 10-ти крыс (50%) – 120 г и 2-х животных (10%) – 100 г. Согласно критерию $F\varphi$ Фишера различия между выборочными долями контрольных животных, у которых максимальная работа достигалась при нагрузке 140 г и 120 г, не достоверны, тогда как отличие этих выборочных долей от выборочной доли крыс, для которых оптимальной нагрузкой явилась таковая в 100 г, статистически значимы ($P<0,01$). Следовательно, средними нагрузками для передней большеберцовой мышцы крыс с нормальным тиреоидным статусом являются нагрузки в 120-140 г, а малыми и большими – соответственно 20-100 г и 160-400 г. Подобная картина наблюдалась и у животных, получивших однократную инъекцию L-тироксина в дозе 1000 мкг/кг: для 15-ти животных из 18-ти, составляющих группу, малыми нагрузками для исследуемой мышцы оказались таковые в 20-100 г, средними – в 120-140 г и большими – в 160-400 г. У животных с умеренным гипертиреозом и тиреотоксикозом диапазоны малых, оптимальных и больших внешних нагрузок для передней большеберцовой мышцы достоверно отличались от таковых эутиреоза.

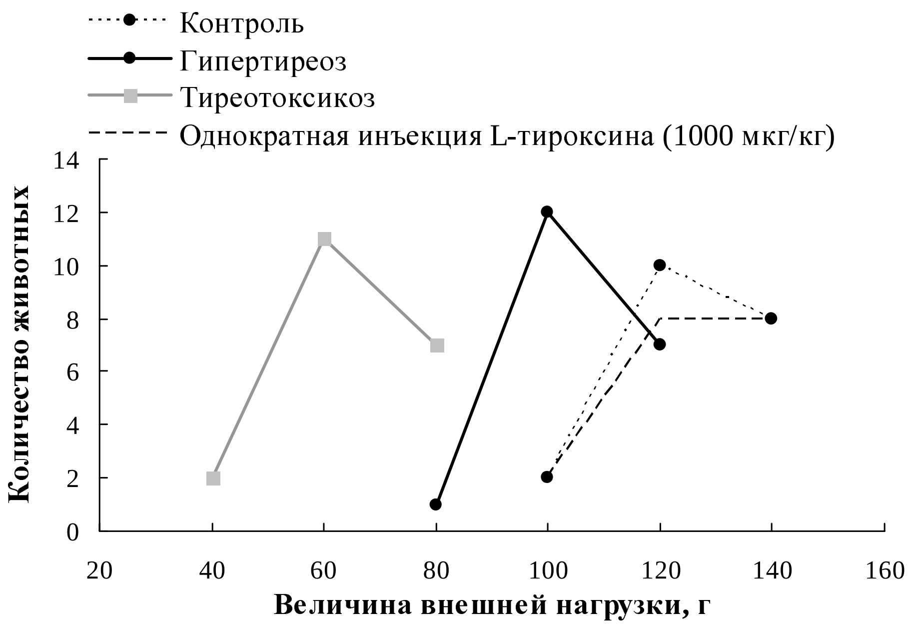


Рис. 1. Распределение животных в группах с различным тиреоидным статусом (контроль, умеренный гипертиреоз, тиреотоксикоз, однократная инъекция L-тироксина) в зависимости от величины оптимальной нагрузки для передней большеберцовой мышцы (количество животных в контрольной, гипертиреоидной и тиреотоксикозной группах равно 20, в группе животных, получивших однократную инъекцию L-тироксина – 18)

В частности, у 12-ти гипертиреоидных крыс (60%) максимальный уровень внешней работы передней большеберцовой мышцы достигался при нагрузке в 100 г, тогда как у 7-ми животных (35%) – при нагрузке в 120 г и, наконец, у 1-й крысы (5%) – при нагрузке в 80 г. Согласно критерию Fφ Фишера различия между выборочными долями гипертиреоидных животных с оптимальной нагрузкой в 100 г и 120 г не достоверны, тогда как отличие этих выборочных долей от выборочной доли крыс, для которых оптимальной нагрузкой явилась таковая в 80 г, статистически значимы ($P<0{,}01$).

Таким образом, оптимальными для исследуемой мышцы животных с умеренным гипертиреозом оказались нагрузки в 100-120 г, а малыми и большими – соответственно 20-80 г и 140-400 г. У 11-ти тиреотоксикозных крыс (55%) передняя большеберцовая мышца выполняла максимально возможный объем работы при нагрузке в 60 г, тогда как у 7-ми животных (35%) – при нагрузке в 80 г, а у 2-х крыс (10%) – при нагрузке в 40 г. Согласно критерию Fφ Фишера различия между выборочными долями тиреотоксикозных животных, для которых оптимальной нагрузкой оказалась таковая в 60 г и 80 г, не достоверны, тогда как отличие этих выборочных долей от выборочной доли крыс, для которых оптимальная нагрузка составила 40 г, статистически значимы ($P<0{,}01$). Следовательно, диапазонами малых, средних и больших нагрузок для исследуемой мышцы животных с тиреотоксикозом можно соответственно считать 20-40 г, 60-80 г и 100-400 г.

Во-вторых, наряду с уменьшением величины оптимальной для исследуемой мышцы внешней нагрузки, хроническое введение L-тироксина в животный организм сопровождалось и снижением объема максимальной мышечной работы (рис. 2). В частности, у гипертиреоидных крыс характеризуемый показатель (7,30±0,54 мДж при нагрузке в 100 г) оказался на 29,0±5,2%, а у тиреотоксикозных (3,70±0,41 мДж при нагрузке в 60 г) – на 64,0±4,0% меньше ($P<0{,}05$) контрольного значения (10,4±0,65 мДж при нагрузке в 120 г). Однократное введение L-тироксина, в отличие от хронического, не повлияло на величину максимальной мышечной работы (10,10±0,36 мДж при нагрузке в 120 г).

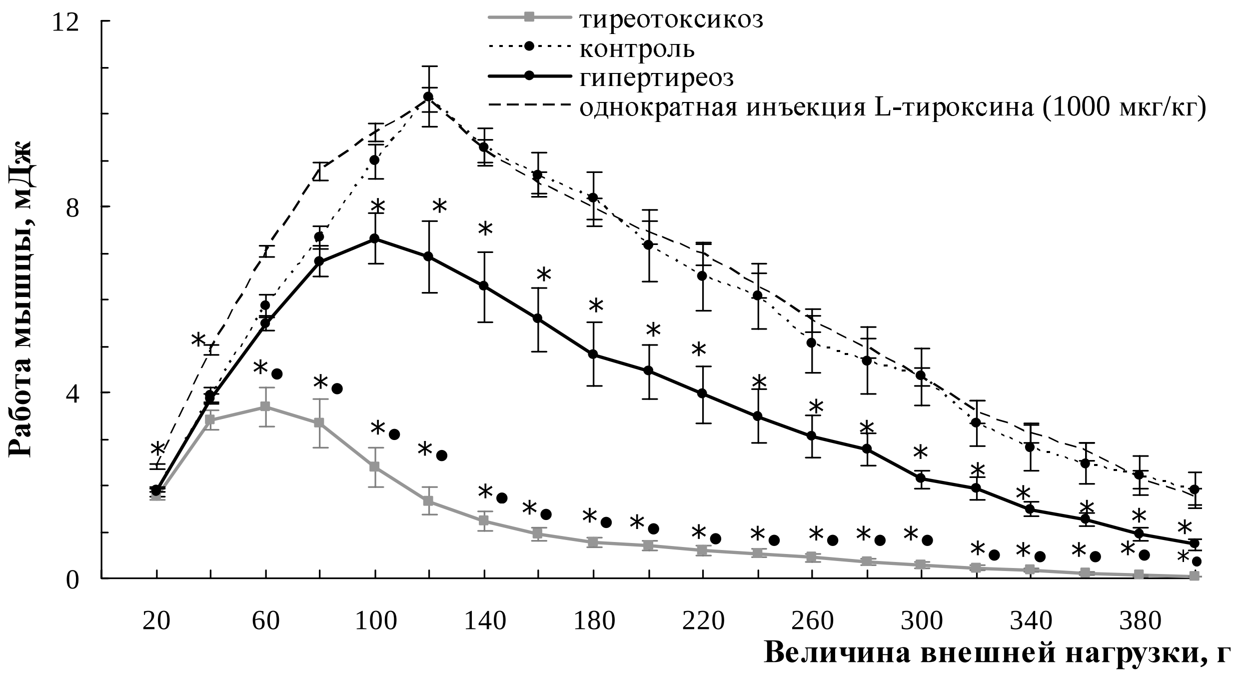


Рис. 2. Зависимость величины внешней работы передней большеберцовой мышцы эутиреоидных (n=20), гипертиреоидных (n=20), тиреотоксикозных (n=20) крыс и животных, получивших однократную инъекцию L-тироксина (n=18) от внешней нагрузки

Примечание. * – различия статистически значимы по сравнению с уровнем контроля (P<0,05); • – различия статистически значимы по отношению к соответствующим значениям гипертиреоидных крыс (P<0,05).

Таким образом, хроническое введение L-тироксина в животный организм на протяжении 15-20 и 45-50 дней в сверхфизиологической суточной дозе 200 мкг/кг привело, с одной стороны, к уменьшению величины оптимальной для передней большеберцовой мышцы нагрузки, а с другой – к снижению среднего уровня максимальной внешней работы. Причем отмеченные изменения носили более выраженный характер у крыс, получивших 45-50 инъекций тиреоидного гормона. Однократное же введение L-тироксина в сверхфизиологической дозе (1000 мкг/кг) не привело к существенным изменениям величины оптимальной для передней большеберцовой мышцы нагрузки и выполняемой при этом максимальной внешней работы.

В-третьих, внешняя работа передней большеберцовой мышцы гипертиреоидных и тиреотоксикозных животных претерпевала неоднозначные изменения в диапазоне малых, средних и больших внешних нагрузок (см. рис. 2). Так, при использовании в эксперименте малых нагрузок (20-80 г для гипертиреоидных и 20-40 г для тиреотоксикозных животных) объем внешней работы, выполняемой мышцей опытных крыс, не отличался от такового контроля, несмотря на снижение мышечной массы. Причем масса передней большеберцовой мышцы гипертиреоидных (147,0±3,0 мг/100 г массы тела) и тиреотоксикозных (127,0±3,1 мг/100 г массы тела) животных оказалась меньше (P<0,01) эутиреоидного уровня (164,0±4,3 мг/100 г массы тела) соответственно на 10,0±2,0% и 22,0±2,4%, что свидетельствует в пользу развития атрофических изменений в ней. Таким образом, при неизменном общем уровне внешней работы мышцы гипертиреоидных и тиреотоксикозных крыс величина работы, выполняемой отдельными мышечными волокнами, а, следовательно, и развиваемая ими сила несколько возрастали. В результате этого силовые характеристики всей мышцы в диапазоне малых нагрузок не претерпели существенных изменений, несмотря на имевшее место уменьшение мышечной массы.

В случае применения в эксперименте средних и больших нагрузок (120-400 г для гипертиреоидных и 60-400 г для тиреотоксикозных крыс) и у гипертиреоидных, и у тиреотоксикозных животных наблюдалось уменьшение величины внешней работы передней большеберцовой мышцы по сравнению с эутиреоидным уровнем ($P<0,05$), свидетельствующее в пользу снижения ее силовых характеристик. Причем отмеченное снижение мышечной работы носило более выраженный характер у крыс с тиреотоксикозом и нарастало по мере увеличения массы поднимаемого мышцей груза. Если процентное уменьшение абсолютной мышечной работы у гипертиреоидных животных относительно контрольного уровня находилось в пределах от 18,50±5,96% (при нагрузке в 100 г) до 62,0±6,0% (при нагрузке в 400 г), то у крыс с тиреотоксикозом – от 37,0±7,1% (при нагрузке в 60 г) до 98,00±0,56% (при нагрузке в 400 г). Следовательно, снижение мышечной работы у крыс с повышенным тиреоидным статусом в диапазоне средних и больших нагрузок превосходило степень уменьшения мышечной массы, и это обстоятельство, на наш взгляд, свидетельствует либо в пользу уменьшения силы сокращения, развиваемой отдельными мышечными волокнами, либо о функциональном выключении части волокон из сократительного акта.

Однократное введение L-тироксина повлияло на величину внешней работы передней большеберцовой мышцы только в режиме малых нагрузок. В частности, средний уровень внешней работы мышцы животных, получивших однократную инъекцию L-тироксина, в диапазоне малых нагрузок (20-80 г) оказался, хотя и незначительно (на 31,80±2,62% при нагрузке в 20 г и на 16,40±2,35% при нагрузке в 80 г), но достоверно выше ($P<0,05$), в сравнении с контролем (см. рис. 2), что свидетельствует в пользу улучшения силовых характеристик мышцы. Вместе с тем в режиме оптимальных и больших нагрузок (120-400 г) значения мышечной работы опытных крыс существенно не отличались от соответствующих контрольных величин.

Подводя итог результатам исследований, необходимо заключить, что хроническое введение L-тироксина в организм белых крыс в сверхфизиологической суточной дозе (200 мкг/кг) на протяжении 15-20 и 45-50 дней, сопровождавшееся развитием у них умеренного гипертиреоза и тиреотоксикоза, привело к уменьшению величины оптимальной для передней большеберцовой мышцы нагрузки и максимальной работы, а также неоднозначным изменениям ее силовых характеристик. В случае работы мышцы гипертиреоидных и тиреотоксикозных крыс с малыми внешними нагрузками ее силовые характеристики не отличались от таковых эутиреоидных животных, более того, мышца выполняла одинаковую с контрольным уровнем работу, несмотря на некоторое снижение мышечной массы, свидетельствующее в пользу развития атрофических изменений. В режиме оптимальных и больших грузов, напротив, имело место уменьшение среднего уровня внешней работы исследуемой мышцы, отражающее снижение ее силовых характеристик. Отмеченное уменьшение величины оптимальной для передней большеберцовой мышцы внешней нагрузки, объема максимальной работы и силовых ее характеристик в диапазоне средних и больших нагрузок носило более выраженный характер у животных с тиреотоксикозом (получивших 45-50 инъекций L-тироксина). Однократная сверхфизиологическая доза L-тироксина, в отличие от хронического его введения, не отразилась на величине оптимальной для передней большеберцовой мышцы нагрузки и максимальной работе, но сопровождалась некоторым улучшением силовых характеристик мышцы в диапазоне малых нагрузок.

Выводы

1. Хроническое введение L-тироксина в сверхфизиологической суточной дозе (200 мкг/кг) на протяжении 15-20 и 45-50 дней в организм белых крыс, сопровождавшееся развитием умеренного гипертиреоза и тиреотоксикоза, привело к уменьшению величины оптимальной для передней большеберцовой мышцы внешней нагрузки и объема максимальной работы, которое носило более выраженный характер у тиреотоксикозных животных. Однократное же введение L-тироксина в дозе 1000 мкг/кг не повлияло на эти параметры.

2. В диапазоне малых нагрузок величина работы скелетной мышцы гипертиреоидных и тиреотоксикозных крыс не отличались от эутиреоидного уровня, несмотря на имевшее место уменьшение мышечной массы, тогда как в диапазоне средних и больших нагрузок наблюдалось снижение работы мышцы, носившее более выраженный характер у тиреотоксикозных крыс.

3. Однократное введение L-тироксина в сверхфизиологической дозе (1000 мкг/кг) характеризовалось позитивным влиянием на силовые характеристики передней большеберцовой мышцы, которое выявлялось только в режиме ее работы с малыми нагрузками.

Список литературы

1. *Болезни* щитовидной железы / Под ред. Л. И. Браверманна: Пер. с англ. – М.: Медицина, 2000. – 417 с.

2. *Казаков В. М.* Некоторые вопросы патогенеза миопатии у больных тиреотоксикозом // Журнал невропатологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 1989. – № 7. – С. 73-79.

3. *Патогенез* двигательных расстройств при тиреотоксикозе / Под ред Л. М. Гольбера. – М.: Медицина, 1980. – 208 с.

4. *Руководство* по клинической эндокринологии: 2-е изд. / Под ред. Н. Т. Стариковой. – СПб.: Питер, 1996. – 544 с.

5. *Berlit P., Mahlberg U., Usadel K. H.* Zur Frage der Pollyneuropathie bei Hyperthyreose – neune klinisch-neurophysiologische Stude // Schweiz. Arch. Neurol. und Psychiat. – 1992. – № 1. – P. 81-90.

6. *Cakir Mehtap, Samanci Nehir, Balci Nilufer, Balci Mustafa Kemal.* Musculoskeletal manifestations in patients with thyroid disease // Clin. Endocrinol. – 2003. – Vol. 59, № 2. – P. 162-167.

7. *Sampson S. R., Bannett R. R., Shainberg A.* Effects of thyroxine on transmembrane resting potentials of skeletal muscle cells in culture // J. Neurosci. Res. – 1982. – Vol. 8, № 4. – P. 595-601.

8. *Caroccia L., Williams D. A., Wrigth A. et al.* Effects of thyroid and parathyroid hormones on muscular activity // Proc. Austral. Physiol. and Pharmacol. Soc. – 1988. – P. 19-71.

9. *Kruk Barbara, Brzezinska Zofia, Kaciuba-UsciIko et al.* Thyroid hormones and muscle metabolism in dogs // Hormone and Metab. Res. – 1988. – № 10. – P. 620-623.

10. *Warnick P. R., Davis P. J., Davis F. B., Cody V., Galindo J. Jr., Blas S. D.* Rabbit skeletal muscle sarcoplasmic reticulum Ca^{2+}-ATPase activity: stimulation in vitro by thyroid hormone analogues and bipyridines // Biochem. Biophys. Acta. – 1993. – Vol. 1153, № 2. – P. 184-190.

11. *Connelly T. J., Hayek R., Sukhareva M. et al.* L-thyroxine activates the intracellular Ca^{2+} release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum // Biochem. Mol. Biol. Int. – 1994. – Vol. 32, № 3. – P. 441-448.

12. *Everts M. E.* Effects of thyroid hormones on contractility and cation transport in skeletal muscle // Acta Physiol. Scand. – 1996. – Vol. 156, № 3. – P. 325-333.

13. *Макий Е. А., Неруш П. А., Родинский А. Г.* Сегментарная рефлекторная активность в условиях суперрефлексии, вызванной действием веществ, которые повышают возбудимость спинного мозга // Нейрофизиология. – 2000. – № 2. – С. 120-127.

14. *Неруш П. О., Макій Є. А., Краюшкіна І. А., Родинський О. Г.* Вплив тироксину, тироліберину та 4-амінопіридину на можливість виникнення аномально підвищених відповідей спинного мозку // Мед. перспективи. – 1998. – Т. 3, № 1. – С. 3-6.

15. *Неруш П. О., Макій Є. А., Краюшкіна І. А., Родинський О. Г.* Аномально підвищені відповіді спинного мозку, викликані дією тироксину, тироліберину або 4-амінопіридину // Фізіологічний журнал. – 1998. – № 3. – С. 47-48.

16. *Жукова Н. И.* Некоторые морфо-гистохимические данные о влиянии тиреоидина и L-тироксина на мотонейроны спинного мозга крыс // Проблемы эндокринологии. – 1972. – № 4. – С. 86-90.

17. *Brodie C., Sampson S. R.* Characterization of thyroid hormone effects on Na-K pump and membrane potential of cultured rat skeletal myotubes // Endocrinology. – 1988. – № 2. – P. 891-897.

18. *Clausen T., Everts M. E.* Regulation of the Na-K pump in skeletal muscle // Kidney Int. – 1989. – № 1. – P. 1-13.

19. *Davis P. J., Davis F. B.* Nongenomic actions of thyroid hormone // Thyroid. – 1996. – № 6. – P. 497-504.

20. *Everts M. E., Clausen T.* Effects of thyroid hormone on Na^{+}-K^{+} transport in resting and stimulated rat skeletal muscle // Amer. J. Physiol. – 1988. – Vol. 255, № 5. – P. 604-612.

21. *Harrison A. P., Nielsen O. B., Clausen T.* Role of Na^{+}-K^{+} pump and Na^{+} channel concentrations in the contractility of rat soleus muscle // American Journal of Physiology. – 1997. – Vol. 273, № 12. – P. R1402-R1408.

22. *Oppenheimer J. H., Samuels H. H. (eds.).* Molecular Basis of Thyroid Hormone Action. – New York: Academic Press, 1983. – 250 p.

23. *Brodie C., Sampson S. R.* Characterization of thyroid hormone effects on Na^{+} channel synthesis in cultured skeletal myotubes: role of Ca^{2+} myotubes // Endocrinology. – 1989. – № 2. – P. 842-849.

24. *Davis P. J., Davis F. B., Lawrence W. D.* Thyroid hormone regulation of membrane Ca^{2+}-ATPase activity // Endocr. Res. – 1989. – Vol. 15, № 9. – P. 651-682.

25. *Dulhunty A. F.* The rate of titanic relaxation is correlated with the density of calcium ATPase in the terminal cisternae of thyrotoxic skeletal muscle // Pflugers Archivs. – 1990. – Vol. 415, № 8. – P. 433-439.

26. *Callozzo V. J., Baldwin K. M.* The influence of hyperthyroidism on maximal shortening velocity of slow and fast skeletal muscle // FASEB Journal. – 1990. – № 1. – P. 815.

27. *Туракулов Я. Х., Халиков С. К., Далимова С.* Влияние тироксина на обмен циклических нуклеотидов в скелетной мышце / Циклические нуклеотиды. – Красноярск, 1976. – С. 101-102.

28. *Marchal S., Cassar-Malek I., Magaud J. P., Rouault J. P., Wrutniak C., Carello G.* Stimulation of avian myoblast differentiation by triiodothyronine: possible involvement of the cAMP pathway // Experemental Cell Research. – 1995. – Vol. 220, № 1. – P. 1-10.

29. *Теппермен Дж., Теппермен Х.* Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 656 с.

***Труш В. В.* Вплив хронічних та одноразових надфізіологічних доз L-тироксину на величину оптимального навантаження та зовнішню роботу скелетного м'яза білих щурів. –** У дослідах на білих щурах показано, що хронічне введення L-тироксину, яке супроводжувалося розвитком у щурів гіпертиреозу й тиреотоксикозу, призвело до зменшення оптимального для переднього великогомілкового м'яза навантаження й максимальної роботи, більш вираженого у щурів з тиреотоксикозом. У режимі малих навантажень зовнішня робота м'яза щурів із гіпертиреозом і тиреотоксикозом не відрізнялася від еутиреоїдного рівня, тоді як при середніх і великих навантаженнях спостерігалося її зменшення, більш виражене у щурів з тиреотоксикозом. Одноразова надфізіологічна доза L-тироксину не відбилася на величині оптимального для м'яза навантаження й максимальній роботі, але супроводжувалася деяким поліпшенням силових характеристик м'яза в діапазоні малих навантажень.

Ключові слова: тиреоїдні гормони, L-тироксин, гіпертиреоз, тиреотоксикоз, робота м'яза, сила м'яза.

***Trush V. V.* The influence of chronic and single-pass superphysiological dozes of L-thyroxin on the value of optimum load and external work of a skeletal muscle of white rats. –** In experiments on white rats it has been shown that the chronic introduction of L-thyroxin, which has been accompanied by development of hyperthyroisys and thyrotoxicosys in rats, has been led to reduction of the size of optimum load for a forward tibial muscle and the volume of maximum work, more expressed in rats with thyrotoxicosys. The external work of a muscle of rats with hyperthyroisys and thyrotoxicosys has not differed from euthyroid level in a range of small loads, and it has decreased in a range of medium and large loads, more expressed in rats with thyrotoxicosys. The single-pass superphysiological doze of L-thyroxin has not been reflected in a value of optimum load for a muscle and the maximal work, but has been accompanied by some improvement of power characteristics of a muscle in a range of small loads.

Key words: thyroid hormones, L-thyroxin, hyperthyroisys, thyrotoxicosys, muscular work, power of a muscle.

УДК 612.821.6

Г. А. Фролова

ПРОФИЛЬ ТРЕВОЖНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС В НОРМАЛЬНЫХ (КОНТРОЛЬНЫХ) УСЛОВИЯХ, ОЦЕНЕННЫЙ В ТЕСТЕ "ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ"

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса,46
e-mail: gljukkk@ukr.net

Фролова Г. А. **Профиль тревожности популяции лабораторных крыс в нормальных (контрольных) условиях, оцененный в тесте "открытое поле".** – Исследованы поведенческие характеристики и оценен уровень эмоциональной тревожности животных в контрольных условиях, т.е. генетически детерминированный профиль исследовательского поведения в такой популяции с учетом половых различий. С использованием методики "открытое поле" животные разделены на группы с разным уровнем тревожности. Учитывая, что животные содержались в одинаковых условиях, эксперимент позволил сделать вывод, что предрасположенность к развитию психической депрессии является генетически детерминированной.

Ключевые слова: исследовательская активность, двигательная активность, тревожность, поведенческий акт.

Введение

Развитие представлений о патогенезе депрессий, как представителей группы аффективных расстройств, всегда определялось прогрессом знаний о структуре и функции центральной нервной системы, с одной стороны, и физиологических механизмов эмоциональных состояний – с другой. В свою очередь огромный клинический опыт (неврологический, нейрохирургический, психиатрический) при изучении эмоциональных расстройств, сопровождающих или возникающих первично при ряде функциональных и органических (корковых и подкорковых) заболеваний мозга, а также влияния на них некоторых психотропных веществ, оказал неоценимую услугу в понимании психологических, психопатологических и нейрофизиологических аспектов эмоций и мотиваций [1].

Каждая эмоция характеризуется прежде всего определенным состоянием субъекта – переживанием. Это – импрессивная сторона эмоции. Экспрессивной же стороной эмоции являются характерные объективные изменения жизнедеятельности организма, проявляющиеся электрофизиологическими, биохимическими, вегетативно-сосудистыми и моторными аффектами. Как физиологический феномен эмоция является результатом деятельности целого мозга, как психологический – специфическим выражением активности личности. Изначально возникая как физиологическое явление и не переставая быть таковым на уровне сложных личностных отношений, эмоция выступает как переживание, т. е. как психическое явление – в виде своеобразной формы отражения отношения к значимым объектам и событиям. Иначе говоря, психическое и физиологическое выступают в эмоциях как две стороны единой нервной деятельности. Причем, как указывают исследователи, в эмоциях есть субъективное, но нет идеального: внешний мир отражается не в виде образов, созданных на основе временных связей, а в виде переживаний субъективных состояний.

Психологами традиционно выделяются четыре основных вида эмоций: гнев, радость, тоска, страх. Важнейшей характеристикой эмоций принято считать окраску эмоционального переживания – удовольствия и неудовольствия. По признаку полярности эмоции делятся на положительные и отрицательные, хотя еще существует особая группа амбивалентных эмоций, для которых характерно одновременное сочетание противоположных переживаний удовольствия и неудовольствия. Независимо от знака эмоции делятся на стенические (побуждают к деятельности, повышают активность) и астенические (снижают активность, тормозят деятельность). Показателями динамики эмоции являются также их напряженность и разрядка. Нужно, однако, иметь в виду, что даже при сильных эмоциональных переживаниях одни элементы эмоционального выражения могут быть произвольно заторможены (например, двигательные) тогда как другие (электрофизиологические, биохимические, вегетативно-сосудистые) мало поддаются произвольному управлению или вообще оказываются неуправляемыми [2, 3].

Для понимания патогенеза депрессий наиболее важным являются, по-видимому, современные представления о мозговом субстрате эмоций (переживаний и внешних проявлений), а также закономерностях формирования эмоциональных расстройств и о возможности фармакологических воздействий на них.

Чрезвычайную популярность для изучения тревожности, как фактора предрасположенности к развитию психической депрессии, приобретают известные "общеповеденческие" тесты, основанные на помещение животного в незнакомую ситуацию новизны – открытого поля, норковой камеры, приподнятого крестообразного лабиринта и другие. Животных в таких моделях освещают лампами, поднимают на высоту, помещают рядом с объектом и прочее [4].

Согласно методике "открытое поле" крысу помещают в освещенную камеру и учитывают ее реакции дефекации и величину двигательной активности в течение определенного времени. Эта методика позволяет изучить индивидуально-типологические особенности поведения связанные с проблемой индивидуальной устойчивости к эмоциональным стрессам [5, 6].

Работа является фрагментом комплексного психогенетического исследования механизмов индукции психической (поведенческой) депрессии на фоне эмоционального стресса различной этиологии и выраженности.

Цель данного фрагмента – определить частоту встречаемости и степень выраженности признаков поведенческой депрессии в репрезентативной популяции крыс в нормальных (контрольных) условиях, оценить уровень эмоциональной тревожности животных в контрольных условиях и охарактеризовать исходный, т.е. генетически детерминированный профиль исследовательского поведения в такой популяции с учетом половых различий.

Материал и методы исследования.

Для оценки эмоционального поведения крыс был использован тест "открытое поле" (ОП). Эксперимент был выполнен на 18 самках и самцах половозрелых белых крыс массой 230-250 г, содержащихся в виварии в стандартных условиях.

Открытое поле представляет собой прямоугольную камеру размером 100×100 см со стенками высотой 40 см. Полом служит лист белого пластика, на который черной краской нанесена решетка, делящая поле на 25 равных квадратов. Освещение производилось лампой 50 Вт, расположенной на высоте 150 см над центром пола. Внешними называют 16 квадратов, прилегающие к стенкам поля. Соответственно, внутренними считаются 9 квадратов, не соприкасающихся со стенками. Пересечения экспериментальными животными внешних и внутренних квадратов регистрируются отдельно.

Пересечением называют поведенческий акт, при котором животное вступает на новый квадрат обеими передними лапами. Подсчитывается поминутно количество фекальных болюсов (дефекаций). Крысу помещают в центр камеры и наблюдают за ее поведением в течение 5 минут, фиксируя поведенческие акты поминутно.

При исследовании фиксировались следующие параметры: пересечения квадратов (внешних и внутренних); груминг; вертикальные стойки; дефекации (количество фекальных болюсов).

После 5 минут исследования крысу помещают обратно в клетку. Пол тщательно моют после каждого теста.

Полученные данные о числе и продолжительности поведенческих актов обрабатывались общепринятыми статистическими методами. Достоверность различий определялась с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Параметры поведения животных в ОП были разделены на двигательную и исследовательскую активность, определяющиеся по количеству пересеченных квадратов и числу вертикальных стоек соответственно. Количество дефекаций и актов груминга анализировались отдельно.

После троекратного тестирования с использованием поведенческих моделей "открытое поле", исследуемые животные были разделены на три группы, в соответствии с различным уровнем тревожности (УТ): с высоким, средним и низким. Критериями оценки выступали двигательная и исследовательская активность.

Результаты и обсуждение

Эмоциональные состояния сопровождаются различными вегетативными явлениями (ускорение сердечного ритма, кожная гальваническая реакция, расширение зрачка и т. д.). Вместе с измерением активности удобно учитывать такую вегетативную реакцию как дефекация. Те животные, которые меньше передвигаются и у которых наблюдается большая дефекация в ситуации отрытого поля, считаются более тревожными, чем те, которым свойственна высокая двигательная активность, но низкий уровень дефекации. Помещение животного в новое окружение одновременно ведет к возникновению исследовательского поведения и вызывает страх. Дефекация более тесно связана с эмоциональной реактивностью. Помещенное в "открытое поле" животное начинает двигаться вдоль стен. Вначале внимание сосредоточено на внешних квадратах, а внутренние области посещаются крайне редко.

Результаты тестирования экспериментальных животных в тесте "открытое поле", согласно которым исследуемые группы были разделены на субпопуляции с различным уровнем тревожности, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение популяций исследуемых животных на группы с различным уровнем тревожности

Уровень тревожности (УТ)	Пол животного	
	самцы	самки
Высокий	4 (22,2%)	6 (33,3%)
Средний	8 (44,5%)	7 (38,9%)
Низкий	6 (33,3%)	5 (27,8%)

Из табл. 1 следует, что количество особей со средним уровнем тревожности в исследуемых популяциях было наиболее многочисленным. Так, у самцов количество животных со средним УТ составило 8 особей, что соответствует 44,5% популяции, а у самок – 7 особей, что составляет 38,9% популяции.

Поведенческие показатели выделенных в исследовании субпопуляций имели существенные различия.

Так, эксперименты показали, что в течение первой минуты было пересечено наибольшее количество квадратов представителями всех трех субпопуляций с разными УТ, затем двигательная активность снижалась (рис. 1, 2). Различие в данном показателе состояло лишь в степени его выраженности у групп с разным уровнем тревожности. Наибольшее количество пересеченных квадратов отмечено у животных, отнесенных к группе с низким уровнем тревожности, что составило 10,20 ± 1,53 квадрата у самцов и 17,00 ± 4,08 у самок. Группа животных с высоким уровнем тревожности в течение первой минуты эксперимента характеризовалась следующими показателями двигательной активности: самцами было пересечено 1,70 ± 0,26 квадрата, а самками – 3,00 ± 0,33.

Что касается временной динамики двигательной активности, то интересным является тот факт, что у самцов всех трех субпопуляций она снизилась до нуля в последние две минуты эксперимента, т.е. животные сохраняли неподвижность на протяжении 4- и 5-й минут проведения исследования. У самок же наблюдалась иная картина. Двигательная активность субпопуляции с низким уровнем тревожности оставалась достаточно большой (7,30 ± 1,75 квадрата пересечено за 5-ю минуту эксперимента) по сравнению с таковой у самок со средним (4,00 ± 0,33 квадрата) и высоким (0,70 ± 0,08 квадрата) УТ.

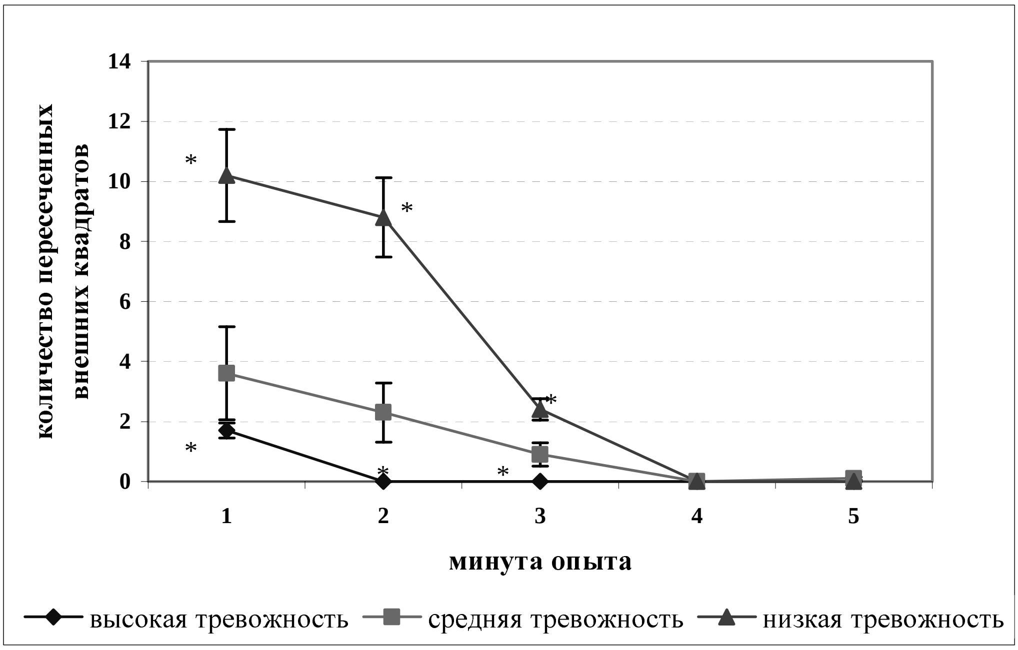


Рис. 1. Динамика пересечения внешних квадратов самцами

Примечание. * – отличия достоверны ($p_U < 0,05$) при сравнении поминутных показателей условного контроля (средний уровень тревожности, n = 8) с группами низкого (n = 6) и высокого уровня тревожности (n = 4).

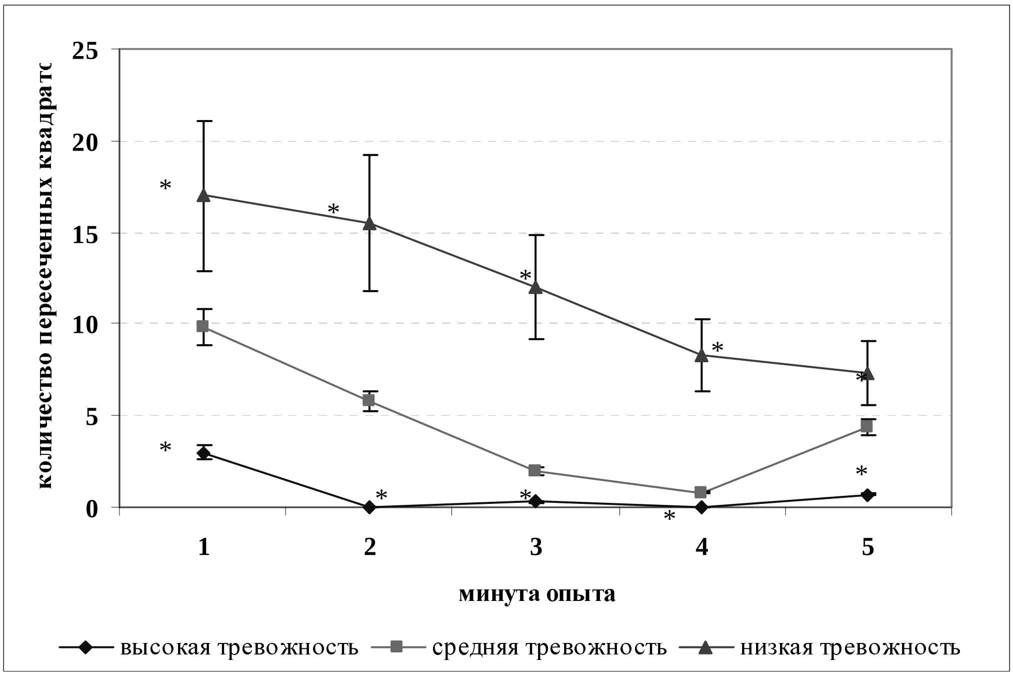


Рис. 2. Динамика пересечения внешних квадратов самками

Примечание. * – отличия достоверны ($p_U < 0,05$) при сравнении поминутных показателей условного контроля (средний уровень тревожности, n = 7) с группами низкого (n = 5) и высокого уровня тревожности (n = 6).

Схожие тенденции проявлялись у экспериментальных животных в исследовательском поведении. Максимально выраженным оно являлось в первую минуту проведения тестирования, затем снижалось (рис. 3, 4). Исключение составляла лишь группа самок с низким уровнем тревожности. Количество вертикальных стоек у животных этой группы достоверно возрастало с 3,20 ± 0,16 стоек за первую минуту до 5,80 ± 0,29, показанных в течение пятой минуты опыта.

Аналогичными с показателями двигательной активности тенденциями является то, что животные с высоким УТ обнаружили наименьшую исследовательскую активность в первую минуту опыта: 1,20 ± 0,18 стоек у самцов и 1,20 ± 0,24 – у самок. У самцов этой субпопуляции на 4- и 5-й минуте опыта исследовательская активность отсутствовала. Однако отсутствие исследовательской активности на 5-й минуте также наблюдалось и у самцов с низким УТ. У группы со средним уровнем тревожности количество вертикальных стоек на последней минуте проведения опыта составило 0,60 ± 0,07.

Таким образом, можно говорить о том, что наиболее информативной в плане определения фенотипических различий между животными с использованием теста "открытое поле" является именно первая минута данного опыта. Различная степень выраженности таких показателей как пересечение квадратов (двигательная активность) или количество вертикальных стоек (исследовательская активность) может служить критерием разделения животных на группы с различным уровнем тревожности.

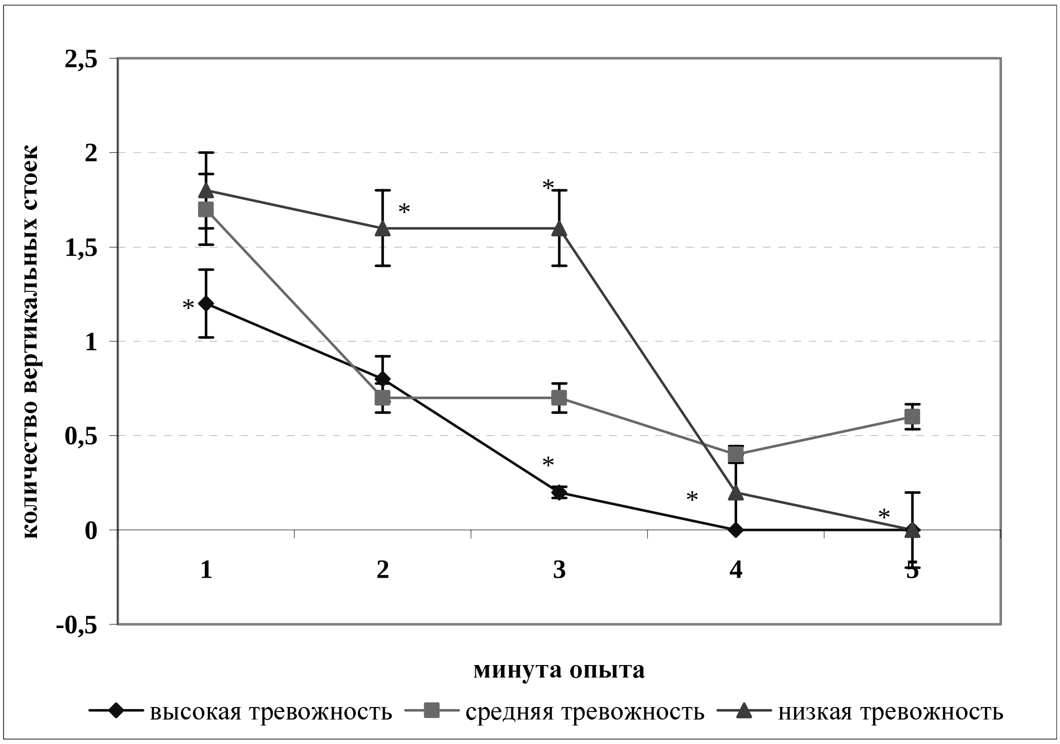


Рис. 3. Динамика количества вертикальных стоек у самцов

Примечание. * – отличия достоверны ($p_U < 0,05$) при сравнении поминутных показателей условного контроля (средний уровень тревожности, n = 8) с группами низкого (n = 6) и высокого уровня тревожности (n = 4).

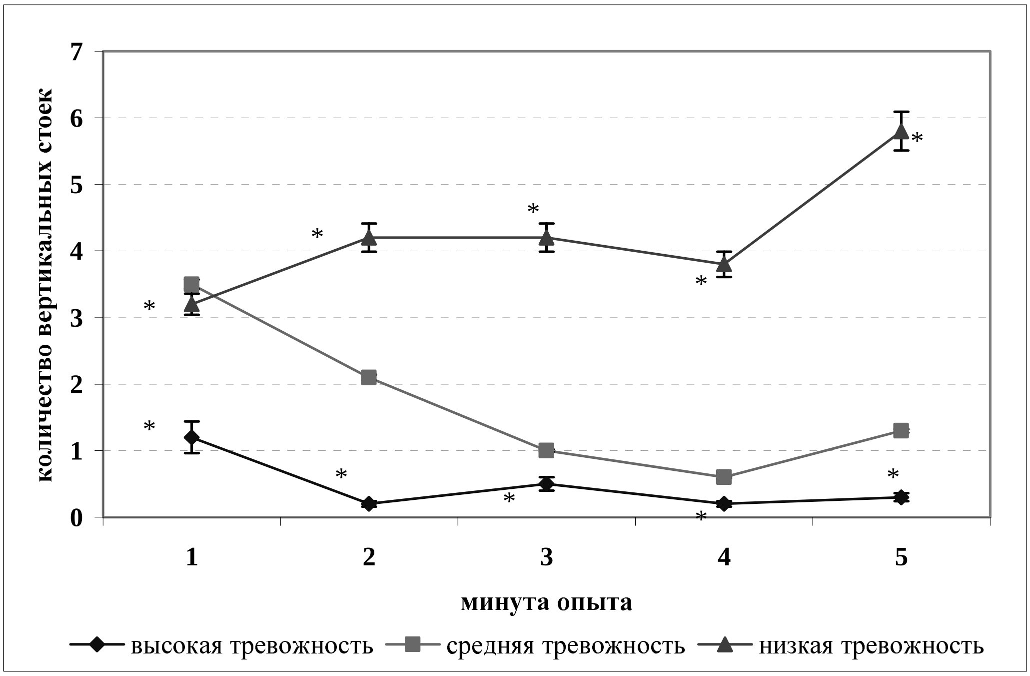


Рис. 4. Динамика количества вертикальных стоек у самок

Примечание. * – отличия достоверны (p_U < 0,05) при сравнении поминутных показателей условного контроля (средний уровень тревожности, n = 7) с группами низкого (n = 5) и высокого уровня тревожности (n = 6).

Груминг у животных – важный поведенческий акт, выполняющий ряд функций, включая уход за кожей и шерстью, терморегуляцию, распределение химических веществ по телу и т. д. Наряду с потягиваниями, зеванием и купанием, естественный груминг относят к так называемой категории комфортного поведения. Помимо прямой биологической функции, груминг часто используется как адаптивная реакция при боли, стрессе и т.д., у грызунов являясь специфической общепризнанной поведенческой реакцией на стресс. Интересно, что сильный стресс приводит к снижению двигательной активности животных в целом ряде тестов на фоне возросшего груминга. То же касается и реакции дефекации. На рис. 5 и 6 представлены величины этих показателей, зафиксированные за 5 минут опыта.

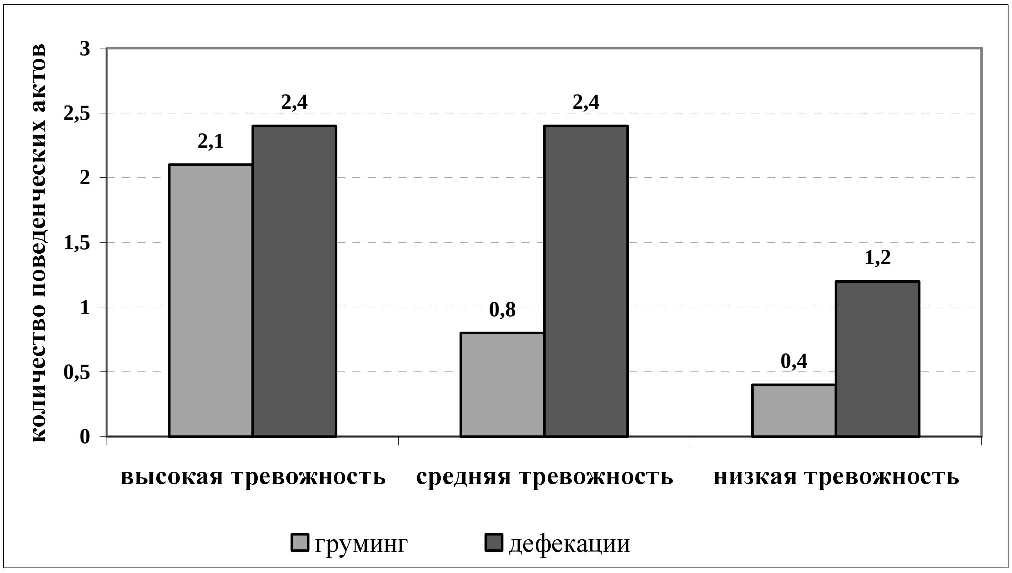


Рис. 5. Количество актов груминга и фекальных болюсов у самцов

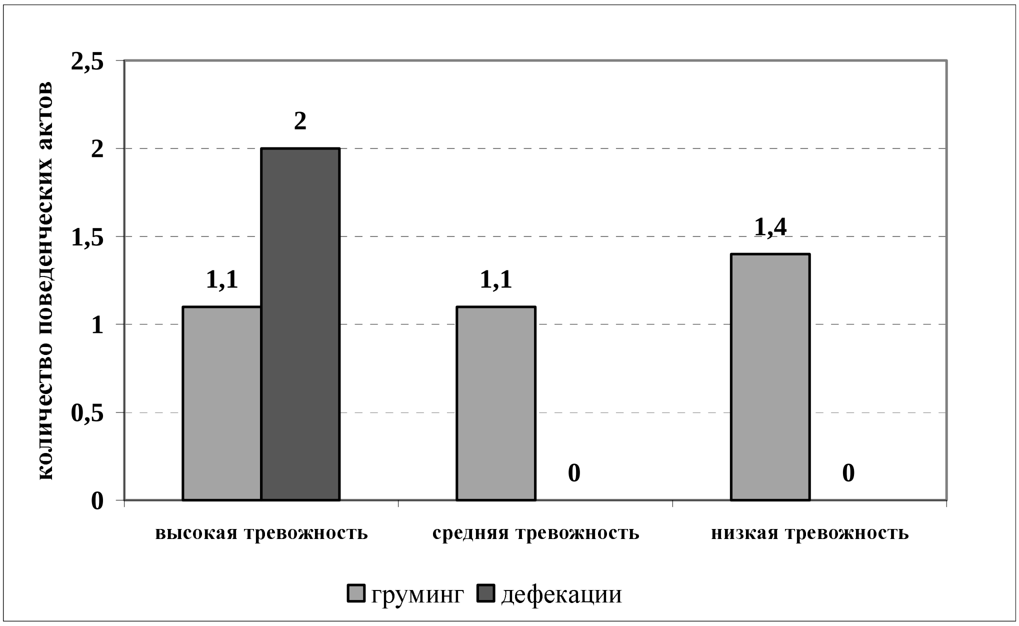


Рис. 6. Количество актов груминга и фекальных болюсов у самок.

Выводы

Исследуемые популяции самок и самцов при тестировании в контрольных условиях разделены на субпопуляции по уровню тревожности. Количество особей с низким уровнем тревожности в популяции самок составило 27,8%, в популяции самцов – 33,3%; количество особей со средним уровнем тревожности – 38,9 и 44,5% соответственно; с высоким уровнем тревожности – 33,3 и 22,2%. Учитывая, что экспериментальные животные с момента рождения содержались в одинаковых условиях и получали одинаковую пищу, проведенные эксперименты позволили сделать вывод о генетически детерминированной предрасположенности к развитию психической депрессии. Информативность в плане определения фенотипических различий между животными с использованием теста "открытое поле" носит первая минута опыта. Различная степень выраженности показателей двигательной активности или исследовательского поведения может служить критерием разделения животных на группы с различным уровнем тревожности.

Список литературы

1. *Жагуров В. А.* Психопатология. – М.: Мед. книга, 2002. – 255 с.
2. *Абрамова Г. С., Юдидс Ю. А.* Психология в медицине. – М.: ЛПА "Кафедра". – М., 1998. – 272 с.
3. *Баевский Р. М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 297 с.
4. *Аракелов Г. Г., Лысенко Н. Е., Шотт Е. К.* Психофизиологический метод оценки тревожности // Психол. журн. – 1977. – Т. 18, № 2. – С. 102-113.
5. *Калуев А. В.* Новые проблемы в ГАМК-ергической фармакологии тревожности // Эксперим. и клинич. фармакология. – 1997. – Т. 60, № 5. – С. 3-7.
6. *Вербицкая Л. В., Тендитник М. В. и др.* Воздействие бенз(а)пирена на показатели иммунного статуса у мышей с тревожно-депрессивным синдромом // Бюллет. экспер. биол и медиц. – 2005. – Т. 140, № 7. – С. 81-84.

***Фролова Г. О.* Профіль тривожності популяції лабораторних щурів у нормальних (контрольних) умовах, який оцінювався за тестом "відкрите поле". –** Досліджено поведінкові характеристики й оцінено рівень емоційної тривожності тварин у контрольних умовах, тобто генетично детермінований профіль дослідницької поведінки у популяції з урахуванням полових розходжень. Використовуючи методику "відкрите поле" тварини розділені на групи з різним рівнем тривожності. З огляду на те, що тварини втримувалися в

однакових умовах, експеримент дозволив зробити висновок, що схильність до розвитку психічної депресії є генетично детермінованою.

Ключові слова: дослідницька активність, рухова активність, тривожність, поведінковий акт.

***Frolova G. A.* The profile of anxiety populations of the laboratory rats normal (control) condition evaluated in test "open field". –** The explored behavioral features and is evaluated level emotional anxiety animal in control condition i.e. genetic deterministic profile of the exploratory behavior in such populations with provision for sexual difference. Using methods "open field" animals were divided into groups with different level anxiety. Considering that animals were kept in equal terms, experiment has allowed to draw a conclusion that aptitude to development of psychic depression is genetic deterministic.

Key words: exploratory activity, motor activity, anxiety, behavioral act.

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 роботы 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 цифрами 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 Cyr. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объём иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30% объёма статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0.

12. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно даётся их расшифровка.

13. 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.

14. **К статье также следует приложить две рецензии от специалистов (докторов или кандидатов наук) – внутреннюю и внешнюю.**

15. Если статья подается на английском языке, то прилагается её украинский или русский вариант.

16. Редакция оставляет за собой право исправлять ошибки в тексте, вносить изменения редакционного характера, 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 1 месяц.

17. Ответственность за содержание поданного материала несут авторы.

18. Окончательное решение о публикации принимает редакционная коллегия.

19. Автор (-ы) статьи получает 1 экз. сборника (стоимость сборника – договорная).

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **ecology@dongu.donetsk.ua**

В редакцию также присылается один распечатанный экземпляр статьи, дискета (3,5") или CD-диск с материалами и рецензии. Поданные материалы не возвращаются.

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ, к. 310, ул. Щорса, 46, г. Донецк, 83050.

Отв. секретарь сборника – к.б.н. **Штирц Артур Давыдович.**

Тел.: (062) 304-61-86 (кафедра зоологии Донецкого национального университета).

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ

міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 7

(українською та російською мовами)

Редактор: Р. В. Щадько

Оригінал-макет: А. Д. Штірц

Обкладинка: М. В. Максимович

Відповідальність за зміст статей та якість рисунків несуть автори.

Адреса в Інтернеті: **www.donnu.edu.ua/bio**

Адреса редакції: 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46, к. 310