

*** ЗМІСТ ***

Пам'яті Надії Григорівни Шестопалової (1927–2018)	5
---	---

*** БІОХІМІЯ ***

Безродна А.І. Корекція «Квертином» стану оксидантно-антиоксидантної системи у щурів за умов впливу ксенобіотиків.....	7
Нікітченко І.В., Бараннік Т.В., Павиченко О.В. Вплив геміну і донорів оксиду азоту на показники метаболізму гема в печінці й сироватці щурів <i>in vivo</i>	16
Ніколаєва О.В., Петров С.А. Загальна антиоксидантна активність при алотрансплантації ембріональної м'язової тканини у щурів.....	25

*** БОТАНІКА ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН ***

Ткаченко Ф.П., Сидоренко М.В. Макрофітобентос штучних паркових водойм міста Одеси.....	31
Шевчук Н.Ю. Особливості просторової структури, флористичної подібності та фітоценотичної активності трав'яних видів рослин у лісонасадженнях та природних степових угрупованнях Південного Криворіжжя.....	39

*** ГЕНЕТИКА ***

Писарук А.В., Караман Г.С., Кошель Н.М., Мєхова Л.В., Вайсерман О.М., Козерецька І.А., Чака О.Г., Літовка І.Г., Левашов М.І. Тривалість розвитку та життя <i>Drosophila melanogaster</i> за умов личинкового розвитку при гіпоксії та гіпероксії.....	51
--	----

*** ЗООЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ***

Баркасі Золтан Види-двійники мишей роду <i>Sylvaemus</i> Ognev, 1924 (Mammalia, Rodentia) в Українських Карпатах.....	59
Загороднюк І., Пархоменко В. Борис Вальх та розвиток зоології й музеології на сході України..	72
Мамедова С.Н., Ібрагімов Ш.Р. Паразитичні найпростіші промислових риб гирла річки Кури....	99
Сеїдбейлі М.І., Магеррамов С.Г. Гельмінтофауна свійських водоплавних птахів (гуска – <i>Anser anser</i> dom. і качка – <i>Anas platyrhynchos</i> dom.) Нахчіванської АР.....	107
Токарська Н.В. Особливості біології, живлення та будови нір сліпака звичайного (<i>Spalax microphthalmus</i>) на території регіонального ландшафтного парку «Великобурлуцький степ».....	114

*** ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН ***

Більченко О.С., Красовська К.О., Веремєєнко О.В., Хіміч Т.Ю. Лікарсько-індуковані інтерстиціальні ураження легень	121
Коба Л.В., Шапкіна О.О., Жуйкова А.Є., Бондаренко В.А. Вплив хлорпромазину на стійкість еритроцитів щурів різного віку до гіпертонічних умов середовища	130

... ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН ...

Чумакова В.В., Авксентьєва О.О. Вплив трофічного забезпечення на динаміку ростових процесів і вмісту вуглеводів у проростків озимої пшениці за яровизації.....	138
---	------------

... КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ ...

Гриценко М.А., Буланкіна Н.І. Порівняльне дослідження експресії деяких груп генів у фібробластах шкіри та легенів щурів різного віку.....	148
--	------------

... ІНФОРМАЦІЯ ...

IV Міжнародна наукова конференція «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти» та школа молодих вчених, Харків, Україна, 9–10 жовтня 2018 р.....	153
Правила для авторів	156



**Пам'яті Надії Григорівни Шестопалової
(1927–2018)**

Надія Григорівна прожила довге, надзвичайно насичене і яскраве життя. Вона народилася 1 листопада 1927 року в м. Сватове Луганської області. Після закінчення школи, додавши собі 2 роки віку, вступила до складу Червоної Армії. Зв'язківцем брала активну участь у бойових діях, за що отримала державні нагороди: медаль «За бойові заслуги» (1944 р.), медаль «За взяття Будапешта» (1945 р.), орден Вітчизняної війни (1985 р.), орден «За мужність» (2001 р.).

Після закінчення у 1954 р. Харківського сільськогосподарського інституту ім. В.В.Докучаєва, з 1956 р. Надія Григорівна працювала в Харківському національному університеті ім. В.Н.Каразіна, де пройшла гідний шлях від асистента до професора, була деканом біологічного факультету, членом спеціалізованих рад з генетики. У 1965 р. Надія Григорівна успішно захистила кандидатську дисертацію «Еколого-фізіологічні особливості поліплоїдного та гібридного цукрового буряку». Захист докторської дисертації «Цитофізіологічні прояви ефекту гетерозису у нормі та після дії фізичних факторів» відбувся в 1975 р. в Інституті генетики і цитології, у Мінську.

У 1979 р. на кафедрі генетики і цитології Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна Надією Григорівною була створена лабораторія цитофізіології і цитогенетики рослин. Багаторічні дослідження велися в декількох напрямках, основними з яких були дослідження структурно-функціонального стану клітин сільськогосподарських рослин у зв'язку з ефектом гетерозису, вивчення цитогенетичних механізмів формування стійкості до дії мутагенних фізичних факторів, в першу чергу радіації.

Під керівництвом професора Шестопалової досліджено особливості репродукції клітин у рослин інбредних ліній і гібридів з різним ступенем прояви гетерозису, показано зв'язок стартового мітотичного потенціалу з господарсько-цінними ознаками, продуктивністю рослин, виявлено відмінності між вихідними формами і гібридами за добовою ритмікою проліферативних процесів. Вивчено вплив широкого діапазону доз гамма-радіації на активність клітин, адаптивні і продукційні можливості рослин, процеси мутагенезу на рівні клітин і організму. Н.Г.Шестопаловою доведена можливість модифікації радіобіологічної реакції різними фізичними факторами. Вперше встановлено

роль радіохвиль міліметрового діапазону в індукції репопуляції – одного з механізмів формування ефекту радіоадаптивної відповіді. Показано збереження цього ефекту в онтогенезі і в ряду статевих поколінь рослин. Вивчено клітинні механізми природного старіння насіння в залежності від умов збереження генофонду та генотипу об'єкта, виявлено загальний характер цитофізіологічних і цитогенетичних змін при природному і радіаційному старінні.

Результати плідної роботи викладені в понад 100 наукових працях, авторських свідоцтвах, монографії, навчальному посібнику. Надія Григорівна була вимогливим, суворим і в той же час доброзичливим керівником і викладачем. Своїм численним дипломникам і аспірантам вона передала не тільки професійні знання, але й свою відданість справі, почуття відповідальності. Надія Григорівна підготувала 5 кандидатів наук, була заслуженим професором університету, «Відмінником освіти України».

Маючи з юності художні здібності, Надія Григорівна відпочивала малюючи. Її пейзажі і натюрморти й дотепер прикрашають стіни кафедри. Їй вдавалось привносити і в наукову роботу своє відчуття прекрасного: працюючи з рослинами, вона завжди звертала увагу своїх учнів на те, як яскраво виглядають соняшникові кошики або сяють ячмінні колосся на дослідній ділянці.

Надія Григорівна надовго запам'ятається колегам своєю інтелігентністю, високим професіоналізмом, добротою, готовністю зрозуміти і допомогти, зігріти душевним теплом.

••• БІОХІМІЯ ••• BIOCHEMISTRY •••

УДК: 577.121:543.395

Корекція «Квертином» стану оксидантно-антиоксидантної системи у щурів за умов впливу ксенобіотиків
А.І.Безродна

Завданням даного дослідження є визначення можливості корекції патологічних порушень стану оксидантно-антиоксидантної системи в організмі щурів при токсичному впливі ксенобіотиків шляхом використання флавоноїду кверцетину, який володіє антиоксидантним, протизапальним, антибактеріальним, протівірусним та імуномодулюючим ефектом. Вихідними дослідженнями встановлено, що при дії ксенобіотиків у дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ підвищується вміст продуктів ПОЛ у сироватці крові щурів, зокрема 8-ізопростану, ТБК-активних продуктів (ТБК-АП) і дієнових кон'югатів (ДК). Внаслідок цього стан антиоксидантної системи також зазнає змін, свідченням чого є зниження активності каталази при дії ксенобіотиків у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀, а також коливання вмісту супероксиддисмутази, а саме: зниження під впливом ксенобіотиків у дозі 1/10 ДЛ₅₀ та підвищення при дії речовин у дозі 1/100 ДЛ₅₀. Після корекції флавоноїдом кверцетином встановлено зниження вмісту в організмі щурів як первинних, так і вторинних продуктів ПОЛ, а також показників стану оксидантно-антиоксидантної системи. При цьому встановлено важливу для клінічної практики залежність між ступенем корекції патологічних змін в стані оксидантно-антиоксидантної системи та дозою токсичного впливу ксенобіотика. Після внутрішньошлункового введення «Квертину» в дозі 25 мг/кг маси тіла щурам, що зазнали токсичного впливу поліетиленгліколю-400 у дозі 1/10 ДЛ₅₀, встановлено зниження у сироватці крові вмісту 8-ізопростану на 14,5%, ТБК-АП – на 17,3%, ДК – на 15,5%. Після впливу поліетиленгліколю-400 у дозі 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 12,4%, ТБК-АП – на 16,8%, ДК – на 11,8%. Після впливу поліпропіленгліколю у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 17,7% та 12,5%, ТБК-АП – 11,7% та 9,8%, ДК – 16,3% та 12,7% відповідно. Після впливу етиленгліколю у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 22,1% та 14,9%, ТБК-АП – 17,3% та 15,2%, ДК – 17,6% та 12,2% відповідно. Активність каталази підвищувалася після корекції «Квертином» за умов впливу поліетиленгліколю-400 у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ₅₀ відповідно на 25,8% і 20,6%; поліпропіленгліколю – на 26,5% та 23,4%; етиленгліколю – на 19,4% і 15,6%. Активність супероксиддисмутази в крові щурів після корекції «Квертином» підвищувалась за умов токсифікації ксенобіотиками в дозі 1/10 ДЛ₅₀ (поліетиленгліколем-400 – на 29,3%, поліпропіленгліколем – на 33,5%; етиленгліколем – на 23,2%) та знижувалась за умов токсифікації ксенобіотиками в дозі 1/100 ДЛ₅₀ (поліетиленгліколем-400 – на 21,6%, поліпропіленгліколем – на 26,7%; етиленгліколем – на 18,6%).

Ключові слова: ксенобіотики, патологічні порушення, оксидантно-антиоксидантна система, корекція, кверцетин.

Correction by "Quertin" of the oxidative-antioxidant system of rats at xenobiotics exposure
A.I.Bezrodna

The objective of this study is to determine the possibility of correcting pathological disorders of the oxidative-antioxidant system in the rat organism under the influence of xenobiotics using the flavonoid quercetin, which has an antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, antiviral and immunomodulating effect. Baseline studies have established that when exposed to xenobiotics at a dose of 1/10 and 1/100 DL₅₀, the content of lipid peroxidation products in the serum of rats increases, including 8-isoprostane, TBA-active products (TBA-AP) and diene conjugates (DK). As a result, the state of the antioxidant system also undergoes changes, evidenced by a decrease in catalase activity under the action of xenobiotics in doses of 1/10 and 1/100 DL₅₀, as well as fluctuations in superoxide dismutase content, namely: a decrease under the influence of xenobiotics in a dose of 1/10 DL₅₀ and increase with the action of substances in a dose of 1/100 DL₅₀. After correction with the flavonoid quercetin, a decrease in the content of both primary and secondary POL products in the rat organism, as well as indicators of the state of the oxidative-antioxidant system was established. At the same time, an important for clinical practice relationship was established between the degree of correction of pathological changes in the state of the oxidative-antioxidant system and the dose of toxic effects of xenobiotics. After intragastric administration of "Quertin" in a dose of 25 mg/kg of body weight to rats exposed

to polyethylene glycol 400 at a dose of 1/10 DL₅₀, a decrease in serum levels of 8-isoprostan was determined by 14.5%, TBA-AP – by 17.3%, DK – by 15.5%. After exposure to polyethylene glycol 400 at a dose of 1/100 DL₅₀, the content of 8-isoprostane decreased by 12.4%, TBA-AP by 16.8%, and DK by 11.8%. After exposure to polypropylene glycol in doses of 1/10 and 1/100 DL₅₀, the content of 8-isoprostane decreased by 17.7% and 12.5%, TBA-AP – 11.7% and 9.8%, DK – 16.3% and 12.7% respectively. After exposure to ethylene glycol in doses of 1/10 and 1/100 DL₅₀, the content of 8-isoprostane decreased by 22.1% and 14.9%, TBA-AP – 17.3% and 15.2%, DK – 17.6% and 12.2% respectively. Catalase activity increased after the correction by "Quertin" at exposure to polyethylene glycol 400 at doses 1/10 and 1/100 DL₅₀, respectively, by 25.8% and 20.6%; polypropylene glycol – by 26.5% and 23.4%; ethylene glycol – by 19.4% and 15.6%. Superoxide dismutase activity in the blood of rats after the correction of "Quertin" increased at xenobiotic toxicification at a dose of 1/10 DL₅₀ (polyethylene glycol 400 – by 29.3%, polypropylene glycol – by 33.5%; ethylene glycol – by 23.2%) and decreased at toxicification with xenobiotics at a dose of 1/100 DL₅₀ (polyethylene glycol 400 – by 21.6%, polypropylene glycol – by 26.7%; ethylene glycol – by 18.6%).

Key words: *xenobiotics, pathological disorders, oxidative-antioxidant system, correction, quercetin.*

Коррекция «Квертином» состояния оксидантно-антиоксидантной системы у крыс в условиях воздействия ксенобиотиков А.И.Безродная

Задачей данного исследования является определение возможности коррекции патологических нарушений состояния оксидантно-антиоксидантной системы в организме крыс при токсическом влиянии ксенобиотиков путем использования флавоноида кверцетина, который обладает антиоксидантным, противовоспалительным, антибактериальным, противовирусным и иммуномодулирующим эффектом. Исходными исследованиями установлено, что при воздействии ксенобиотиков в дозе 1/10 и 1/100 ДЛ₅₀ повышается содержание продуктов ПОЛ в сыворотке крови крыс, в том числе 8-изопростана, ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) и диеновых конъюгатов (ДК). В результате этого состояние антиоксидантной системы также претерпевает изменения, свидетельством чего является снижение активности каталазы при действии ксенобиотиков в дозах 1/10 и 1/100 ДЛ₅₀, а также колебания содержания супероксиддисмутазы, а именно: снижение под влиянием ксенобиотиков в дозе 1/10 ДЛ₅₀ и повышение при действии веществ в дозе 1/100 ДЛ₅₀. После коррекции флавоноидом кверцетином установлено снижение содержания в организме крыс как первичных, так и вторичных продуктов ПОЛ, а также показателей состояния оксидантно-антиоксидантной системы. При этом установлена важная для клинической практики зависимость между степенью коррекции патологических изменений в состоянии оксидантно-антиоксидантной системы и дозой токсического воздействия ксенобиотика. После внутрижелудочного введения «Квертина» в дозе 25 мг/кг массы тела крысам, подвергшихся токсическому воздействию полиэтиленгликоля-400 в дозе 1/10 ДЛ₅₀, установлено снижение в сыворотке крови содержания 8-изопростана на 14,5%, ТБК-АП – на 17,3%, ДК – на 15,5%. После воздействия полиэтиленгликоля-400 в дозе 1/100 ДЛ₅₀ содержание 8-изопростана снижалось на 12,4%, ТБК-АП – на 16,8%, ДК – на 11,8%. После воздействия полипропиленгликоля в дозах 1/10 и 1/100 ДЛ₅₀ содержание 8-изопростана снижалось на 17,7% и 12,5%, ТБК-АП – 11,7% и 9,8%, ДК – 16,3% и 12,7% соответственно. После воздействия этиленгликоля в дозах 1/10 и 1/100 ДЛ₅₀ содержание 8-изопростана снижалось на 22,1% и 14,9%, ТБК-АП – 17,3% и 15,2%, ДК – 17,6% и 12,2% соответственно. Активность каталазы повышалась после коррекции «Квертином» в условиях воздействия полиэтиленгликоля-400 в дозах 1/10 и 1/100 ДЛ₅₀ соответственно на 25,8% и 20,6%; полипропиленгликоля – на 26,5% и 23,4%; этиленгликоля – на 19,4% и 15,6%. Активность супероксиддисмутазы в крови крыс после коррекции «Квертином» повышалась в условиях токсификации ксенобиотиками в дозе 1/10 ДЛ₅₀ (полиэтиленгликолем-400 – на 29,3%, полипропиленгликолем – на 33,5%; этиленгликолем – на 23,2%) и снижалась в условиях токсификации ксенобиотиками в дозе 1/100 ДЛ₅₀ (полиэтиленгликолем-400 – на 21,6%, полипропиленгликолем – на 26,7%; этиленгликолем – на 18,6%).

Ключевые слова: *ксенобиотики, патологические нарушения, оксидантно-антиоксидантная система, коррекция, кверцетин.*

Вступ

Ксенобіотики (КБ) широко використовуються практично в усіх галузях народного господарства (Дудченко и др., 2004; Blythe, Bloor, 2008; Julinova et al., 2018). На сьогодні детергенти стали основними компонентами препаратів побутової хімії, в результаті чого проникли в усі сфери життєдіяльності людини (Matsuguma et al., 2015; Martins et al., 2018). Незважаючи на

загальний спад виробів промислової продукції в Україні, щорічне виробництво КБ, а саме полімерів етилену та пропілену, вінілхлориду, карбамідних смол, фарб та лаків на основі поліефірів, акрилових і вінілових полімерів досягає 302,6 тис. тон; мила на основі поверхнево-активних речовин (ПАР) та парфумних, косметичних і туалетних засобів – 100,1 тис. тон тощо (Виробництво промислової продукції, 2017). КБ тісно контактують з організмом людини незалежно від статі, віку, професії, стану здоров'я тощо (Щербань, 2017). Фахівцями визначено, що 42% ПАР надходять у стічні каналізаційні води, 22% в атмосферне повітря, 12% вивозяться на смітники, 7% забруднюють територію населених пунктів, 11% надходять на присадибні ділянки, а 6% залишаються в житлових приміщеннях (Eerkes-Medrano et al., 2015; Hortonab et al., 2017). КБ потребують особливої уваги фахівців, оскільки вони викликають в організмі мембранну патологію (Наконечна, 2012) та можуть включатися в обмін речовин, викликаючи дисметаболізм та різні тяжкі наслідки, накопичуватися у субклітинних структурах (Маракушин та ін., 2013).

Окислювальний стрес – це стан, при якому активуються вільнорадикальні процеси на фоні пригнічення або недостатності антиоксидантних систем організму. Вільнорадикальні процеси, які проходять в клітині, зачіпають всі її структури і модифікують клітинний метаболізм. Активним процесом, який має місце на поверхні клітинних мембран, є переокиснення ліпідів (ПОЛ). Активація ПОЛ за умов впливу КБ зумовлює збільшення утворення його продуктів, а саме: модифікованих молекул ліпопротеїнів низької щільності, первинних продуктів ПОЛ – дієнових кон'югатів та вторинних продуктів ПОЛ – ТБК-активних продуктів (Абрамова, Мясоедов, 2013). Поряд з цим спостерігається пригнічення ферментів антиоксидантного захисту (супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази тощо). Вплив КБ призводить до активації мембранних фосфоліпаз, гідролізу частини фосфоліпідів, підвищення проникності мембран мітохондрій та втрати їх здатності до окисного фосфорилування, внаслідок чого підвищується апоптотична активність клітин і пошкодження мембран клітин організму за умов впливу КБ (Наконечна, 2009; Абрамова, Мясоедов, 2013).

Хоча у сучасних дослідженнях висвітлені питання впливу КБ на стан антиоксидантної системи (Наконечна, 2012), відомостей щодо впливу КБ, які використовуються для синтезу складних полімерів, таких як окис етилену та пропілену, та засобів корекції порушень, що викликані досліджуваними КБ, за допомогою флавоноїдів не зустрічається.

Відомо, що кверцетин є важливим флавонолом серед членів шести підкласів флавоноїдів та має різні біологічні властивості, антиоксидантний, протизапальний, антибактеріальний, протівірусний та імуномодулюючий ефект (Jae Kwang Kim, Sang Un Park, 2018; Anand David et al., 2016; Massi et al., 2017; Загайко, Кравченко, 2016; Перський та ін., 2017).

Методика

Дослідження тривалістю 45 діб проведено на 130 білих щурах обох статей популяції WAG. Тварини перебували в стандартних умовах віварію. Утримання і спостереження за тваринами проводилися відповідно до положень «Загальноетичних принципів експериментів на тваринах», які узгоджені Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються з експериментальною і науковою метою» (Страсбург, 1986). Експеримент проведено на тринадцяти групах тварин: контрольній та дванадцятьох дослідних в кількості по 10 тварин у кожній. Розрахунок необхідної дози ксенобіотиків для підгострого експерименту здійснювали, виходячи з даних про параметри гострої токсичності (Дымент, 1976): 1/10 та 1/100 від середньолетальної дози (ДЛ₅₀) досліджуваних речовин відповідно складала для поліетиленгліколю-400 (ПЕГ-400) 2,89 та 0,289 г/кг маси тіла щурів, поліпропіленгліколю (ППГ) – 3,25 та 0,325 г/кг, етиленгліколю (ЕГ) – 0,55 та 0,055 г/кг. Водні розчини КБ щодня натщесерце внутрішньошлунково вводились в дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ за допомогою металевого зонду.

Корекцію порушень основних метаболічних процесів проводили шляхом використання препарату «Квертин» з діючою речовиною кверцетин (Борщагівський ХФЗ, Україна) протягом двох тижнів, починаючи з 31 по 45 добу експерименту (Наконечна та ін., 2017). Дозування препарату «Квертин» розраховували відповідно до його анотації з розрахунку 25 мг кверцитину на 1 кг маси тіла тварини та за константами біологічної активності (Рыболовлев, Рыболовлев, 1979). Контрольна група щурів отримувала відповідні об'єми питної води. Після закінчення 45-денного підгострого токсикологічного експерименту щурів виводили з нього відповідно до «Міжнародних

рекомендацій щодо проведення медико-біологічних досліджень з використанням лабораторних тварин» шляхом декапітації із застосуванням гільйотини, згідно із затвердженими інструкціями і законодавчими актами.

Після закінчення експерименту в сироватці крові визначали вміст продуктів ПОЛ – 8-ізопростану, ТБК-АП (ТБК-активних продуктів), ДК (дієнових кон'югатів). Відновлений глутатіон, SH-групи, церулоплазмін, активність ферментів супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази, як основних показників стану оксидантно-антиоксидантної системи, визначали уніфікованими методами. Вміст 8-ізопростану визначали в реакціях перекисного окислення арахідонової кислоти клітинних мембран імуноферментним методом за допомогою набору «8-iso prostane ELISA» фірми «USBiological» (США). Отримані дані виражалися в пг/мл (Czascowski et al., 2000). Принцип методу оснований на конкуренції між 8-ізопростаном та 8-ізопростан-холінестеразою за кон'югацію з лімітованим числом 8-ізопростан-специфічних антисироваткових сайтів. Продукт цієї реакції мав чіткий жовтий колір і абсорбувався чітко при довжині хвилі 412 нм. Інтенсивність жовтого забарвлення прямо пропорційна кількості 8-ізопростану. Вміст продуктів ПОЛ досліджували в реакції з тіобарбітуровою кислотою. Супероксиддисмутазну активність (СОД, КФ 1.15.1.1) визначали за рівнем інгібування ферментом процесу відновлення нітросинього тетразолію за наявності NADH і феназинметасульфату, глутатіонпероксидазну (КФ 1.11.1.9) – за інтенсивністю окиснення глутатіону в присутності гідропероксиду третинного бутілу (Моин, 1986), каталазну (КФ 1.11.1.6) – за реакцією з молібдатом амонію, в якій перекис водню утворює стійкий комплекс з солями молібдену (Дубинина и др., 1988). Вміст сульфгідрильних (-SH) груп та відновленого глутатіону в крові визначали спектрофотометричним методом з реактивом Еллмана (Кочетов, 1980). Вміст церулоплазміну визначали модифікованим колориметричним методом (Мошков и др., 1986), що ґрунтується на реакції ферментативного окислення парафенілдіаміну церулоплазміном, яка інактивується фторидом натрію. Дослідження проведені на біохімічному аналізаторі «Lab Line-80» (Австрія). Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням пакета програм Statistic 6.0.

Результати та обговорення

Результати дослідження вмісту продуктів ПОЛ у крові щурів за умов впливу досліджуваних ксенобіотиків у дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ виявили підвищення в сироватці крові вмісту 8-ізопростану, ТБК-АП і ДК. Ці дані вказують на активацію ПОЛ, яке супроводжується накопиченням первинних продуктів вільнорадикального окислення ліпідів – ДК і вторинних продуктів ПОЛ – ТБК-АП.

Після проведення корекції патології в організмі щурів флавоноїдом кверцетином було виявлено зниження вмісту як первинних, так і вторинних продуктів ПОЛ (табл. 1). Після проведення корекції препаратом «Квертин» за умов субтоксичного впливу ПЕГ-400 в дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ у сироватці крові щурів змінюється вміст продуктів ПОЛ. Зокрема відмічена позитивна динаміка зниження вмісту 8-ізопростану, ТБК-АП, ДК.

Таблиця 1.

Динаміка зміни вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії ПЕГ-400 після корекції препаратом «Квертин» (M±m, n=50)

Показники	Контроль (n=10)	Група спостереження, ДЛ ₅₀			
		до корекції		після корекції	
		1/10 (n=10)	1/100 (n=10)	1/10 (n=10)	1/100 (n=10)
8-ізопростан (пг/мл)	6,67±0,43	20,03±0,57*	15,24±0,33*	×17,24±0,68*	×13,47±0,27*
ТБК-АП (мкМ/л)	12,11±1,30	24,32±1,05*	17,24±0,35*	×20,11±1,17*	×14,54±1,23*
ДК (мкМ/л)	33,72±1,41	43,91±1,16*	38,51±1,09*	×38,22±2,12*	×35,72±0,64*

Примітка: * $p < 0,05$ по відношенню до контролю, × $p < 0,05$ по відношенню до корекції.

Після корекції «Квертином» вміст 8-ізопростану в сироватці крові знижувався на 14,5% і 12,4%, ТБК-АП знижувалися на 17,3% і 16,8%, ДК – на 15,5% і 11,8% за умов впливу ПЕГ-400 відповідно у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ₅₀.

Аналогічно було проведено корекцію препаратом «Квертин» після токсифікації ППГ. Так, корекція препаратом «Квертин» за умов впливу ППГ в дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ змінює основні показники ПОЛ (табл. 2). Після корекції «Квертином» вміст 8-ізопростану знижувався на 17,7% і 12,5%, ТБК-АП – на 11,7% і 9,8%, ДК – на 16,3% і 12,7% за умов впливу ППГ відповідно у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ₅₀.

Таблиця 2.

Динаміка зміни вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії ППГ після корекції препаратом «Квертин» (M±m, n=50)

Показники	Контроль (n=10)	Група спостереження, ДЛ ₅₀			
		До корекції		Після корекції	
		1/10 (n=10)	1/100 (n=10)	1/10 (n=10)	1/100 (n=10)
8-ізопростан (пг/мл)	6,67±0,43	12,56±0,68*	10,27±0,82*	×10,43±0,54*	×8,71±0,19*
ТБК-АП (мкМ/л)	12,11±1,30	18,21±1,16*	16,91±0,53*	×16,20±0,56*	×15,71±0,43*
ДК (мкМ/л)	33,72±1,41	44,24±1,35*	40,35±1,32*	×40,2±0,81*	×38,11±1,6*

*Примітка: * p<0,05 по відношенню до контролю, ×p<0,05 по відношенню до корекції.*

Після корекції «Квертином» вміст 8-ізопростану знижувався на 22,1% і 14,9%, вміст ТБК-АП знижувався на 17,3% і 15,2% та ДК – на 17,6% і 12,2% за умов впливу етиленгліколю відповідно у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ₅₀ (табл. 3).

Таблиця 3.

Динаміка зміни вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії ЕГ після корекції препаратом «Квертин» (M±m, n=50)

Показники	Контроль (n=10)	Група спостереження, ДЛ ₅₀			
		до корекції		після корекції	
		1/10 (n=10)	1/100 (n=10)	1/10 (n=10)	1/100 (n=10)
8-Ізопростан (пг/мл)	6,67±0,43	25,03±0,97*	19,47±1,26*	×21,45±0,58*	×15,14±1,13*
ТБК-АП (мкМ/л)	12,11±1,30	42,12±2,85*	25,10±1,43*	×35,25±2,73*	×20,92±1,93*
ДК (мкМ/л)	33,72±1,41	56,12±1,49*	42,41±2,11*	×44,82±1,37*	×37,21±1,62*

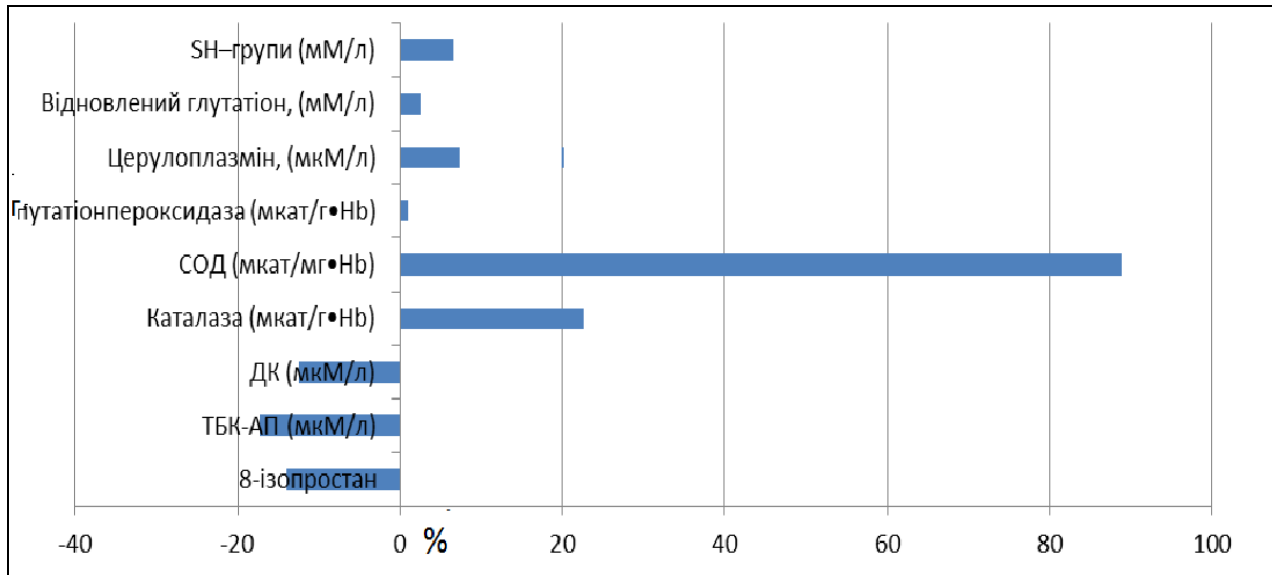
*Примітка: * p<0,05 по відношенню до контролю, ×p<0,05 по відношенню до корекції.*

Супероксиддисмутаза в крові як первинний антиоксидант підтримує та контролює рівень вільних радикалів і таким чином створює умови нормального використання кисневого середовища організму та успішно деактивує один з найнебезпечніших для клітин токсинів – це активні форми кисню (АФК). Після розпаду АФК утворюється перекис водню, який здатний пошкодити молекули супероксиддисмутази, з цієї причини СОД завжди функціонує разом із каталазою. Каталаза досить швидко розщеплює шкідливий для СОД перекис на воду і кисень.

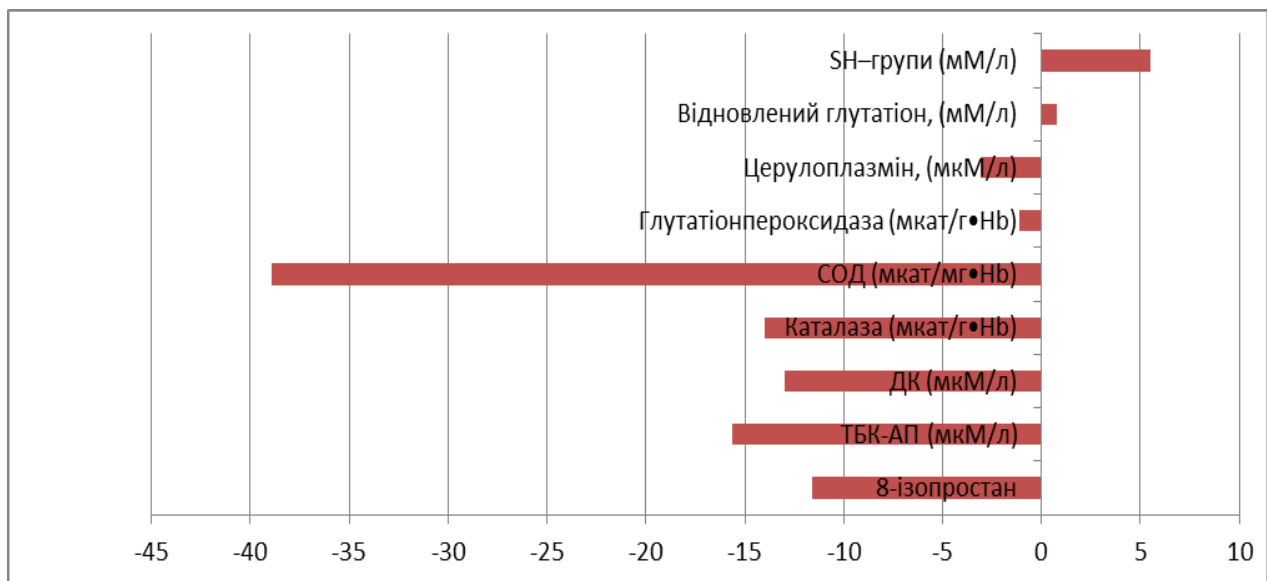
Визначення ефективності корекції препаратом «Квертин» патологічних порушень стану оксидантно-антиоксидантної системи проведено на основі оцінки динаміки в організмі щурів показників каталази та СОД (табл. 4).

Зокрема відмічена позитивна динаміка підвищення після корекції активності каталази на 25,8% і 20,6% за умов впливу ПЕГ-400 в дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀. Після корекції кверцетином активність СОД крові підвищувалась на 29,3% в умовах токсифікації ПЕГ-400 в дозі 1/10 ДЛ₅₀. В сироватці крові щурів, які були токсифіковані ПЕГ-400 у дозі 1/100 ДЛ₅₀, після корекції «Квертином» активність СОД знижувалась на 21,6%.

Активність каталази після корекції «Квертином» підвищувалася на 26,5% і 23,4% після токсифікації щурів ППГ в дозі 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ (табл. 4). Активність СОД крові підвищувалась на 33,5% після корекції токсифікації ППГ в дозі 1/10 ДЛ₅₀ та знижувалась на 26,7% – у дозі 1/100 ДЛ₅₀.



А



Б

Рис. 1. Ефективність корекції препаратом «Квертин» в організмі щурів патологічних порушень стану оксидантно-антиоксидантної системи в умовах тривалої субтоксичної дії полі етиленгліколю-400 у дозі 1/10 (А) та 1/100 ДЛ₅₀ (Б) ($M \pm m$, $n=40$)

Активність каталази після корекції «Квертином» підвищувалася на 19,4% і 15,6% відповідно у токсифікованих ЕГ щурів у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀. Активність СОД крові підвищувалась на 23,2% – в дозі 1/10 ДЛ₅₀ та знижувалась на 18,6% у щурів, які були токсифіковані ЕГ у дозі 1/100 ДЛ₅₀ після корекції «Квертином».

Інші показники стану оксидантно-антиоксидантної системи у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії ксенобіотиків, а саме активність глутатіонпероксидази, вміст церулоплазміну, глутатіону та SH-груп після корекції «Квертином» мали тенденцію до покращення, проте достовірно не відрізнялися від показників до проведення корекції (рис. 1).

Таблиця 4.

Визначення наявності корекції препаратом «Квертин» на основі вивчення зміни стану антиоксидантної активності у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії ПЕГ-400, ППГ, ЕГ ($M \pm m$, $n=50$)

Показники	Контроль ($n=10$)	Група спостереження, ДЛ ₅₀			
		до корекції		після корекції	
		1/10 ($n=10$)	1/100 ($n=10$)	1/10 ($n=10$)	1/100 ($n=10$)
ПЕГ-400					
Каталаза (мкат/г•Hb)	4,92±0,44	2,70±0,17*	3,71±0,25*	×3,31±0,32*	×4,10±0,29*
СОД (мкат/мг•Hb)	0,39±0,06	0,18±0,08*	0,55±0,18*	×0,25±0,07*	×0,50±0,14*
ППГ					
Каталаза (мкат/г•Hb)	4,92±0,44	2,97±0,19*	3,88±0,28*	×3,74±0,24*	×4,14±0,30*
СОД (мкат/мг•Hb)	0,39±0,06	0,24±0,06*	0,52±0,15*	×0,32±0,06*	×0,47±0,17*
ЕГ					
Каталаза (мкат/г•Hb)	4,92±0,44	2,11±0,15*	3,20±0,35*	×2,53±0,18*	×4,04±0,42*
СОД (мкат/мг•Hb)	0,39±0,06	0,16±0,06*	0,62±0,15*	×0,24±0,08*	×0,56±0,12*

Примітка: * $p < 0,05$ по відношенню до контролю, × $p < 0,05$ по відношенню до корекції.

Висновки

Корекція препаратом «Квертин» в дозі 25 мг/кг маси тіла знижує у щурів ступінь порушення стану оксидантно-антиоксидантної системи за умов впливу ксенобіотиків поліетиленгліколю-400, поліпропіленгліколю та етиленгліколю, показником чого є зниження вмісту продуктів ПОЛ та зміна активності ферментів антиоксидантної системи:

- У щурів, які зазнали токсичного впливу поліетиленгліколю-400 у дозі 1/10 ДЛ₅₀ після корекції «Квертином» встановлено зниження у сироватці крові вмісту 8-ізопростану на 14,5%, ТБК-АП – на 17,3%, ДК – на 15,5%. Після впливу поліетиленгліколю-400 у дозі 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 12,4%, ТБК-АП – на 16,8%, ДК – на 11,8%. Після впливу поліпропіленгліколю у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 17,7% та 12,5%, ТБК-АП – 11,7% та 9,8%, ДК – 16,3% та 12,7% відповідно. Після впливу етиленгліколю у дозах 1/10 та 1/100 ДЛ₅₀ вміст 8-ізопростану знижувався на 22,1% та 14,9%, ТБК-АП – 17,3% та 15,2%, ДК – 17,6% та 12,2% відповідно.
- Активність каталази в сироватці крові щурів підвищувалася після корекції «Квертином» за умов впливу поліетиленгліколю-400 у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ₅₀ відповідно на 25,8% і 20,6%; поліпропіленгліколю – на 26,5% і 23,4%; етиленгліколю – на 19,4% і 15,6%.
- Активність СОД в крові щурів після корекції «Квертином» підвищувалась за умов токсифікації ксенобіотиками в дозі 1/10 ДЛ₅₀ (поліетиленгліколем-400 – на 29,3%, поліпропіленгліколем – на 33,5%; етиленгліколем – на 23,2%) та знижувалась за умов токсифікації ксенобіотиками в дозі 1/100 ДЛ₅₀ (поліетиленгліколем-400 – на 21,6%, поліпропіленгліколем – на 26,7%; етиленгліколем – на 18,6%).
- Показники стану оксидантно-антиоксидантної системи, а саме активність глутатіонпероксидази, вміст церулоплазміну, глутатіону та SH-груп у крові щурів в умовах тривалої субтоксичної дії досліджуваних ксенобіотиків, після корекції «Квертином» мали тенденцію до покращення, проте достовірно не відрізнялися від показників до проведення корекції.

Список літератури / References

- Абрамова Л.П., Мясоедов В.В. Влияние мелатонина на перекисное окисление липидов при воспалении // Экспериментальная і клінічна медицина. – 2013. – №4 (61). – С. 6–9. /Abramova L.P., Myasoedov V.V. Effect of melatonin on lipid peroxidation during inflammation // Experimental and Clinical Medicine. – 2013. – No. 4 (61). – P. 6–9./
- Виробництво промислової продукції за видами в Україні за 2016 рік. Статистичний бюллетень – К., 2017. – 190с. /Statistical bulletin "Production of industrial products by types in Ukraine for 2016". – Kyiv, 2017. – 190p./
- Дубинина Е.Е., Ефимова Л.Ф., Сафронова Л.Н. Методы определения активности каталазы // Лабораторное дело. – 1988. – №8. – С. 16–19. /Dubinina Ye.Ye., Yefimova L.F., Safronova L.N. Methods for the determination of catalase activity // Laboratornoye delo (Russian Clinical Laboratory Diagnostics). – 1988. – No. 8. – P. 16–19./
- Дудченко В.К., Власов А.В., Зыков В.В. Моделирование полупериодической суспензионной технологии синтеза блок-сополимера пропилена и этилена // Пластические массы. – 2004. – № 5. – С. 13–18. /Dudchenko V.K., Vlasov A.V., Zykov V.V. Simulation of semi-periodic suspension technology for the synthesis of a block copolymer of propylene and ethylene // Plastics. – 2004. – No. 5. – P. 13–18./
- Дымент О.Н. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. – Москва: Химия, 1976. – 373с. /Dyment O.N. Glycols and other derivatives of ethylene and propylene oxides. – Moscow: Chemistry, 1976. – 373p./
- Загайко А.Л., Кравченко Г.Б. Порівняльна дія галлової кислоти та кверцетину на показники функціонального стану нирок щурів за умов експериментального діабету 2 типу // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. – 2016. – №3. – С. 31–33. /Zagyako A.L., Kravchenko G.B. Comparative effect of gallic acid and quercetin on indicators of functional state of kidney of rats under conditions of experimental type 2 diabetes // Achievements of Clinical and Experimental Medicine. – 2016. – No. 3. – P. 31–33./
- Кочетов Т.А. Практическое руководство по энзимологии. – М.: Наука, 1980. – 217с. /Kochetov T.A. Practical guide to enzymology. – Moscow: Science, 1980. – 217p./
- Маракушин Д.І., Наконечна О.А., Стеценко С.О. Сучасні уявлення про механізми адаптації до дії ксенобіотиків // Експериментальна і клінічна медицина. – 2013. – №4 (61). – С. 29–33. /Marakushin D.I., Nakonechna O.A., Stetsenko S.O. Modern ideas about mechanisms of adaptation to the action of xenobiotics // Experimental and clinical medicine. – 2013. – No. 4 (61). – P. 29–33./
- Мошков К.А., Бурмистров С.О., Усатенко М.С. Активность и содержание церулоплазмينا в крови людей при острой и хронической алкогольной интоксикации // Фармакология и токсикология. – 1986. – Т.49, №1. – С. 92–95. /Moshkov K.A., Burmistrov S.O., Usatenko M.S. The activity and content of ceruloplasmin in the blood of people with acute and chronic alcohol intoxication // Pharmacology and Toxicology. – 1986. – Vol.49, no. 1. – P. 92–95./
- Наконечна О.А. Біохімічні механізми порушень стану інтегративних систем організму за умов дії простих полієфірів та засоби їх корекції. Автореф. дис ... д-ра мед. наук. – Луганськ, 2012. – 40с. /Nakonechna O.A. Biochemical mechanisms of violations of the state of integrative systems of an organism under conditions of action of simple polyesters and means of their correction. Abstract. dis ... dr. med. sciences. – Lugansk, 2012. – 40p./
- Наконечна О.А. Стан системи антиоксидантного захисту в організмі щурів за умов дії простих полієфірів // Досягнення біології та медицини. – 2009. – №1 (13). – С. 23–26. /Nakonechna O. A. The state of the system of antioxidant protection in the body of rats under the conditions of action of simple polyesters // Achievements of Biology and Medicine. – 2009. – No. 1 (13). – P. 23–26./
- Рыболовлев Ю.Р., Рыболовлев Р.С. Дозирование веществ для млекопитающих по константам биологической активности // Докл. АН СССР. – 1979. – №6. – С. 1513–1516. /Rybolovlev Yu.R., Rybolovlev R.S. Dosing of substances for mammals according to the constants of biological activity // Reports of AS the USSR. – 1979. – No. 6. – P. 1513–1516./
- Перський Є., Сі У, Кот Ю. та ін. Показники загального обміну і оксидативного стресу у щурів при тривалій дії малих концентрацій Cd²⁺// Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія «Біологія». – 2017. – Вип.29. – С. 182–187. /Persky Ye., Si Wu, Kot Yu. et al. Total metabolism and oxidative stress parameters in rats at long-term exposure to low concentrations of Cd²⁺ // The Journal of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Biology. – 2017. – Vol.29. – P. 182–187./
- Щербань Н.Г. Звіт про науково-дослідну роботу «Експериментальне обґрунтування прогнозу небезпеки та корекції структурно-патогенетичних порушень в організмі в проблемі розробки гігієнічних нормативів поверхнево-активних речовин для води водойм». – Х.: ХНМУ, 2017. – 68с./ Shcherban N.G. Report on the research work "Experimental justification of the forecast of danger and correction of structural and pathogenetic disorders in the body in the problem of developing hygienic norms of surface-active substances for water reservoirs". – Kharkiv: KhNMU, 2017. – 68p./
- Anand David A.V., Arulmoli R., Parasuraman S. Overviews of biological importance of quercetin: a bioactive flavonoid // Pharmacogn. Rev. – 2016. – No. 10 (20). – P. 84–89.
- Blythe T., Bloor D. Electrical properties of polymers. – London: Cambridge University Press, 2008. – 496p.

- Cracowski J.L., Stance Labesque F., Bessard G. Isoprostanes: new markets of oxidative stress. Fundamental and clinical aspects // *Rev. Med. Interne.* – 2000. – Vol.21. – P. 304–307.
- Eerkes-Medrano D., Thompson R.C., Aldridge D.C. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs // *Water Res.* – 2015. – Vol.15. – P. 63–82.
- Hortonab A.A., Waltonac A., Spurgeon D.J. et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities // *Science of The Total Environment.* – 2017. – Vol.586. – P. 127–141.
- Jae Kwang Kim, Sang Un Park Quercetin and its role in biological functions: an updated review // *EXCLI Journal.* – 2018. – No. 17. – P. 856–863.
- Julinová M., Vaňharová L., Jurča M. Water-soluble polymeric xenobiotics – polyvinyl alcohol and polyvinylpyrrolidone – and potential solutions to environmental issues: a brief review // *J. Environ. Manage.* – 2018. – No. 14 (228). – P. 213–222.
- Martins N., Pereira J.L., Antunes F.E. et al. Role of surfactant headgroups on the toxicity of SLEnS-LAS mixed micelles: a case study using microtox test // *Sci. Total Environ.* – 2018. – Vol.643. – P. 1366–1372.
- Massi A., Bortolini O., Ragno D. et al. Research progress in the modification of quercetin leading to anticancer agents // *Molecules.* – 2017. – No. 22 (8). – P. 12–27.
- Matsuguma Y., Takada H., Kumata H. et al. Microplastics in sediment cores from Asia and Africa as indicators of temporal trends in plastic pollution // *Water Res.* – 2015. – Vol.15. – P. 63–82.

Представлено: В.М.Кравченко / Presented by: V.M.Kravchenko

Рецензент: Є.Є.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 01.11.2018

About the author: A.I.Bezrodnaya – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022; Kharkiv National Medical University, Nauky Avenue, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, bezrodnaya.ai@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7543-7165>

Про автора: А.І.Безродна – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022; Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, Харків, Україна, 61022, bezrodnaya.ai@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7543-7165>

Об авторе: А.И.Безродная – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022; Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, Харьков, Украина, 61022, bezrodnaya.ai@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7543-7165>

UDC: [577.127.3+57.044:546.172.6]

Вплив геміну і донорів оксиду азоту на показники метаболізму гему в печінці й сироватці крові щурів *in vivo*
I.V.Нікітченко, Т.В.Бараннік, О.В.Павиченко

В роботі вивчено вплив *in vivo* хлориду геміну (15 мг/кг маси тіла) і донорів монооксиду азоту (NO) – нітропрусида натрію (SNP, 1 мг/кг) і субстрату NO-синтази L-аргініну (Arg, 600 мг/кг) на активність ключових ферментів синтезу (5-амінолевулінатсинтази, АЛКС) і деградації геміну (гемоксигенази, ГО), на вміст вільного геміну в печінці, а також на вміст геміну в сироватці крові щурів. Донори NO вводили окремо або за 30 хв до ін'єкції хлориду геміну. Рівень вільного геміну в печінці оцінювали за співвідношенням активності холоферменту і загальної активності триптофан-2,3-діоксигенази (ТДО). Через 2 год після введення хлориду геміну спостерігалось значне підвищення рівня продуктів, які містять гем, і продуктів пероксидації ліпідів (ТБКРП) в сироватці крові. Ці зміни супроводжувалися зниженням активності АЛКС і збільшенням активності холоферменту і насичення гемом ТДО, що є результатом накопичення в печінці вільного геміну. Через 24 год після введення хлориду геміну вміст геміну в сироватці нормалізувався, а рівень ТБКРП залишався підвищеним. У печінці через 24 год дії геміну спостерігалось значне підвищення активностей ГО і АЛКС, тоді як ступінь насичення ТДО гемом знижувався, що свідчить про превалювання процесу деградації геміну над його синтезом. Обидва донора NO не впливали на накопичення геміну в сироватці й печінці в перші години дії геміну. Однак встановлені особливості дії SNP і L-Arg на ключовий фермент синтезу геміну в печінці і рівень ТБКРП в сироватці крові. L-Arg, на відміну від SNP, запобігав накопиченню ТБКРП в сироватці, але не попереджав зниження активності АЛКС через 2 год після ін'єкції хлориду геміну. Введення самого SNP викликало підвищення рівня ТБКРП в сироватці, збільшення активності ТДО і зниження активності АЛКС в печінці через 2 год. Вміст геміну в сироватці позитивно корелював з активністю холоферменту і насиченням гемом ТДО в печінці. Попередня обробка донорами NO не впливала на підвищення активності ГО, однак блокувала індукцію АЛКС, зниження активності холоферменту і ступеня насичення гемом ТДО через 24 год після введення хлориду геміну. Отже, й SNP, й Arg запобігали зниженню рівня вільного геміну в печінці, що може бути пов'язано з нітрозилуванням геміну в присутності донорів NO і, як наслідок, його більш повільною деградацією в гемоксигеназній реакції.

Ключові слова: метаболізм геміну, печінка, сироватка крові, гемін, донори оксиду азоту.

In vivo effects of hemin and nitric oxide donors on parameters of heme metabolism in rat liver and serum
I.V.Nikitchenko, T.V.Barannik, O.V.Pavychenko

In vivo effects of hemin chloride (15 mg/kg body weight) and donors of nitrogen monoxide (NO) – sodium nitroprusside (SNP, 1 mg/kg) and substrate of NO-synthase L-arginine (L-Arg, 600 mg/kg) on the activity of key enzymes of heme synthesis (5-aminolevulinic acid synthase, ALAS) and heme degradation (heme oxygenase, HO), on the free heme level in liver and on the content of heme in blood serum of rats were studied. NO donors were administered alone or 30 min before hemin chloride injection. The level of free heme in liver was estimated by the ratio of holoenzyme and total tryptophan 2,3-dioxygenase (TDO) activities. Two hours after hemin chloride administration a significant increase in the level of heme-containing products and lipid peroxidation products (TBARS) was found in blood serum. These changes were accompanied by decrease in ALAS activity and by increase in holoenzyme activity and heme saturation of TDO, which was the result of free heme accumulation in liver. 24 hrs after administration of hemin chloride the content of heme in serum returned to normal level, while level of TBARS remained elevated. 24 hrs after hemin action a significant increase in the activities of HO and ALAS was observed in liver, while the degree of TDO heme saturation decreased, indicating the prevalence of heme degradation over its synthesis. Both NO donors did not affect the accumulation of heme in serum and liver first hours after hemin action. However, the specific features of SNP and L-Arg effects on the key enzyme of heme synthesis in liver and the TBARS level in serum were revealed. L-Arg, unlike SNP, prevented the accumulation of TBARS in serum, but did not prevent a decrease in ALAS activity 2 hrs after hemin chloride injection. The treatment by SNP itself caused an increase in TBARS level in serum, an increase in TDO activity and a decrease in ALAS activity in liver 2 hrs after action. Heme content in serum positively correlated with holoenzyme activity and heme saturation of TDO in liver. The pretreatment with NO donors did not affect the increase in HO activity, however, it blocked the induction of ALAS, a decrease in holoenzyme activity and heme saturation of TDO 24 hrs after the administration of hemin chloride. Thus, both SNP and Arg prevented a decrease in free heme level in liver, which might be due to heme nitrosylation in the presence of NO donors and, as a result, its slower degradation in the heme oxygenase reaction.

Key words: heme metabolism, liver, blood serum, hemin, nitric oxide donors.

Влияние гема и доноров оксида азота на показатели метаболизма гема в печени и сыворотке крови крыс *in vivo* И.В.Никитченко, Т.В.Баранник, О.В.Павиченко

В работе изучено влияние *in vivo* хлорида гема (15 мг/кг массы тела) и доноров монооксида азота (NO) – нитропрусида натрия (SNP, 1 мг/кг) и субстрата NO-синтазы L-аргинина (L-Arg, 600 мг/кг) на активность ключевых ферментов синтеза (5-аминолевулинатсинтазы, АЛКС) и деградации гема (гемоксигеназы, ГО), на содержание свободного гема в печени, а также на содержание гема в сыворотке крови крыс. Доноры NO вводили отдельно или за 30 мин до инъекции хлорида гема. Уровень свободного гема в печени оценивали по соотношению активности холофермента и общей активности триптофан-2,3-диоксигеназы (ТДО). Через 2 ч после введения хлорида гема наблюдалось значительное повышение уровня гем-содержащих продуктов и продуктов перекисидации липидов (ТБКРП) в сыворотке крови. Данные изменения сопровождалось снижением активности АЛКС и увеличением активности холофермента и насыщения гемом ТДО, что является результатом накопления в печени свободного гема. Через 24 ч после введения хлорида гема содержание гема в сыворотке нормализовалось, а уровень ТБКРП оставался повышенным. В печени через 24 ч действия гема отмечено значительное повышение активности ГО и АЛКС, тогда как степень насыщения ТДО гемом снижалась, что свидетельствует о превалировании процесса деградации гема над его синтезом. Оба донора NO не влияли на накопление гема в сыворотке и печени в первые часы действия гема. Однако установлены особенности действия SNP и L-Arg на ключевой фермент синтеза гема в печени и уровень ТБКРП в сыворотке крови. L-Arg, в отличие от SNP, предотвращал накопление ТБКРП в сыворотке, но не предупреждал снижения активности АЛКС через 2 ч после инъекции хлорида гема. Введение самого SNP вызывало повышение уровня ТБКРП в сыворотке, увеличение активности ТДО и снижение активности АЛКС в печени через 2 ч. Содержание гема в сыворотке положительно коррелировало с активностью холофермента и насыщением гемом ТДО в печени. Предобработка донорами NO не влияла на повышение активности ГО, однако блокировала индукцию АЛКС, снижение активности холофермента и степени насыщения гемом ТДО через 24 ч после введения хлорида гема. Таким образом, и SNP, и L-Arg предотвращали снижение уровня свободного гема в печени, что может быть связано с нитрозилированием гема в присутствии доноров NO и, как следствие, его более медленной деградацией в гемоксигеназной реакции.

Ключевые слова: обмен гема, печень, сыворотка крови, гемин, доноры оксида азота.

Introduction

Heme (Fe^{2+} -protoporphyrin) is ubiquitously used as a prosthetic group in various hemoproteins whose renewal is based on the constant heme turnover (Ponka, 1997). Each step of heme metabolism including heme synthesis, transport and degradation, is critically dependent on specific proteins and is tightly regulated (Furuyama et al., 2007). "Free" (not incorporated in hemoproteins) heme is strong lipophilic prooxidant able to damage biomolecules and biomembranes (Kumar, Bandyopadhyay, 2005). On the other hand, free heme is known as a signal molecule with multiple regulatory functions that, first of all, controls its own metabolism (Furuyama et al., 2007; Ponka, 1997; Ayer et al., 2016). Key enzyme of heme biosynthesis, 5-aminolevulinic synthase (ALAS, EC 2.3.1.37), is regulated by heme at both transcriptional and posttranscriptional levels (Ponka, 1997). Key enzyme of heme degradation, heme oxygenase (HO, EC 1.14.14.18), has two isoforms, inducible HO-1 and constitutive HO-2, both regulated by heme level but through different mechanisms (Wu, Wang, 2005; Yi, Ragsdale, 2007).

Free heme in mammals liver can originate from new heme synthesis as well as from degraded hemoproteins including heme of hemoglobin that under intravascular hemolysis is transported into hepatocytes (Smith, Morgan, 1985; Ponka, 1997). Various intracellular proteins able to bind free heme are known, and one of them is rat liver enzyme, tryptophan 2,3-dioxygenase (TDO, EC 1.13.11.11), that exists in two forms, heme-bound holoenzyme and apoenzyme, whose proportion depends on free heme level (Badawy, 2017).

Free as well as protein-bound heme can be a target for nitrogen monoxide (NO) that is synthesized from L-arginine by NO-synthases (NOS) and acts as an intracellular signal molecule (Treuer, Gonzalez, 2015). Although NO is a lipophilic radical molecule with strong affinity for heme iron (Bloodworth et al., 2000), the formation of heme-nitrosyl complexes can limit heme participation in oxidative processes and therefore restrict heme prooxidant action (Osipov et al., 2007). NO is shown to have contradictory effect on heme oxygenase activity: it induces HO-1 at transcriptional level (Wu, Wang, 2005) but inhibits both HO-1 and HO-2 activities through heme nitrosylation in heme-binding sites (Ding et al., 1999; Kinobe et al., 2004). The regulation of ALAS and TDO activities by NO under free heme accumulation in liver has

not been deeply investigated. NO synthesis by NOS could be inhibited under stress or arginine deficiency, therefore direct NO donors are widely used to bypass this limitation (Cavicchi et al., 2000).

Taking all this into account, we studied the effects of NO donor sodium nitroprusside and NOS substrate L-arginine on the activities of the key enzymes of heme metabolism, as well as free heme level in the rat liver and heme level in blood serum under hemin action *in vivo*.

Materials and methods

Wistar male rats (160–200 g) used in the study were divided into 6 experimental groups. Hemin was dissolved in minimum volume of 1M NaOH and diluted 40 times by 0.9% NaCl. Hemin stock solution was injected intraperitoneally at final dose 15 mg/kg body weight (group 'Hemin'). Control animals (group 'Control') were injected with the corresponding volume of 0.9% NaCl. Sodium nitroprusside (SNP) was dissolved in 0,9% NaCl and administered intraperitoneally at final dose 1 mg/kg alone (group 'SNP') or 30 min before hemin chloride injection (group 'Hemin+SNP'). L-Arginine (L-Arg) was dissolved in minimal volume of 1N HCl, the solution was neutralized by 2N NaOH to pH 7.0, and then 0.9% NaCl was added to reach the required volume. L-Arg was administered intraperitoneally in dose 600 mg/kg alone (group 'L-Arg') or 30 min before hemin chloride injection (group 'Hemin+L-Arg'). The animals were decapitated under light ether anesthesia 2 or 24 hours after hemin chloride (groups 'Hemin', 'Hemin+SNP', 'Hemin+L-Arg') and 2,5 or 24,5 hrs after NO-donors administration (groups 'SNP' and 'L-Arg').

Blood was collected to obtain serum. The liver was perfused *in situ* with cooled physiological saline. Subcellular fractions were obtained by standard differential centrifugation at 2°C.

5-Aminolevulinat synthase activity was measured in liver homogenates by the amount of 5-ALA (Marver et al., 1966) and expressed in nmol 5-ALA/h per mg protein. Heme oxygenase activity was measured in post-mitochondrial fraction of liver and estimated by the amount of bilirubin using extinction coefficient $4 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ and was expressed as nmol bilirubin/min per mg protein (Sardana et al., 1985). Methemalbumin used as the substrate was formed *in situ* from hemin (final concentration 0.033 mM) and human serum albumin (final concentration 0.0025 mM).

Tryptophan 2,3-dioxygenase enzyme activity was measured in post-mitochondrial fraction of liver without hemin addition (holoenzyme activity) or after addition of hemin chloride in final concentration 0,002 mM (total activity). Both holoenzyme and total activity were estimated by the amount of kynurenine generated from L-tryptophan, the data expressed in nmol kynurenine/h per mg protein (Badawy, Evans, 1973). Heme saturation of TDO was calculated as the ratio of holoenzyme activity to total activity and expressed as a percentage.

The content of lipid hydroperoxides (TBARS) was measured in serum and in post-mitochondrial fraction of liver by the reaction with thiobarbituric acid (Ohkawa et al., 1979) and expressed in equivalent amounts of malonic dialdehyde (MDA) using coefficient of molar extinction $1,56 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. The level of heme-containing compounds in serum was estimated by optical density in the Soret region (390–450 nm), and expressed in $\Delta A/\text{mg}$ protein (Hrkal, Muller-Eberhard, 1971). Protein content was determined by Lowry method modified by Miller using bovine serum albumin as the standard (Miller, 1959).

Statistical processing of the data was performed using parametric methods. A threshold $p < 0.05$ was considered statistically significant.

Results and discussion

Hemin chloride significantly increased serum absorbance in Soret region that reached 340% (group 'Hemin+L-Arg'), 390% (Hemin) and 430% (Hemin+SNP) of the control level two hours after hemin chloride injection (Table 1).

This makes evidence on the accumulation of heme-containing compounds that could originate from erythrocyte lysis and/or exogenous hemin presence. Pretreatment by NO donors didn't prevent and NO-donors by themselves didn't cause heme accumulation in serum at this period of time. 24 hrs after hemin chloride injection serum absorbance in Soret region was at control level except co-treatment with SNP wherein this parameter was 2.7 times higher than control (Table 1) that could be the sign of more prolonged circulation of hemolysis products.

Two hours after hemin and/or SNP treatment the content of TBARS in serum was increased to 155–160 % of control level while L-Arg prevented hemin-induced raise of TBARS level (Table 1). Free heme molecule is strong lipophilic prooxidant able to interact with cell membranes and low density

lipoproteins (Kumar, Bandyopadhyay, 2005). Moreover, iron ion released from heme could catalyze free radical processes, therefore high TBARS level can be the result of free heme accumulation.

Table 1.
The absorbance in Soret region and TBARS content of rat serum after hemin chloride and NO donors injection (M±m, n=5–6, *p<0.05 versus control values)

Experimental group	Absorbance in Soret region, ΔA/mg protein		TBARS content, nmol MDA/mg protein	
	2 hrs	24 hrs	2 hrs	24 hrs
Control	0,035±0,005	0,034±0,006	1,00±0,09	1,00±0,09
Hemin	0,130±0,014*	0,034±0,006	1,64±0,15*	1,40±0,11*
SNP+Hemin	0,142±0,035*	0,088±0,013*	1,57±0,21*	1,54±0,11*
L-Arg+Hemin	0,112±0,018*	0,037±0,006	1,28±0,12	1,58±0,12*
SNP	0,032±0,004	0,022±0,004	1,49±0,09*	0,97±0,18
L-Arg	0,028±0,004	0,030±0,008	1,02±0,12	1,03±0,11

SNP and L-Arg revealed different effects on TBARS level in blood serum two hours after hemin chloride injection. Pretreatment by L-Arg prevented TBARS accumulation induced by hemin while SNP did not affect this parameter. The antioxidant and antiradical properties of L-Arg were shown in model systems both *in vitro* and *in vivo* wherein L-Arg was able to limit superoxide formation and lipid peroxidation (Milutina et al., 1990). On the other hand, L-Arg can be utilized for synthesis of NO that has dual antioxidant role. Firstly, it promotes the formation of heme-nitrosyl complexes (NO-Fe-protoporphyrin IX) that restricts prooxidant effects of heme (Osipov et al., 2007) and secondly, it can break free radical chain reactions through direct interaction with alkoxyl and peroxy radicals (Chamulitrat, 1998). In contrast to L-Arg SNP is known as prooxidant (Nazari et al., 2012) and the increased TBARS level found in blood 24 hours after only SNP injection (Table 1) is consistent with this data. L-arginine by itself didn't cause the accumulation of TBARS at both periods.

The TBARS level in serum was greatly increased 24 hrs after hemin chloride injection (140–158 % of control) independently of the presence of NO donors. High level of TBARS under normal level of heme-containing compounds in serum at this time can make evidence on heme binding with blood or endothelial cells first hours after action that intensified lipid peroxidation (Balla et al., 1993).

Hemin caused significant increase in TDO holoenzyme activity in rat liver two hours after injection (Table 2), which was not prevented by NO donors. The most pronounced raise of this parameter (350% of control level) was revealed under hemin and SNP co-treatment.

It should be noted that 2 hrs after injection (Table 2) SNP by itself increased not only holoenzyme TDO activity (177% of control) similar to action of hemin but also increased total (153%) TDO activity. The raise of total TDO activity might be due to apoenzyme stabilization by heme and/or activation of apoenzyme synthesis *de novo* at transcription level under glucocorticoid action (Badawy, 2017).

Table 2.
The holoenzyme and total enzyme activity of TDO in rat liver after hemin chloride and NO donors injection (nmol kynurenine/h per mg protein; M±m, n=5–6, *p<0.05 versus control values)

Experimental group	TDO holoenzyme activity		TDO total activity	
	2 hrs	24 hrs	2 hrs	24 hrs
Control	6,33±1,17	6,78±1,41	20,36±1,51	21,52±4,16
Hemin	16,95±2,62*	2,81±0,79*	21,90±2,83	15,39±3,46
SNP+Hemin	20,55±2,16*	5,17±1,16	24,34±1,79	29,62±4,85
L-Arg+Hemin	13,67±2,58*	3,88±0,35	19,80±2,70	19,15±4,41
SNP	11,02±0,84*	3,43±0,65	31,90±2,45*	19,13±4,23
L-Arg	7,06±0,71	7,80±1,62	18,74±1,99	16,06±4,68

24 hrs after hemin treatment TDO holoenzyme activity sharply decreased to 41% of control level that was prevented by NO donors. Total TDO activity was at the control level 2 hrs and 24 hrs after hemin chloride injection independently of pretreatment by NO donors (Table 2).

The free heme level in rat liver can be evaluated by the tryptophan-2,3-dioxygenase apoprotein heme saturation. This parameter was increased 2.3 times two hours after hemin action from 33% to almost 77% that made evidence on free heme accumulation in cytosolic fraction of rat liver (Table 3). The early raise of TDO heme saturation was not prevented by NO donors.

The decrease in TDO heme saturation 24 hrs after hemin action (59% of control) accompanied by the decrease in holoenzyme activity but not by apoenzyme induction or stabilization (Table 3) was the sign of heme deficiency (Badawy, 2017). Such changes could be the result of the inhibition of heme synthesis and induction of heme degradation (Kaliman et al., 1989). Both SNP and L-Arg prevented the decrease in TDO heme saturation 24 hrs after hemin treatment. Changes in free heme level were not followed by alterations of TBARS level in rat liver (Table 3). In spite of SNP effect on TDO activity, TDO heme saturation didn't change after SNP action (Table 3).

Table 3.
The heme saturation of TDO and TBARS content of rat liver after hemin chloride and NO donors injection (M±m, n=5–6, *p<0.05 versus control values)

Experimental group	TDO heme saturation, %		TBARS content, nmol MDA/mg of protein	
	2 hrs	24 hrs	2 hrs	24 hrs
Control	33,27±4,35	30,64±2,30	0,90±0,14	0,90±0,14
Hemin	76,60±5,96*	17,95±0,93*	1,00±0,19	0,84±0,05
SNP+Hemin	89,64±2,54*	34,21±7,08	0,91±0,20	0,71±0,18
L-Arg+Hemin	66,64±9,58*	32,50±9,43	0,91±0,09	0,70±0,15
SNP	42,38±10,04	20,65±5,63	0,60±0,09	0,71±0,08
L-Arg	39,45±4,96	47,95±12,95	0,82±0,10	0,69±0,07

It is known that hepatocytes have receptor-mediated mechanism for capture of extracellular heme complexed with hemopexin with its further transport by intracellular heme-binding proteins to endoplasmic reticulum for degradation in heme oxygenase reaction (Smith, Morgan, 1985). Specific protein-mediated heme traffic into hepatocytes does not cause the activation of free radical processes (Eskew et al., 1999). Overloading of this system could result in non-specific heme transport into hepatocytes, increase in free heme pool in membranes and cytosol with promotion of lipid peroxidation (Balla et al., 1993). The accumulation of heme-containing products in serum and free heme in liver revealed first hours after hemin chloride injection (Table 1) was not accompanied by increase in TBARS content in liver (Table 3). So we can suppose the maintenance of capacity of heme-binding systems in blood plasma after this dose of hemin.

The activity of the key enzymes of heme metabolism in liver was revealed to be differently affected by NO-donors (Table 4). ALAS activity altered in two-phase manner with decrease to 50% of control level 2 hrs after hemin chloride injection and the increase to 230% 24 hrs after treatment. According to our previous data, the activity of ALAS was decreased for at least 6 hrs while the raise of ALAS activity was firstly observed 18 hrs after administration of hemin chloride in dose of 15 mg/kg b.w. (Kaliman et al., 1989). Such kind of ALAS dynamics is due to free heme level oscillations in liver cells (Braidotti et al., 1993). The accumulation of free heme is known to inhibit ALAS synthesis at transcriptional and translational levels, to destabilize ALAS mRNA and to inhibit ALAS precursor transport into mitochondria (Furuyama et al., 2007). The exhaustion of free heme pool on the contrary causes the activation of ALAS synthesis.

The decrease in ALAS activity by hemin 2 hrs after injection was prevented under co-treatment with SNP but not with L-Arg. It should be noted that SNP by itself caused the decrease in ALAS activity (to 56% of control). The similar inhibition of erythroid-specific ALAS2 in murine reticulocytes under SNP action was shown by Mickael with co-authors (Mikhael et al., 2013). Both NO donors blocked the increase in ALAS activity in the second phase of hemin action that could be due to relatively high heme concentration in liver cells according to TDO heme saturation (Table 3).

HO activity increased to 215% of control level 24 hrs after hemin chloride injection (Table 4). Liver cells have two isozymes of HO, inducible HO-1 and constitutive HO-2. Heme oxygenase-1 gene expression is known to be induced through heme responsive transcription factors under various stress and pathological conditions accompanied by free heme accumulation (Furuyama et al., 2007). The raise of inducible HO-1 activity may lead not only to degradation of excessive free heme but also to less availability of heme for synthesis of hemoproteins such as microsomal cytochrome P450 (Kaliman et al., 1989).

Table 4.

The activities of ALAS and heme oxygenase (HO) in rat liver after hemin chloride and NO donors injection (M±m, n=5–6, *p<0.05 versus control values)

Experimental group	ALAS activity, nmol 5-ALA/h per mg protein		HO activity, nmol bilirubin/min per mg protein	
	2 hrs	24 hrs	2 hrs	24 hrs
Control	0,050±0,007	0,050±0,007	0,032±0,005	0,034±0,004
Hemin	0,025±0,007*	0,115±0,021*	0,030±0,003	0,073±0,008*
SNP+Hemin	0,034±0,011	0,057±0,013	0,028±0,001	0,073±0,004*
L-Arg+Hemin	0,025±0,006*	0,039±0,010	0,024±0,002	0,061±0,004*
SNP	0,028±0,004*	0,058±0,012	0,029±0,004	0,041±0,005
L-Arg	0,043±0,004	0,030±0,006	0,026±0,001	0,035±0,002

Hemin and NO donors, including SNP, are known to synergistically stimulate HO-1, thereby they strengthen intracellular heme accumulation (Foresti et al., 2003). Basing on this data we expected the activation of heme transfer from blood to liver and HO induction under co-treatment by hemin and NO-donors. Nevertheless, no significant difference was revealed in free heme level and the degree of HO-activity increase in liver between only hemin action and its co-action with NO-donors.

NO is known to have various effects on HO activity. NO was shown to activate HO-1 expression in rat aortic smooth muscle cells, to increase both HO-1 mRNA stability in human fibroblast cells (Wu, Wang, 2005) and HO-1 induction by heme in endothelial cells (Foresti et al., 2003). Peroxynitrite that is one of NO metabolites is the inhibitor of HO activity through the nitration of tyrosine residues in HO-1 and cysteine residues in HO-2 (Kinobe et al., 2004). The inhibitory effect of NO on heme oxygenase was also shown under action of NOS inhibitors (Mayer et al., 2003). In our experiments NO donors affected neither the basal level of HO activity nor the induction of HO by hemin (Table 4).

To sum up, hemin chloride *in vivo* (15 mg/kg b.w.) caused the significant increase in both heme-containing products and TBARS levels in blood serum two hours after injection. Heme income from blood replenished the free heme pool in liver that was confirmed by the inhibition of ALAS activity and by the increase in TDO holoenzyme activity as well as TDO heme saturation first hours after hemin chloride injection. No activation of free radical processes in liver testified that heme transport from blood to liver for degradation was performed by the help of specific transporters. 24 hrs after hemin chloride injection heme content in serum was normalized while TBARS level in serum was still higher than in control. The raise of HO activity in liver at this period could cause the fall of free heme level revealed by the decrease in TDO holoenzyme activity and heme saturation as well as the increase in ALAS activity.

Both NO donors were unable to prevent the accumulation of heme in serum and liver 2 hrs and the activation of lipid peroxidation in serum 24 hrs after hemin chloride injection. Nevertheless ALAS activity was not inhibited after co-treatment by hemin with SNP while only hemin as well as only SNP decreased its activity. SNP by itself did not cause heme accumulation in serum but increased TDO holoenzyme activity 2 hrs after injection.

Possible source for excessive heme that affected both ALAS and TDO could be the inhibition of heme degradation due to heme nitrosylation under NO release from SNP as direct NO donor (Wang et al., 2003). L-Arg but not SNP was effective in prevention of TBARS accumulation in serum 2 hrs after hemin action.

SNP delayed the normalization of heme level and did not protect from activation of lipid peroxidation in serum first hours after hemin chloride injection. Ability of SNP alone to cause TBARS accumulation in serum and to affect TDO and ALAS activities in liver makes it less safe towards cellular

metabolism than L-Arg. Thus direct NO donor SNP and L-Arg that is the substrate of NOS and has antioxidant properties (Milutina et al., 1990) revealed different effects on prooxidant indexes in blood and heme metabolism in liver.

Heme content in serum revealed strong positive correlation with TDO holoenzyme activity ($r=0.83$; $p=0.002$) or TDO heme saturation in liver ($r=0.79$; $p=0.004$) but no significant correlation with TBARS level in serum. ALAS activity negatively correlated with TDO heme saturation ($r=-0.61$; $p=0.045$). These data confirm the dependence of ALAS activity on heme level as well as the role of blood heme as potential source for free heme pool in liver. While lipid peroxidation in serum was not directly dependent on heme level under investigated dose of hemin.

Intracellular heme concentration is known to be strictly controlled at the levels of its synthesis, degradation, transport and incorporation into hemoproteins (Furuyama et al., 2007). The imbalance of these processes leads to oscillations of free heme pool whose increase under NO accumulation could cause heme nitrosylation. Heme-nitrosyl complexes formed under high NO concentration were shown to reversibly inhibit heme oxygenase that resulted in the decrease in the level of end product of heme degradation, bilirubin (Wang et al., 2003). In the experiments with glycerol model of rhabdomyolysis we also showed the decrease in bilirubin level in blood and the accumulation of heme in tissues caused by L-Arg injection (Nikitchenko et al., 2011).

Under hemin treatment both NO donors did not affect heme accumulation in liver first hours but prevented the decrease in heme level 24 hrs after injection. The absence of ALAS induction 24 hrs after co-action of hemin and NO-donors was accompanied by the maintenance of TDO holoenzyme activity and heme saturation at control level unlike after only hemin action. It should be noted that HO activity was two-fold increased at this period of time but this did not lead to the lack of heme for TDO. Thus, both SNP and L-Arg prevented a decrease in free heme level in liver, which might be due to its nitrosylation in the presence of NO donors and, as a result, slower degradation in the heme oxygenase reaction.

The ability of both NO donors to affect *in vivo* free heme level and key enzymes of heme metabolism in liver has to be taken into account under NO therapy of pathological states accompanied by increased hemolysis and hemoproteins degradation.

References

- Ayer A., Zarjou A., Agarwal A., Stocker R. Heme oxygenases in cardiovascular health and disease // *Physiol Rev.* – 2016. – Vol.96, no. 4. – P.1449–1508.
- Badawy A.A. Kynurenine pathway of tryptophan metabolism: regulatory and functional aspects // *Int. J. Tryptophan Res.* – 2017. – Vol.10. – P. 1–20.
- Badawy A.A.-B., Evans M. The effects of chemical porphyrins and drugs on the activity of rat liver tryptophan pyrrolase // *Biochem. J.* – 1973. – Vol.136, no. 4. – P. 885–892.
- Balla J., Jacob H.S., Balla G. et al. Endothelial-cell heme uptake from heme proteins: induction of sensitization and desensitization to oxidant damage // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1993. – Vol.90, no. 20. – P. 9285–9289.
- Bloodsworth A., O'Donnell V.B., Freeman B.A. Nitric oxide regulation of free radical- and enzyme-mediated lipid and lipoprotein oxidation // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* – 2000. – Vol.20, no. 7. – P.1707–1715.
- Braidotti G., Bortwick I.A., May B.K. Identification of regulatory sequences in the gene for 5-aminolevulinic synthase from rat // *J. Biol. Chem.* – 1993. – Vol.268. – P. 1109–1117.
- Cavicchi M., Gibbs L., Whittle J.R. Inhibition of inducible nitric oxide synthase in the human intestinal epithelial cell line, DLD-1, by the inducers of heme oxygenase 1, bismuth salts, heme, and nitric oxide donors // *Gut.* – 2000. – Vol.47. – P. 771–778.
- Chamulitrat W. Nitric oxide inhibited peroxy and alkoxy radical formation with concomitant protection against oxidant injury in intestinal epithelial cells // *Arch. Biochem. Biophys.* – 1998. – Vol.355, no. 2. – P. 206–214.
- Ding Y., McCoubrey W. K., Maines M.D. Interaction of heme oxygenase-2 with nitric oxide donors: is the oxygenase an intracellular 'sink' for NO? // *Eur. J. Biochem.* – 1999. – Vol.264, no. 3. – P. 854–861.
- Eskew J.D., Vanacore R.M., Sung L. et al. Cellular protection mechanisms against extracellular heme. Heme-hemopexin, but not free heme, activates the N-terminal c-jun kinase // *J. Biol. Chem.* – 1999. – Vol.274, no. 2. – P. 638–648.
- Foresti R., Hoque M., Bains S. et al. Haem and nitric oxide: synergism in the modulation of the endothelial haem oxygenase-1 pathway // *Biochem. J.* – 2003. – Vol.372. – P. 381–390.

- Furuyama K., Kaneko K., Vargas P.D. Heme as a magnificent molecule with multiple missions: heme determines its own fate and governs cellular homeostasis // *Tohoku J. Exp. Med.* – 2007. – Vol. 213, no. 1. – P. 1–16.
- Hrkal Z., Muller-Eberhard U. Partial characterization of heme-binding serum glycoproteins rabbit and human hemopexin // *Biochemistry.* – 1971. – Vol.10. – P. 1746–1750.
- Kaliman P.A., Nikitchenko I.V., Manandkhar S.P. The role of heme in the regulation of tryptophan-2,3-dioxygenase activity and cytochrome P-450 content in rat liver // *Biochemistry (Moscow).* – 1989. – Vol.54, no. 10. – P. 1719–1723.
- Kinobe R., Yanbin J.I., Nakatsu K. Peroxynitrite-mediated inactivation of heme oxygenases // *BMC Pharmacol.* – 2004. – Vol.4. – P.26.
- Kumar S., Bandyopadhyay U. Free heme toxicity and its detoxification systems in human // *Toxicol. Lett.* 2005. – Vol.157, no. 3. – P. 175–188.
- Marver H.S., Collins A., Thshudi D.R. Aminolevulinic acid synthetase. I. Studies in liver homogenate // *J. Biol. Chem.* – 1966. – Vol.241, no. 19. – P. 4323–4329.
- Mayer R.D., Wang X., Maines M.D. Nitric oxide inhibitor N^ω-Nitro-L-arginine methyl ester potentiates induction of heme oxygenase-1 in kidney ischemia/reperfusion model: a novel mechanism for regulation of the oxygenase // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* – 2003. – Vol.306, no. 1. – P. 43–50.
- Mikhael M.R., Roshan T., Soe-Lin S. et al. Nitrogen monoxide inhibits haem synthesis in mouse reticulocytes // *Biochem J.* – 2013. – Vol.451, no. 1. – P. 61–67.
- Miller G.L. Protein determination for large numbers of samples // *Anal. Chem.* – 1959. – Vol.31, no. 5. – P. 964–966.
- Milutina N.P., Ananyan A.A., Shugaley V.S. Antiradical and antioxidant effect of arginine and its influence on lipid peroxidation under hypoxia // *Bul. Exp. Biol. Med.* – 1990. – Vol.110, no. 9. – P. 263–265. (in Russian)
- Nazari Q.A., Mizuno K., Kume T. et al. In vivo brain oxidative stress model induced by microinjection of sodium nitroprusside in mice // *J. Pharmacol. Sci.* – 2012. – Vol.120, no. 2. – P. 105–111.
- Nikitchenko I.V., Filimonenko V.P., Kaliman P.A. Effect of L-arginine on some parameters of heme metabolism in rats under experimental rhabdomyolysis // *Materials of VII International science-technical conference «Modern aspects of biological physics and chemistry».* – Sevastopol: SevSTU, 2011. – P. 297–299. (in Russian)
- Ohkawa H., Ohahi N., Jadi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction // *Anal. Biochem.* – 1979. – Vol.95, no. 2. – P.351–358.
- Osipov A.N., Borisenko G.G., Vladimirov Yu.A. Biological role of nitrosyl complexes of hemoproteins // *Usp. Biol. Chim.* – 2007. – Vol.47. – P. 259–292. (in Russian)
- Ponka P. Tissue-specific regulation of iron metabolism and heme synthesis: distinct control mechanisms in erythroid cells // *Blood.* – 1997. – Vol.89, no. 1. – P. 1–25.
- Sardana M.K., Sassa S., Kappas A. Hormonal regulation of heme oxygenase induction in avian hepatocyte culture // *Biochem. Pharmacol.* – 1985. – Vol.34, no. 16. – P. 2937–2944.
- Smith A., Morgan W.T. Hemopexin-mediated heme transport to the liver. Evidence for a heme-binding protein in liver plasma membranes // *J. Biol. Chem.* – 1985. – Vol.260, no. 14. – P. 8325–8329.
- Treuer A.V., Gonzalez D.R. Nitric oxide synthases, S-nitrosylation and cardiovascular health: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities // *Mol. Med. Rep.* – 2015. – Vol.11, no. 3. – P.1555–1565.
- Wang J., Lu S., Moëne-Loccoz P., Ortiz de Montellano P.R. Interaction of nitric oxide with human heme oxygenase-1 // *J. Biol. Chem.* – 2003. – Vol.278, no. 4. – P. 2341–2347.
- Wu L., Wang R. Carbon monoxide: endogenous production, physiological functions, and pharmacological applications // *Pharmacol. Rev.* – 2005. – Vol.57. – P. 585–630.
- Yi L., Ragsdale S.W. Evidence that the heme regulatory motifs in heme oxygenase-2 serve as a thiol/disulfide redox switch regulating heme binding // *J. Biol. Chem.* – 2007. – Vol.282, no. 29. – P. 21056–21067.

Представлено: Н.І.Горбенко / Presented by: N.I.Gorbenko

Рецензент: Є.Є.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 10.10.2018

About the authors: I.V.Nikitchenko – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, irina.v.nikitchenko@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5858-3382>

T.V.Barannik – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, tbarannik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-8123-3871>

O.V.Pavychenko – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, olga.pavichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1396-790X>

Про авторів: І.В.Нікітченко – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, irina.v.nikitchenko@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5858-3382>

Т.В.Бараннік – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, tbarannik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-8123-3871>

О.В.Павиченко – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, olga.pavichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1396-790X>

Об авторах: И.В.Никитченко – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, irina.v.nikitchenko@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5858-3382>

Т.В.Баранник – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, tbarannik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-8123-3871>

О.В.Павиченко – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, olga.pavichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1396-790X>

УДК: 594: 094.3(262.5)

Загальна антиоксидантна активність при алотрансплантації ембріональної м'язової тканини у щурів

О.В.Николаева, С.А.Петров

Алотрансплантація ембріональної тканини є одним з актуальних напрямків в сучасній теоретичній та медичній біохімії, який розробляється для стимуляції та відновлення функцій організму. Алотрансплантацію ембріональної тканини розглядають як можливу альтернативу традиційним, консервативним методам лікування, а також як методологічну основу експериментальних розробок. Метою роботи було дослідити вплив алотрансплантації ембріональної стегнової м'язової тканини на загальну антиоксидантну активність. Для алотрансплантації ембріональних м'язових тканин використовували ембріонів строком 2–3 тижні. Під ефірним наркозом в асептичних умовах тварину фіксували до хірургічної дошки у положенні лежачи на спині, операційне поле виголювали та тричі обробляли антисептиком. Розріз проводили по внутрішній середній третині стегна. У ембріонів вилучали стегнову м'язову тканину, яку фіксували лігатурою до стегна дорослого щура. Рану пошарово зашивали щільно вузловим швом. Використану алотрансплантацію проводили згідно з хірургічними правилами операцій на м'язах. Досліджувані показники визначались на першу, третю та сьому добу після операційного втручання в тканині донора і реципієнта. Підсадку сформованої тканини та удавану операцію проводили для того, щоб виключити дію як самої операції, так і ефекту підсадки тканини, і виявити дію ембріональної тканини на сформовану. Кожен показник ми досліджували не тільки при підсадці ембріональної тканини, але й при удаваній операції та підсадці сформованої тканини до сформованої та порівнювали аналогічні показники при всіх цих трьох видах втручання. Встановлені зміни ЗАА на третю добу дослідження алотрансплантації стегнової м'язової тканини ембріона свідчать про достовірне зниження загальної антиоксидантної активності в тканині реципієнта, що може бути пов'язане зі зривом антиоксидантного захисту, який характеризується розвитком вільнорадикальних пошкоджень різних компонентів клітини і тканин, що і є синдромом пероксидації, але на сьому добу антиоксидантні системи відновлюються.

Ключові слова: алотрансплантація, м'язова тканина, ембріональна тканина, загальна антиоксидантна активність.

General antioxidant activity at the allotransplantation of embryonal muscle tissue in rats

O.V.Nikolaeva, S.A.Petrov

Allotransplantation of embryonal tissue is one of the actual directions in modern theoretical and medical biochemistry which is developed for stimulation and restoration of functions of the organism. Allotransplantation of the embryonal tissue is considered as possible alternative to traditional conservative methods of treatment, and also as methodological basis of experimental development. The purpose of the work was to investigate the effect of allotransplantation of the embryonic femoral muscle tissue on the general antioxidant activity. For allotransplantation of the embryonal muscle tissue 2–3 weeks' embryos were used. Under ether anesthesia in aseptic conditions the animal was fixed on surgical board in dorsal decubitus, the surgery field was shaved and processed by antiseptic agent three times. The section was carried out on internal average third of hip. Femoral muscle tissue was taken from embryos and then fixed by ligature to the hip of adult rat. The wound was sewn up layer-by-layer with densely noose suture. Used allotransplantation was carried out according to surgical rules of operations on muscles. The studied indicators were determined on the first, third and seventh days after the operative intervention in donor and recipient tissues. The implantation of the formed tissue and the false operation were performed in order to rule out the effect of both the operation itself and the effect of tissue implantation, in order to detect the effect of embryonic tissue on the formed. We examined each indicator not only when implanting the embryonic tissue, but also with the false operation and implantation of the formed tissue to the formed one, and compared the indices for all these three types of intervention. The established changes in the general antioxidant activity for the third day of the study of allotransplantation of the femoral muscle tissue of the embryo indicate a significant decrease in the overall antioxidant activity in the recipient's tissue, which may be due to the breakdown of antioxidant defense, characterized by the development of free radical damage to various components of the cell and tissues, which is a syndrome of peroxidation, but by the seventh day the antioxidant systems are restored.

Key words: allotransplantation, muscle tissue, embryonal tissue, general antioxidant activity.

Общая антиоксидантная активность при аллотрансплантации эмбриональной мышечной ткани у крыс

Е.В.Николаева, С.А.Петров

Аллотрансплантация эмбриональной ткани является одним из актуальных направлений в современной теоретической и медицинской биохимии, которое разрабатывается для стимуляции и восстановления функций организма. Аллотрансплантация эмбриональной ткани рассматривается как возможная альтернатива традиционных консервативных методов лечения, а также в качестве методологической основы экспериментальных разработок. Целью работы было исследовать влияние аллотрансплантации эмбриональной бедренной мышечной ткани на общую антиоксидантную активность. Для аллотрансплантации эмбриональных мышечных тканей использовали эмбрионов сроком 2–3 недели. Под эфирным наркозом в асептических условиях животное фиксировали к хирургической доске в положении лежа на спине, операционное поле выбривали и трижды обрабатывали антисептиком. Разрез проводили по внутренней средней трети бедра. У эмбрионов изымали бедренную мышечную ткань, которую фиксировали лигатурой к бедру взрослой крысы. Рану послойно зашивали плотно узловым швом. Описанную аллотрансплантацию проводили согласно с хирургическими правилами операций на мышцах. Исследуемые показатели определялись на первые, третьи и седьмые сутки после оперативного вмешательства в ткани донора и реципиента. Подсадку сформированной ткани и ложную операцию проводили для того, чтобы исключить действие как самой операции, так и эффекта подсадки ткани, для того чтобы выявить действие эмбриональной ткани на сформированную. Каждый показатель мы исследовали не только при подсадке эмбриональной ткани, но и при ложной операции и подсадке сформированной ткани к сформированной, и сравнивали исследуемый показатель при всех этих трех видах вмешательства. Установленные изменения общей антиоксидантной активности на третьи сутки исследования после аллотрансплантации бедренной мышечной ткани эмбриона свидетельствуют о достоверном снижении общей антиоксидантной активности в ткани реципиента, что может быть связано со срывом антиоксидантной защиты, характеризующимся развитием свободнорадикальных повреждений различных компонентов клетки и тканей, что и является синдромом перекисидации, но к седьмым суткам антиоксидантные системы восстанавливаются.

Ключевые слова: аллотрансплантация, мышечная ткань, эмбриональная ткань, общая антиоксидантная активность.

Вступ

Терапія за допомогою ембріональних тканин включає в себе специфічні та неспецифічні механізми, які ґрунтуються на модуляції процесів регенерації, репарації, проліферації та диференціювання і реалізуються на генетичному та епігеномному рівнях. Розкриття цих механізмів може бути вирішальною умовою для розробки нових методів терапії патологічних станів, пов'язаних із порушенням морфогенезу і, насамперед, онкологічних захворювань (Репин, 1996). Алотрансплантація ембріональної тканини є одним з актуальних напрямків в сучасній теоретичній та медичній біохімії, який розробляється для стимуляції та відновлення функцій організму (Шумаков и др., 2002). Алотрансплантацію ембріональної тканини розглядають як можливу альтернативу традиційним, консервативним методам лікування, а також як методологічну основу експериментальних розробок (Станков и др., 2003). Оксидативний стрес виникає внаслідок надмірного надходження в організм активних форм кисню (Почерняева и др., 2005; Овсянникова та ін., 2007). При цьому розвивається комплекс неспецифічних змін метаболізму. Окислювальний стрес є важливим модулятором регенерації скелетних м'язів після травми. Делікатний баланс між експресією активних форм кисню та експресією й активністю антиоксидантних ферментів відіграє важливу роль в підтримці м'язового гомеостазу. Вважається, що антиоксидантні ферменти беруть участь в регуляції фіброзу скелетних м'язів. Передбачається, що посилений окислювальний стрес є основним механізмом ушкодження м'язів. Профілактика окислювального стресу розглядається як мета для терапевтичного лікування м'язової дистрофії. Проте через складність вивчення ролі окислювального стресу в підтримці м'язового гомеостазу ще багато питань потребують подальшого дослідження, щоб пояснити точну роль окислювального стресу в м'язовій регенерації (Kozakowska et al., 2015).

Мета дослідження – визначити загальну антиоксидантну активність (ЗАА) при алотрансплантації ембріональної м'язової тканини у щурів.

Матеріали та методи досліджень

Для алотрансплантації ембріональних м'язових тканин використовували ембріонів строком 2–3 тижні. Під ефірним наркозом в асептичних умовах тварину фіксували до хірургічної дошки у положенні лежачи на спині, операційне поле виголювали та тричі обробляли антисептиком (йодобак). Розріз проводили по внутрішній середній третині стегна. У ембріонів вилучали стегову м'язову тканину, яку фіксували лігатурою до стегна дорослого щура. Рану пошарово зашивали щільно вузловим швом (Лебедева и др., 2014; Тесевич, Барьяш, 2010). Використану алотрансплантацію проводили згідно з хірургічними правилами операцій на м'язах (Литтманн, 1985). Трансплантацію м'язової тканини, взятої у тварин з одного посліду, проводили по такій самій схемі, як і алотрансплантацію. Донором стегової та черевної м'язової тканини слугували щури-самці з одного посліду.

Удавану операцію проводили для порівняння впливу хірургічного втручання на досліджувані показники. Контролем слугувала м'язова тканина щура, яка не підлягала хірургічним втручанням.

Ми використовували ці методичні прийоми для того, щоб виключити дію як самої операції, так і ефекту підсадки тканини, для того щоб виявити дію ембріональної тканини на сформовану. Тому кожен показник досліджували не тільки при підсадці ембріональної тканини, але й при удаваній операції та підсадці сформованої тканини до сформованої та порівнювали аналогічні показники при всіх цих трьох видах втручання. У роботі строго дотримувались етичних принципів проведення експериментальних досліджень з урахуванням положень Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1998) та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Тварин виводили з експерименту шляхом пропускання електричного струму через довгастий мозок. Досліджувані показники визначали на першу, третю та сьому добу після операційного втручання в тканині донора і реципієнта. ЗАА визначали за методом, який заснований на визначенні малонового діальдегіду, як продукту окислення твіну-80 при інгібуванні аскорбатом. Проводили статистичний аналіз отриманих даних за Стьюдентом.

Результати та обговорення

З табл. 1 видно, що удавана операція призводить до збільшення загальної антиоксидантної активності в досліджуваних тканинах в ранні строки дослідження відносно контролю. На сьому добу дослідження загальна антиоксидантна активність перевищувала контрольний показник, але відмінності не є статистично значущими. Можна припустити, що удавана операція призводить до підвищення антиоксидантного статусу в тканинах.

Таблиця 1.

Визначення ЗАА при удаваній операції, $M \pm m$ (ммоль МДА/г тканини)

Доба	Тканина	Стегова м'язова тканина дорослого щура
Контроль (без підсадки)		$0,15 \pm 0,02$
1 доба		$0,30 \pm 0,01^*$, $p < 0,01$
3 доба		$0,33 \pm 0,02^*$, $p < 0,01$
7 доба		$0,19 \pm 0,01$, $p > 0,05$

Примітка: *статистично значуще відносно контролю.

В наступній серії досліджень ми визначали загальну антиоксидантну активність в стеговій м'язовій тканині при трансплантації м'язової тканини, взятої у щурів з одного посліду, на першу, третю та сьому добу дослідження.

Загальна антиоксидантна активність при трансплантації стегової та черевної м'язових тканин, взятих у щурів з одного посліду, збільшується як в тканинах донора, так і в тканинах реципієнта, що свідчить про появу токсичних сполук кисню в тканинах та активне включення антиоксидантного захисту клітин (табл. 2). Передбачається, що посилений окислювальний стрес є основним механізмом ушкодження м'язів. В якості маркера захворювання можна використати підвищену експресію антиоксидантних ферментів (Saclier et al., 2013; Singh et al., 2014).

Таблиця 2.

Визначення ЗАА при трансплантації м'язової тканини, взятої у щурів з одного посліду, $M \pm m$ (ммоль МДА/г тканини)

Доба \ Тканина	Стегнова м'язова тканина реципієнта	Стегнова м'язова тканина донора
Контроль (без підсадки)	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,02
1 доба	0,22 ± 0,01*, $p < 0,05$	0,23 ± 0,01*, $p < 0,01$
3 доба	0,17 ± 0,02	0,27 ± 0,02*, $p < 0,01$
7 доба	0,33 ± 0,01*, $p < 0,01$	0,31 ± 0,01*, $p < 0,01$

Примітка: *статистично значуще відносно контролю.

В стегновій м'язовій тканині дорослого щура ЗАА майже в 2 рази перевищує її активність в стегновій м'язовій тканині ембріона (табл. 3), алотрансплантація стегнової м'язової тканини ембріона призвела до зниження ЗАА на третю добу дослідження відносно контролю (в 2 рази). В стегновій м'язовій тканині ембріона ЗАА збільшується на сьому добу дослідження відносно контролю (в 3 рази). При порівнянні ЗАА між стегновими м'язовими тканинами донора та реципієнта, можна відмітити, що на сьому добу дослідження ЗАА донора в 2,5 рази перевищує її активність в тканині реципієнта.

Таблиця 3.

Визначення ЗАА при алотрансплантації ембріональної м'язової тканини, $M \pm m$ (ммоль МДА/г тканини)

Доба \ Тканина	Стегнова м'язова тканина дорослого щура (реципієнт)	Стегнова м'язова тканина ембріона (донор)
Контроль (без підсадки)	0,15 ± 0,02**, $p < 0,05$	0,08 ± 0,02
1 доба	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,01
3 доба	0,07 ± 0,01*, $p < 0,05$	0,06 ± 0,01
7 доба	0,10 ± 0,03**, $p < 0,1$	0,25 ± 0,03*, $p < 0,01$

Примітка: *статистично значуще відносно контролю; **статистично значуще при порівнянні м'язових тканин дорослого щура та ембріона.

Профілактика окислювального стресу розглядається як мета для терапевтичного лікування м'язової дистрофії. Причетність окислювального стресу до м'язового гомеостазу потребує подальшого дослідження, щоб пояснити точну роль окислювального стресу в м'язовій регенерації (Gierer et al., 2010; Ghaly, Marsh, 2010).

Таким чином, на першу добу дослідження алотрансплантація стегнової м'язової тканини ембріона не призводить до достовірних змін загальної антиоксидантної активності в тканині реципієнта, тим саме залишає її приблизно на рівні контрольних значень (рис. 1). На третю добу дослідження алотрансплантація стегнової м'язової тканини ембріона призводить до достовірного зниження загальної антиоксидантної активності в тканині реципієнта, що може свідчити про зрив антиоксидантного захисту, який характеризується розвитком вільнорадикальних пошкоджень різних компонентів клітини і тканин, що складають синдром пероксидації, та включає наступні зміни: пошкодження мембран; інактивацію або трансформацію ферментів; пригнічення поділу клітин; накопичення в клітині інертних продуктів полімеризації. На сьому добу дослідження алотрансплантація стегнової м'язової тканини ембріона призвела до стабілізації загальної антиоксидантної активності, залишаючи її в межах контрольних значень.

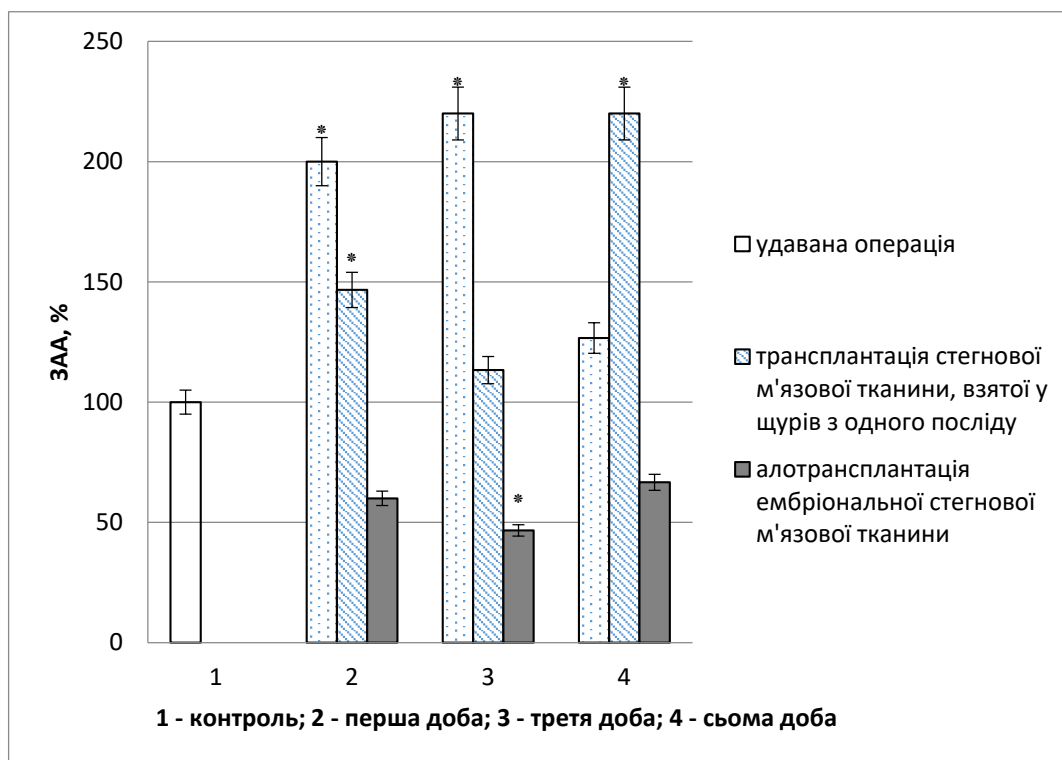


Рис. 1. Динаміка загальної антиоксидантної активності (%) в стегновій м'язовій тканині дорослого щура, після хірургічних втручань

Примітка: * $p < 0,05$ – статистично значуще відносно контролю.

Висновки

Встановлені зміни загальної антиоксидантної активності на третю добу дослідження алотрансплантації стегнової м'язової тканини ембріона свідчать про достовірне зниження загальної антиоксидантної активності в тканині реципієнта, що може бути пов'язане зі зривом антиоксидантного захисту, який характеризується розвитком вільнорадикальних пошкоджень різних компонентів клітини і тканин, що і є синдромом пероксидації, але на 7 добу антиоксидантні системи відновлюються.

Список літератури / References

- Лебедева А.И., Муслимов С.А., Мусина Л.А., Щербаков Д.А. Регенерация скелетной мышечной ткани экспериментальных животных, индуцированная биоматериалом Аллоплант // International Journal of Experimental Education. – 2014. – С. 68–71. /Lebedeva A.I., Muslimov S.A., Mussina L.A., Shcherbakov D. A. Regeneration of skeletal muscle tissue of experimental animals induced by biomaterial Alloplant // International Journal of Experimental Education. – 2014. – No. 3. – P. 68–71./
- Литтманн И. Оперативная хирургия. – Будапешт: Издательство академии наук Венгрии, 1985. – С. 1055–1056. /Littmann I. Operative surgery. – Budapest: Publishing house of the Academy of Sciences of Hungary, 1985. – P. 1055–1056./
- Овсянникова Л.М., Чумак А.А., Коваленко О.М. та ін. Антиоксидантна система, окисна модифікація білків і ліпідів в розвитку порушень життєдіяльності у віддаленому періоді після Чорнобильської аварії // Медичні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції. – К.: ДІА, 2007. – С. 422–436. /Ovsyannikova L.M., Chumak A.A., Kovalenko O. M. et al. Antioxidant system, oxidative modification of proteins and lipids in development of life activity disturbances in the remote period after Chernobyl accident // Medical effects of accident on Chernobyl nuclear power station. – Kyiv.: DIA, 2007. – P. 422–436./
- Почерняева В.Ф., Цебржинский О.И., Шиш Н.В. Определение источников активных форм кислорода // Буковинський медичний вісник. – 2005. – Т.9, №2. – С. 214–215. /Pochernyaeva V.F., Tsebrzhinsky O.I., Shish N.V. Definition of reactive oxygen species sources // Bukovinian Medical Herald Journal. – 2005. – Vol.9, no. 2. – P. 214–215./

- Репин В.С. Медицинская клеточная биология: новые фундаментальные и прикладные исследования // Трансплантация фетальных тканей и клеток человека. – М., 1996. – С. 19–27. /Repin V.S. Medical cell biology: new basic and applied researches // Transplantation of fetal tissues and human cells. – Moscow, 1996. – P. 19–27./
- Станков Д.С., Катунян П.И., Крашенинников Н.Е. Нейротрансплантация в лечении травмы спинного мозга // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2003. – №1. – С. 44–45. /Stankov D.S., Katunyan P.I., Krasheninnikov N.E. Neurotransplantation in treatment of spinal cord injury // Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs. – 2003. – No. 1. – P. 44–45./
- Тесевич Л.И., Барьяш В.В. Пластическое возмещение дефектов и деформаций челюстно-лицевой области свободной пересадкой тканей. – Минск: БГМУ, 2010. – 63с. /Tesevich L.I., Baryash V.V. Plastic compensation of defects and deformations of maxillofacial area by free tissue grafting. – Minsk: BSMU, 2010. – 63p./
- Шумаков В.И., Онищенко Н.А., Крашенинников Н.Е. Костный мозг как источник получения мезенхимальных клеток // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2002. – №4. – С. 3–6. /Shumakov V.I., Onishchenko N.A., Krasheninnikov N.E. Bone marrow as source for receiving mesenchymal cells // Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs. – 2002. – No. 4. – P. 3–6./
- Ghaly A., Marsh D.R. Aging-associated oxidative stress modulates the acute inflammatory response in skeletal muscle after contusion injury // Exp. Gerontol. – 2010. – Vol.45. – P. 381–388.
- Gierer P., Rother J., Mittlmeier T. et al. Ebselen reduces inflammation and microvascular perfusion failure after blunt skeletal muscle injury of the rat // J. Trauma. – 2010. – Vol.68. – P. 853–858.
- Kozakowska M., Pietraszek-Gremplewicz K., Jozkowicz A., Dulak J. The role of oxidative stress in skeletal muscle injury and regeneration: focus on antioxidant enzymes // J. Muscle Res. Cell Motil. – 2015. – Vol.36 (6). – P. 377–393.
- Saclier M., Cuvellier S., Magnan M. et al. Monocyte/macrophage interactions with myogenic precursor cells during skeletal muscle regeneration // FEBS J. – 2013. – Vol.280. – P. 4118–4130.
- Singh S., Canseco D.C., Manda S.M. et al. Cytoglobin modulates myogenic progenitor cell viability and muscle regeneration // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2014. – Vol.111. – P. 129–138.

Представлено: А.П.Левицький / Presented by: A.P.Levytsky

Рецензент: Є.Е.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 09.10.2018

About the authors: E.V.Nikolaeva – Odessa National Medical University, Valikhovsky Lane, 2, Odessa, Ukraine, 65028, evkulibaba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2098-816X>

S.A.Petrov – Odessa I.I.Mechnikov National University, Dvoryanskaya Str., 2, Odessa, Ukraine, 65082, serpet2015@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9390-4006>

Про авторів: О.В.Ніколаєва – Одеський національний медичний університет, Валіховський провулок, 2, Одеса, Україна, 65028, evkulibaba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2098-816X>

С.А.Петров – Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082, serpet2015@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9390-4006>

Об авторах: Е.В.Николаева – Одесский национальный медицинский университет, Валиховский переулок, 2, Одесса, Украина, 65028, evkulibaba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2098-816X>

С.А.Петров – Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, ул. Дворянская, 2, Одесса, Украина, 65082, serpet2015@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9390-4006>

••• БОТАНІКА ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН ••• ••• BOTANY AND PLANT ECOLOGY •••

УДК: 582.263+582.268/.271(285.3)(477.74-21)

Макрофітобентос штучних паркових водойм міста Одеси Ф.П.Ткаченко, М.В.Сидоренко

Комплексного еколого-флористичного дослідження водної рослинності штучних водойм паркових зон міста Одеса раніше не проводили. Тому метою цієї роботи було встановлення видового різноманіття макрофітів, їх систематичної структури та індикаторного значення в чотирьох водоймах парків міста. Всього ідентифіковано 21 вид макрофітів, з них водоростей-макрофітів 15 і водних судинних рослин 6. Основна частина виявлених видів водоростей-макрофітів належала до Chlorophyta (8), за ними йшли Charophyta (4). Ціанопросаргота були представлені 2 видами, а Ochrophyta (Xanthophyceae) – 1. У складі вищих водних рослин було виявлено 6 широко розповсюджених видів. На склад і розподіл макрофітів у досліджуваних водоймах вирішальний вплив мав рівень їх мінералізації, евтрофування і забруднення важкими металами. Підвищена концентрація органічного вуглецю зазначена у водоймах, де поряд з водною рослинністю присутні й водоплавні птахи. Найбільше флористичне розмаїття макрофітів нами відмічено у верхній водоймі парку «Дюківський» (17 видів). Це одна з найбільших штучних водойм міста. Характерною особливістю його рослинності є наявність тут великих за площею заростей харових водоростей з монодомінантом *Chara vulgaris*. Харові, як і інші водорості, очевидно, є тут основними постачальниками органічного вуглецю у водоймі ($C_{org}=1,38\%$). На другому місці за кількістю макрофітів (10) знаходилася нижня водойма цього парку. Вміст органічного вуглецю в ньому найбільший серед досліджених нами водойм ($C_{org}=4,48\%$). Крім водної рослинності значний внесок у цей показник, очевидно, належав декоративним качкам, яких утримує береговий ресторан у відгородженій сіткою частині водойми. Мінімальна кількість видів водоростей і вищих водних рослин виявлена у водоймах парків імені Савіцького (5) і Перемоги (6). У парку імені Савіцького надлишок біогенних речовин призводить до того, що тут масово розвивається такий мезо-евтрофний вид макрофітів, як *Lemna minor*, який щільним килимом вкриває майже всю поверхню паркового озера і створює несприятливий світловий режим для розвитку водоростей. У водній товщі білі помічені лише окремі екземпляри зелених водоростей *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson і *Desmidium sp.* Уздовж берега розташовані переривчасті зарості *Typha angustifolia* і *Persicaria hydropiper*. Макрофіти тут є основними продуцентами органічних речовин ($C_{org}=1,94\%$). Індикаторні види водоростей і вищих водних рослин у досліджуваних водоймах представлені в основному β -мезосапробним угрупованням, що свідчить про середній рівень їх органічного забруднення.

Ключові слова: макрофітобентос, біоіндикатори, прісноводні штучні водойми, забруднення, екологія, Одеса.

Macrophytobenthos of artificial ponds in the parks of Odessa city F.P.Tkachenko, M.V.Sidorenko

Complex eco-floristic investigation of water vegetation of the artificial ponds in the park zones of Odessa city has not been conducted. Thus, the purpose of this work was determination of species diversity of macrophytes, their systematic structure and indicator role in four ponds in the park of the city. In sum, 21 species of macrophytes were identified, among them 15 species of macrophyte algae and 6 species of vascular water plants. The main part of the revealed species of macrophyte algae belongs to Chlorophyta (8) and Charophyta (4). Cyanoprocarota were presented by 2 species, and Ochrophyta (Xanthophyceae) were presented by 1 species. 6 widely distributed species were revealed among higher water plants. Composition and distribution of macrophytes in the investigated ponds were influenced primarily by the level of water mineralization, eutrophication and heavy metals contamination. Elevated concentration of organic Carbon was registered in the ponds where waterfowl birds were presented together with water plants. The biggest floristic diversity of macrophytes is registered in the upper pond of the Dyukovsky Park (17 species). It is one of the largest artificial ponds of the city. The characteristic feature of the pond's vegetation is the presence of an extensive field of Charophyta with a monodominant *Chara vulgaris*. The presence of the Charophyta is the evidence of the relative ecologic well-being of the investigated pond. Charophyta, as well as the other algae, are obviously the main providers of organic Carbon in the pond ($C_{org}=1.38\%$). By the quantity of macrophytes species (10) the lower pond of the Dyukovsky Park is on the second place. The content of organic Carbon is

the highest in this pond ($C_{org.}=4.48\%$). Except for the water vegetation, a considerable contribution in this parameter is obviously made by the decorative ducks which are kept in the fenced off with a net part of the pond by the bank restaurant. The minimum number of species of algae and higher water plants is registered in the Savitsky Park (5) and the Victory Park (6). In the Savitsky Park the excessive biogenic substances cause massive development of meso-eutrophic species of macrophytes – *Lemna minor* which covers almost the entire surface of the pond and creates adverse light regime for the development of algae. In the water column only sparse specimens of green algae *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson and *Desmidium sp.* were registered. Among the bank of the pond intermitted thicket of *Typha angustifolia* and *Persicaria hydropiper* is located. Macrophytes are the primary producers of organic substances here ($C_{org.}=1.94\%$). Indicator species of algae and higher water plants in the investigated ponds were presented mostly by β -mesosaprobic group. It is the evidence of the medium level of their organic contamination.

Key words: *macrophytobenthos, bioindicators, freshwater artificial ponds, pollution, ecology, Odessa.*

Макрофітобентос искусственных парковых водоемов города Одесса Ф.П.Ткаченко, М.В.Сидоренко

Комплексное эколого-флористическое исследование водной растительности искусственных водоемов парковых зон города Одесса ранее не проводилось. Поэтому целью этой работы было выявление видового разнообразия макрофитов, их систематической структуры и индикаторного значения в четырех водоемах парков города. Всего идентифицирован 21 вид макрофитов, из них водорослей-макрофитов 15 и водных сосудистых растений 6. Основная часть выявленных видов водорослей-макрофитов относилась к Chlorophyta (8), за ними шли Charophyta (4). Суанопrocaryota были представлены 2 видами, а Ochrophyta (Xanthophyceae) – 1. В составе высших водных растений было выявлено 6 широко распространенных видов. На состав и распределение макрофитов в исследуемых водоемах определяющее влияние оказывал уровень их минерализации, эвтрофирования и загрязнения тяжелыми металлами. Повышенная концентрация органического углерода отмечалась в водоемах, где наряду с водной растительностью присутствовали и водоплавающие птицы. Наибольшее флористическое разнообразие макрофитов нами отмечено в верхнем водоеме парка «Дюковский» (17 видов). Это один из наиболее крупных искусственных водоемов города. Характерной особенностью его растительности является наличие здесь обширных зарослей харовых водорослей с монодоминантом *Chara vulgaris*. Харовые, наряду с другими водорослями, очевидно, являются здесь основными поставщиками органического углерода в водоем ($C_{org.}=1,38\%$). На втором месте по количеству видов макрофитов (10) находился нижний водоем этого парка. Содержание органического углерода в нем наибольшее среди исследованных нами водоемов ($C_{org.}=4,48\%$). Кроме водной растительности значительный вклад в этот показатель, очевидно, принадлежит декоративным уткам, которых содержит береговой ресторан в отгороженной сеткой части водоема. Минимальное число видов водорослей и высших водных растений выявлено в водоемах парков имени Савицкого (5) и Победы (6). В парке имени Савицкого избыток биогенных веществ приводит к тому, что здесь массово развивается такой мезо-эвтрофный вид макрофитов, как *Lemna minor*, который сплошным ковром покрывает почти всю поверхность паркового озера и создает неблагоприятный световой режим для развития водорослей. В водной толще были замечены лишь одиночные экземпляры зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson и *Desmidium sp.* Вдоль берега водоема расположены прерывистые заросли *Typha angustifolia* и *Persicaria hydropiper*. Макрофиты здесь являются основными продуцентами органических веществ ($C_{org.}=1,94\%$). Индикаторные виды водорослей и высших водных растений в исследуемых водоемах были представлены в основном β -мезосапробной группировкой, что свидетельствует о среднем уровне их органического загрязнения.

Ключевые слова: *макрофитобентос, биоиндикаторы, пресноводные искусственные водоемы, загрязнение, экология, Одесса.*

Introduction

Odessa is one of the most ecologically adverse cities of Ukraine. Industrial enterprises, port complexes, motorways, railway lines and their service centres are sources of pollution, including heavy metals contamination (Shikhaleeva et al., 2009). Pollutants are engaged into biogeochemical cycles: they are accumulated in soils and water, circulate with precipitations and air flows in the atmosphere (Otmakhov, 2003). In ponds they are accumulated in bottom sediments. One of efficient methods of environmental control is biomonitoring (Orlova et al., 2010). Such hydrobiological indicators as biodiversity of hydrobionts, saprobity, microbiological parameters characterize the quality of water as the habitat of living organisms. High sensitivity to the quality of the environment is characteristic of

phytobenthos, and it determines the efficiency of using it in bioindication and estimating the condition of water ecosystems (Oksiyuk et al., 2010).

It is determined that structural and functional characteristics of algae (taxonomic and floristic diversity, ecological spectrum etc.) can be used for the estimation of ecological condition of antropogenically modified reservoirs (Sherbak, Semenyuk, 2011).

Investigation of macrophytobenthos of artificial ponds as components of recreational park zone of Odessa city has not been conducted before. Thus, the purpose of our work was conducting their floristic inventory and ecological estimation taking into consideration hydrochemical features of the ponds and indicator role of macrophytes.

Objects and methods of research

Samples of macrophyte algae and higher water plants collected during summer period of 2018 in 4 artificial ponds in the parks of Odessa (Victory Park, Dyukovsky, and Park of Savitsky) served as material for the article. Algae were collected according to the common method (Algae..., 1989).

In the Victory Park the cascade pond was investigated. The length of the pond is 500 m and the width is 50–100 m. The pond is made of concrete with the bottom bedding of gravel and sand. Its depth is up to 1.5 m. The coordinates of the pond: 46°44'47" N × 30°70'75" E.

In the Dyukovsky Park the lower pond has rounded shape and its diameter is around 70 m. The edging of the bank is made of concrete and the bottom is silty. Its coordinates: 46°48'10" N × 30°70'68" E. The upper pond of this park has a similar construction but its size is larger (100 × 150 m). The maximum depths are up to 2 m. The coordinates of the pond: 46°48'34" N × 30°70'75" E.

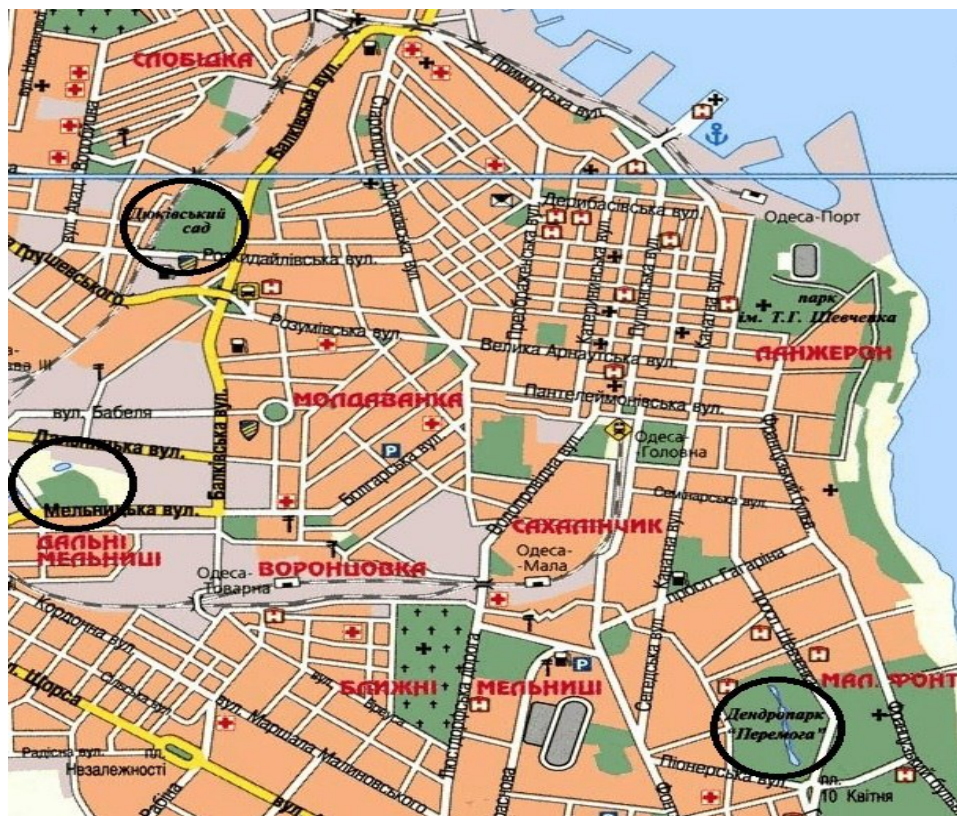


Figure 1. Schematic map of Odessa city with an indication (circle) of the investigated park zones

The pond in the Park of Savitsky formed in a gully with an earthy dam and low earthy banks. The length of the pond is around 250 m and the width is around 100 m, the depth is up to 1.5 m. The coordinates of the pond: 46°46'39" N × 30°69'34" E.

In total, 30 samples of macrophytes were collected and processed in the investigated ponds. The identification of algae and higher water plants was conducted using appropriate keys (Kondrat'eva, 1968; Gollerbakh, Palamar-Mordvintseva, 1991; Vinogradova et al., 1980; The key..., 1987; Rundina, 1988; Junger, Moshkova, 1993; Diel, 1975). Taxonomy of the algae is accorded with the base AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2018). Indicator role of macrophytes was estimated using (Algae..., 1989; Dubyna et al., 1993).

The chemical analysis of water (ion composition) is conducted on the automatic analyser Metrohm, organic Carbon – on the device LECO CS 744, pH – on the pH meter Hydrus 400, electrical conductivity – on the conduct meter Mettler MC 226. The content of heavy metals was defined with the use of atomic adsorption method on the device ZEENIT 600.

Results

As remarked above, development of algae and higher water plants and their species diversity depend on trophity and heavy metals contamination level in ponds. For the evaluation of the background of water plants development in the investigated ponds, we conducted the analysis of physical parameters and the content of ions in water (table 1).

Table 1.

Hydrochemical parameters of water samples of artificial ponds in Odessa city

№	Parameters of water, units of measurement	Investigated ponds			
		Dyukovsky (upper)	Dyukovsky (lower)	Victory	Savitsky
1.	pH	7.81	7.48	6.84	7.28
2.	Electrical conductivity, mS/cm	5.84	5.91	1.25	0.94
3.	SO ₄ ²⁻ , mg/dm ³	2140.67	1892.97	342.77	29.37
4.	Cl ⁻ , mg/dm ³	518.98	554.23	88.43	120.50
5.	NO ₂ ⁻ , mg/dm ³	0	0	0	0
6.	NO ₃ ⁻ , mg/dm ³	82.07	75.54	0.22	1.25
7.	NH ₄ ⁺ , mg/dm ³	0.19	0.22	0.04	5.64
8.	Ca ²⁺ , mg/dm ³	179.67	198.64	30.09	29.03
9.	Mg ²⁺ , mg/dm ³	154.51	145.27	27.02	7.12
10.	Na ⁺ , mg/dm ³	440.85	427.34	68.27	48.50
11.	K ⁺ , mg/dm ³	3.44	5.99	4.51	5.95
12.	Li ⁺ , mg/dm ³	0.01	0.05	0.03	0.004
13.	Sr ⁺ , mg/dm ³	3.16	3.92	0.84	0.22
14.	Br ⁻ , mg/dm ³	0	0	0.95	0.01
15.	F ⁻ , mg/dm ³	0.56	0.50	0.12	0.08
16.	PO ₄ ³⁻ , mg/dm ³	0	0	0.059	2.27

According to the obtained results, the most mineralized water is found in the ponds of Dyukovsky park (3004.67–3524.11 mg/dm³). It is caused by the mineralized underground sources supplying the ponds.

The pond in the Victory Park is filled with tap water from the Dniester. With the purpose of avoidance of stagnation, the water in it is constantly pumped over, replenished and aerated in virtue of the cascade construction of the pond's concrete bedding. General mineralization of water in the pond is 563.28 mg/dm³.

In the pond of the Savitsky Park the level regime is maintained by the supply of rain and snow water from the city's streets, thus mineralization of water is minimal (249.95 mg/dm³). With the street flushes, excess biogenic substances get into the pond. Particularly, the content of ammonium Nitrogen there was more than 20 times higher than in the other investigated artificial ponds in the city parks. The content of phosphates in this pond also was 40 times higher, than, for example, in the pond of the Victory Park. Certainly, such hydrochemical features of the ponds influence the floristic composition and distribution of their algae and macrophytes components.

Heavy metals contamination level of the investigated ponds was also examined (table 2).

As it was expected, the lower pond of the Dyukovsky Park is the most subject to heavy metals contamination. Its parameters are 2–3 times higher than in the other park ponds of the city. It is explained by one of the busiest highways of the city passing along the pond's bank, and the main railway tracks of freight and passenger traffic are located up the slope. Emissions of the vehicles of these highways are obviously the main sources of the contamination of the pond. By lead content the bottom sediments of the pond are close to the ecological standard but do not exceed it, and by zinc content they exceed the allowable rate 1.5 times.

Table 2.
The content of heavy metals in the bottom sediments of the ponds in the parks of Odessa

Metals	Units of measurement	Investigated ponds				ES*
		Dyukovsky (lower)	Dyukovsky (upper)	Savitsky	Victory	
Pb ²⁺	mg/kg	78.3	27.8	30.4	26.1	85
Cd ²⁺	mg/kg	0.349	0.136	0.232	0.229	0.8
Hg ²⁺	mg/kg	0.105	0.154	0.088	0.051	0.3
Zn ²⁺	mg/kg	219.0	67.1	110.0	76.5	140

ES* – ecological standard for bottom sediments.

Conducted earlier bioindication of the bottom sediments in the investigated ponds (Sidorenko, Tkachenko, 2018) showed their medium toxicity in the Savitsky Park and high toxicity in the lower pond of the Dyukovsky Park. Thus, contamination of the bottom sediments in the investigated ponds causes negative influence on development of the phytobenthos.

Investigation of macrophytobenthos of the park ponds of Odessa city demonstrated their relative floristic poverty (table 3), caused by present ecological conditions.

Thus, the water flora of the artificial ponds in the parks of Odessa is presented by 21 species of macrophytes, among them there are 15 species of macrophyte algae and 6 species of vascular water plants.

The biggest floristic diversity of macrophytes is registered in the upper pond of the Dyukovsky Park (17 species). It is one of the largest artificial ponds of the city. The characteristic feature of the pond's vegetation is the presence of an extensive field of Charophyta with a monodominant *Chara vulgaris*. The presence of the Charophyta is the evidence of the relative ecologic well-being of the investigated pond. Charophyta, as well as the other algae, are obviously the main providers of organic Carbon in the pond ($C_{org.}=1.38\%$).

By the quantity of macrophytes species (10) the lower pond of the Dyukovsky Park is on the second place. The content of organic Carbon is the highest in this pond ($C_{org.}=4.48\%$). Except for the water vegetation, a considerable contribution in this parameter is obviously made by the decorative ducks which are kept in the fenced off with a net part of the pond by the bank restaurant.

The minimum number of species of algae and higher water plants is registered in the Savitsky Park (5) and the Victory Park (6). In the Savitsky Park the excessive biogenic substances cause massive development of meso-eutrophic species of macrophytes – *Lemna minor* (Dubyna et al., 1993) which covers almost the entire surface of the pond (figure 2) and creates adverse light regime for the development of algae. In the water column only sparse specimens of green algae *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson and *Desmidium sp.* were registered. Among the bank of the pond intermitted thicket of *Typha angustifolia* and *Persicaria hydropiper* is located. The excess of dead plant organic remains ($C_{org.}=1.94\%$) causes their decomposition, thus the smell of hydrogen sulphide is distinctively perceptible near the bank.

The situation is not the same in the pond in the Victory Park. In 2016–2017 years it was dried and cleaned from the bottom sediments and the reconstruction of it was conducted. A new bedding of gravel and sand and large lumps of limestone were put into the pond. Thus, in 2018 formation of a new algaenose was continuing. The current favourable ecological situation in this pond will lead to the formation of a rather rich autotrophic component. This summer the rapid development (till bloom) of microscopic algae was observed. Water temperature during the bloom was 25–27°C.

Table 3.

Floristic composition of macrophytobenthos of the park ponds of Odessa city

	Taxon	Ponds				Saprobity
		Dyukovsky Park (lower)	Dyukovsky Park (upper)	Savitsky Park	Victory Park	
	Cyanoprocarvota					
1.	<i>Calothrix sp.</i>	+	+	+	–	–
2.	<i>Oscillatoria. tenuis</i> C. Agardh ex Gomont	–	+	–	+	α
	Ochrophyta (Xanthophyceae)					
3.	<i>Vaucheria dichotoma</i> (L.) C. Martius	–	+	–	–	–
	Chlorophyta					
4.	<i>Cladophora conglomerata</i> Pilger	+	–	–	+	β
5.	<i>Cl. globulina</i> (Kütz.) Kütz.	+	+	–	–	β
6.	<i>Microspora stagnorum</i> (Kütz.) Lagerh.	–	+	–	+	–
7.	<i>Oedogonium sp.</i>	–	+	–	+	–
8.	<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (C. Agardh) Kütz.	+	+	–	+	о-β
9.	<i>U. flexuosa</i> Wulfen	–	+	–	–	–
10.	<i>Ulva intestinalis</i> L.	–	+	–	–	α-β
	Charophyta					
11.	<i>Chara vulgaris</i> L.	+	+	–	–	–
12.	<i>Spirogyra decimina f. communis</i> (Nassalli) Petlovany	+	+	–	+	β-α
13.	<i>S. dubia</i> Kütz.	–	+	–	–	–
14.	<i>S. hassalii</i> (Jenner) Petit	+	–	–	–	–
15.	<i>Spirogyra sp.</i>	–	+	–	–	–
	Magnoliophyta					
16.	<i>Lemna minor</i> L.	+	+	+	–	β
17.	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	+	+	–	–	β
18.	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	+	+	+	–	β
19.	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	–	–	+	–	β
20.	<i>Potamogeton crispus</i> L.	–	+	–	–	β
21.	<i>Typha angustifolia</i> L.	–	–	+	–	β
	Total	10	17	5	6	

According to Gerasimyuk et al. (2012), in this pond 54 species of microscopic algae were registered with dominating diatom (31 species), green algae (14) and cyanobacteria (7). 2 species of Charophyta were also registered. By the attitude towards organic contamination meso-saprobic group of algae dominated.

According to our data, the content of organic Carbon in the investigated pond is high ($C_{org.}=2.51\%$). Algae, waterfowl birds and swamp turtles constantly fed by visitors of park contribute to the level of organic Carbon.

To sum up, by the level of saprobity and judging from the indicator species of macrophytes, the investigated ponds can be evaluated as medium polluted with dominating of β-meso-saprobic group of algae and higher water plants.



Figure 2. The surface of the pond in the Savitsky Park entirely covered with *Lemna minor*

Summary

In general, 21 species of macrophytes were registered in the artificial ponds in the parks of Odessa city: 7 species of Chlorophyta, 5 of Charophyta, 2 of Cyanoprocyota, 1 of Ochrophyta and 6 of higher water plants. The minimum number of species is characteristic of the ponds in the Savitsky Park with the high level of eutrophity and of the Victory Park with algocenose re-forming after the reconstruction. The medium level of this parameter (10 species) is presented by the lower pond in the Dyukovsky Park which is contaminated with heavy metals. The highest diversity of macrophytes (17 species) is registered in the upper pond of this park.

By the attitude towards saprobity the investigated ponds can be evaluated as medium polluted with dominating of β -meso-saprobic group of algae and higher water plants.

References

- Algae. Reference book / S.P.Vasser, N.V.Kondrat'eva, N.P.Masyuk et al. – Kiev: Nauk. dumka, 1989. – 606p. (in Ukrainian)
- Diel I. Kluc na urcovanie vytrusnych rastlin. – Bratislava: Sloven. pedagog. naklad, 1975. – 396p.
- Dubyna D.V., Geyny S., Groudova Z. et al. Macrophytes – indicators of changes of the environment. – Kiev: Nauk. dumka, 1993. – 433p. (in Russian)
- Gerasimyuk V.P., Gerasimyuk N.V. Algae in the pond of the Victory arboretum in Odessa city (Ukraine) // IV International conference “Advances in modern algology”. – Kiev, 2012. – P. 72–73. (in Russian)
- Gollerbakh M.M., Palamar-Mordvintseva G.M. Charophyte algae (Charophyta) / Ed. S.P.Vasser. – Kiev: Nauk. dumka, 1991. – 196p. (in Ukrainian)
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. – National University of Ireland, Galway, 2018. (<http://www.algaebase.org>)
- Junger V.P., Moshkova N.O. Oedogonium algae – Oedogoniales / Executive editor S.P.Vasser. – Kiev: Nauk. dumka, 1993. – 412p. (in Ukrainian)
- Kondrat'eva N.V. Blue-green algae – Cyanophyta. Part 2. Classis – Hormogoniophyceae / Ed. A.M.Oksner. – Kiev: Nauk. dumka, 1968. – 524p. (in Ukrainian)
- Oksiyuk O.P., Davydov O.A., Karpezo U.I. Microphytobenthos as an indicator of the condition of water ecosystems // Hydrobiology Journal. – 2010. – Vol.46 (5). – P. 75–89. (in Russian)
- Orlova O.I., Savel'eva E.I., Radilov A.S. et al. Application of biomonitoring for estimation of nature and severity of the impact of a chemical factor // Medicine of Labour and Industrial Ecology. – 2010. – Vol.12. – P. 28–33. (in Russian)
- Otmakhov V.I. Method of estimation of ecological safety of a water pool by contamination of the bottom sediments // News of Tomsk Polytechnic University. – 2003. – Vol.306 (6). – P. 39–41. (in Russian)
- Rundina L.O. Conjugates – Conjugatophyceae. Part 3. Zygnema algae – Zygnematales / Executive editor G.M.Palamar-Mordvintseva. – Kiev: Nauk. dumka, 1988. – 204p. (in Ukrainian)

Sherbak V.I., Semenyuk N.E. Application of phytomicroperiphyton for estimation of ecological condition of the antropogenically modified water ecosystems // Hydrobiology Journal. – 2011. – Vol.47 (2). – P. 27–42. (in Russian)

Shikhaleeva G.N., Ennan A.A., Babinets S.K., Chursina O.D. Impact of motor transport on the condition of the environment of the resort complex “Kuyalnik-Luzanovka” // Modern informational and innovation technologies on transport: Materials of International scientific and practical conference. – Kherson: Publishing office of Kherson State Marine Institute, 2009. – Vol.5. – P. 58–59. (in Russian)

Sidorenko M.V., Tkachenko F.P. Biomonitoring of toxicity of the bottom sediments in the artificial ponds in the parks of Odessa city // International conference of young scientists “Advances in botany and ecology”. – Kiev: Nauk. dumka, 2018. – P.56. (in Russian)

The key of higher plants of Ukraine / D.N.Dobrochayeva, M.I.Kotov, U.N.Prokudin et al. – Kiev: Nauk. dumka, 1987. – 546p. (in Russian)

Vinogradova K.L., Gollerbakh M.M., Zaver L.M., Sdobnikova N.V. Key for freshwater algae of the USSR. Green algae – Chlorophyta: Siphonocladophyceae, Siphonophyceae; red algae – Rhodophyta; brown algae – Phaeophyta. – Leningrad: Nauka, 1980. – Vol.13. – 248p. (in Russian)

Представлено: І.Г.Орлова / Presented by: I.G.Orlova

Рецензент: Т.В.Догадіна / Reviewer: T.V.Dogadina

Подано до редакції / Received: 01.11.2018

About the authors: F.P.Tkachenko – Odessa I.I.Mechnikov National University, Dvoryanskaya Str., 2, Odessa, Ukraine, 65082, tvf@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5769-5120>

M.V.Sidorenko – Odessa I.I.Mechnikov National University, Dvoryanskaya Str., 2, Odessa, Ukraine, 65082, m.v.sidorenko2000@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7349-9613>

Про авторів: Ф.П.Ткаченко – Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082, tvf@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5769-5120>

М.В.Сидоренко – Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082, m.v.sidorenko2000@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7349-9613>

Об авторах: Ф.П.Ткаченко – Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, ул. Дворянская, 2, Одесса, Украина, 65082, tvf@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5769-5120>

М.В.Сидоренко – Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, ул. Дворянская, 2, Одесса, Украина, 65082, m.v.sidorenko2000@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7349-9613>

УДК: 581.55:528.946(477.63)

Особливості просторової структури, флористичної подібності та фітоценотичної активності трав'яних видів рослин у лісонасадженнях та природних степових угрупованнях Південного Криворіжжя Н.Ю.Шевчук

Вивчена просторова структура, фітоценотична активність, частота трапляння та флористична подібність трав'яного і чагарникового ярусів у різновікових (30–50 років) лісонасадженнях п'ятьох видів (*Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pallasiana* D. Don, *P. sylvestris* L.) та степових угрупованнях Південного Криворіжжя. Встановлено, що просторова структура, флористична подібність за кількістю видів та фітомасою в цих лісонасадженнях залежить від складу деревних порід, їх віку та типу світлової структури. При вивченні просторово-ярусної структури деревних насаджень з'ясовано, що для різновікових дібров характерна багаторушність. При цьому другий ярус формується зі штучно висадженого підліску. У деревостанах *Gleditsia triacanthos* другий ярус не розвинутий, а в штучних сосняках на аренних пісках підлісок взагалі може бути відсутнім. Просторова структура пам'ятки природи загальнодержавного значення «Урочище Степок» залежить від мезофітизації та рудералізації угруповань, які є наслідком тривалого і повного заповідання. Це призводить до збільшення площі формацій *Bromopsideta inermis*, *Poeta angustifoliae* та угруповання з домінуванням *Galium aparine* L. При проведенні досліджень в степових фітоценозах з'ясовано, що їх подібність за флористичним складом залежить від пасквальної дигресії (схиліві степи), а за фітомасою – від складу домінантних видів у фітоценозах. В лісових насадженнях і степових угрупованнях більшість видів має невисоку частоту трапляння (до 20%) та фітоценотичну активність за проективним покриттям до 1%. В лісових і степових угрупованнях постійну фітоценотичну активність видів за фітомасою у різні роки мають лише домінантні види. В цілому породний склад лісонасаджень, їх вікова та світлова структура не однаково впливають на просторову структуру, фітоценотичну активність за проективним покриттям і фітомасою видів, що спонтанно вселяються у насадження.

Ключові слова: штучні лісові насадження, степові угруповання, фітоценотична активність, трапляння, флористична подібність, Південне Криворіжжя.

Peculiarities of spatial structure, floristic similarity and phytocoenic activity of herbaceous plant species in afforestations and natural steppe groups of Southern Kryvyi Rih area N.Yu.Shevchuk

The spatial structure, phytocoenic activity, frequency of occurrence and floristic similarity of herbaceous and shrub tiers have been studied in different-aged (30–50 years) afforestations of five species (*Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pallasiana* D. Don, *P. sylvestris* L.) and steppe communities of Southern Kryvyi Rih area. It was shown that the spatial structure, floristic similarity in the number of species and phytomass in these afforestations depends on the composition of tree species, their age and the type of light structure. During studying the spatial and storey structure of tree plantations it has been found that multi-storeyness is characteristic for the different ages oakeries. The second storey consists of an artificially planted undergrowth. In the stands of *Gleditsia triacanthos*, the second storey is not developed, and, in artificial pine forests at the sand arenas, the undergrowth is practically absent. The spatial structure of the national-significant nature monument "Natural Landmark Stepok" depends on the mesophytization and ruderalization of the communities, which are the result of a long and complete reservation. It leads to the increase of the areas of *Bromopsideta inermis*, *Poeta angustifoliae* formations and the community with domination of *Galium aparine* L. During the studying steppe phytocoenoses, it has been found that similarity of their floristic compositions depends on the pasture degeneration (slope steppes), and similarity of their phytomasses depends on the dominant species in phytocoenoses. In forest plantations and steppe communities, the largest number of species has a low occurrence rate (up to 20%) and phytocoenic activity by projective coverage up to 1%. In forest and steppe communities, only dominant species have constant phytocoenotic activity of species by phytomass over the years. In general, the species composition of forest stands, their age and light structure affect in different ways the spatial structure, phytocoenic activity by the projective cover and phytomass of species that spontaneously emerge in the stands.

Key words: artificial afforestations, steppe communities, phytocoenotic activity, occurrence, floristic similarity, Southern Kryvyi Rih area.

Особенности пространственной структуры, флористического сходства и фитоценотической активности травяных видов растений в лесонасаждениях и природных степных сообществах Южного Криворожья

Н.Ю.Шевчук

Изучена пространственная структура, фитоценотическая активность, частота встречаемости и флористическое сходство травяного и кустарникового ярусов в разновозрастных (30–50 лет) лесонасаждениях пяти видов (*Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pallasiana* D. Don, *P. sylvestris* L.) и степных сообществах Южного Криворожья. Установлено, что пространственная структура, флористическое сходство по числу видов и фитомассе в исследованных лесонасаждениях зависит от состава древесных пород, их возраста и типа световой структуры. В результате исследования пространственно-ярусной структуры древесных насаждений установлено, что для разновозрастных дубрав характерна многоярусность, при этом второй ярус сформирован из искусственно посаженного подлеска. В насаждениях *Gleditsia triacanthos* второй ярус не развит, а в искусственных сосняках на аренных песках может вообще отсутствовать. Пространственная структура памятки природы общегосударственного значения «Урочище Степок» зависит от мезофитизации и рудерализации сообществ, что является следствием длительного и полного заповедания. Это приводит к росту площади формаций *Bromopsideta inermis*, *Poeta angustifoliae* и фитоценоза с доминированием *Galium aparine* L. В результате проведенных исследований установлено, что в степных сообществах сходство флористического состава зависит от пастбищной дигрессии (склоновые степи), а фитомассы – от доминантных видов в фитоценозах. В лесных насаждениях и степных сообществах значительное число видов имеет невысокую частоту встречаемости (до 20%) и фитоценотическую активность по проективному покрытию до 1%. При этом в лесных и степных сообществах постоянную фитоценотическую активность по фитомассе имеют только доминантные виды. В целом породный состав лесонасаждений, их возрастная и световая структура по-разному влияют на пространственную структуру, фитоценотическую активность по проективному покрытию и фитомассе растений, спонтанно поселяющихся в насаждениях.

Ключевые слова: искусственные лесные насаждения, степные сообщества, фитоценотическая активность, встречаемость, флористическое сходство, Южное Криворожье.

Вступ

Штучні лісові насадження в степовій зоні розглядаються як своєрідні екстразональні біогеоценози та є невід'ємними компонентами сучасного степового ландшафту (Чернов, Пенев, 1991). Вони створювалися на основі ідей степового лісорозведення, започаткованих В.Є.Граффом (Графф, 1858), продовжених В.В.Докучаєвим (Докучаев, 1949), Г.М.Висоцьким (Высоцкий, 1950) і розвинутих О.Л.Бельгардом (Бельгард, 1971). В степу лісові насадження зростають переважно у несприятливих для них умовах і, згідно з концепцією О.Л.Бельгарда (Бельгард, 1960), знаходяться в географічній і відносній екологічній невідповідності до природно-кліматичних умов їх природного ареалу. Серед факторів, що визначають властивості лісових біогеоценозів, надзвичайно важливе значення мають взаємовідносини між синузьями, які їх утворюють. Багато невдач при вирощуванні і формуванні лісових насаджень в степу виникали через недоврахування значення цих взаємовідносин. В степу ліси постійно розвиваються під загрозою вторгнення синузій трав'яних рослин – природної степової та рудеральної, які можуть виступати потужними конкурентами при використанні запасів вологи. Особливо часто трапляються приклади занепаду та загибелі лісонасаджень у випадку конкуренції деревного і трав'яного ярусів (Бельков и др., 1974; Ковылин и др., 2006; Третьяков, 1952). Оскільки трав'яна рослинність є одним із структурних компонентів лісонасаджень, то вона потребує всебічного біогеоценотичного вивчення.

За ствердженнями О.Л.Бельгарда (Бельгард, 1960), структурно-функціональна організація рослинного покриву лісів залежить від їх світлової структури, яка в свою чергу обумовлюється видовим складом, віком насаджень, типом деревостану, наявністю чагарникового підліску, кореневою конкуренцією між деревно-чагарниковою і трав'яною рослинністю, потужністю лісової підстилки (Альбицкая, 1960; Банникова, 1967; Иванько, 1999). З'ясування структурних особливостей рослинного покриву в штучних степових лісах дозволяє розширити знання щодо їх стійкості і функціональних можливостей поза зоною їх природного поширення. Так, наприклад, просторова структура відображає склад, співвідношення та розташування структурних елементів

чи блоків, що визначають функціонування екосистеми в певних умовах середовища (Голубець, 2000). Важливими характеристиками структурного аналізу лісової та степової рослинності є встановлення закономірностей кількісного розподілу видів за частотою трапляння та ступенем фітоценотичної активності і фітомасою. Активність виду визначається ценотичною роллю, місцем, яке займає вид серед інших у результаті відносин, які склалися в угрупованнях (Екологические основы природопользования, 1998). Одним із складових компонентів, через який виражають активність виду, є проективне покриття, що відображує роль кожного виду в угрупованні (Дідух, 1982). В штучних степових лісах відбувається зміна степового типу біотичного колообігу в бік лісового (Бельгард, 1971), і всі зазначені параметри є доволі важливі в з'ясуванні структурно-функціональної організації рослинного покриву у залежності від видового складу, віку насаджень та типу світлової структури.

Мета роботи – вивчення просторової структури, рівня фітоценотичної активності, частоти трапляння та подібності за кількістю видів і фітомасою трав'яних рослин у лісонасадженнях та природних степових угрупованнях Південного Криворіжжя.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження були обрані лісові насадження в трьох лісництвах Південного Криворіжжя: Володимирівське (с. Лісове, Казанківський р-н, Миколаївська обл.), Заградівське (с. Заградівка, Високопільський р-н, Херсонська обл.) і Широківське (смт Широке, Широківський р-н, Дніпропетровська обл.). У Володимирівському лісництві було закладено 7 дослідних ділянок: по три ділянки в мононасадженнях *Gleditsia triacanthos* (діл. 1–3) і *Quercus robur* L. віком до 30, до 40 та понад 50 р. (діл. 4–6) і одна – в насадженнях *Robinia pseudoacacia* понад 50 р. (діл. 7). В Заградівському лісництві закладена одна дослідна ділянка – в насажденні *Pinus pallasiana* віком до 30 р. (діл. 8). В Широківському лісництві було досліджено три ділянки: перша – в насадженнях *Pinus pallasiana* і *P. sylvestris* віком понад 50 р. (діл. 9), друга – в деревостанах *Quercus robur* з підліском *Caragana arborescens* Lam. віком до 40 р. (діл. 10) та третя – в насадженнях *Quercus robur* з підліском *Caragana arborescens* та *Euonymus europaea* L. віком до 40 р. (діл. 11) (рис. 1). Площа кожної дослідної ділянки складає 2500 м².

Лісову рослинність дослідних насаджень порівнювали з природними степовими угрупованнями на чотирьох дослідних ділянках, закладених на території: пам'ятка природи загальнодержавного значення – «Урочище Степок» із абсолютним режимом заповідання (діл. 12), «Балка Зелена» (діл. 13), «Урочище Пригір'я» (діл. 14) та «Балка Комарова» (діл. 15), що входять до складу середньостепової підзони Причорноморської ландшафтної провінції (Маринич та ін., 2003). Дослідна ділянка «Урочище Степок» знаходиться на вододілі річок Інгульця та Висуні, «Урочище Пригір'я» – на схилі корінного правого берега Інгульця, решта – у пониззі крупних балок: Зеленої та Комарової.

Картування лісових насаджень виконували з використанням методу суцільної контурної візуальної зйомки з використанням маркірованої стрічки і міліметрового паперу. Визначення меж проєкцій крон проводилось візуально. На міліметровому папері позначали місцеположення і проєкції крон усіх дерев (Григора, Соломаха, 2005). Макет великомасштабної картосхеми рослинного покриву моніторингової ділянки «Урочище Степок» виконано за методикою зйомки ключових ділянок (Вышивкин, 1984). Розробка легенди до картосхеми виконана на основі сучасних уявлень про територіальну структуру рослинного покриву (Миркин и др., 2001). Частоту трапляння та фітоценотичну активність видів за проективним покриттям у лісових і степових угрупованнях визначали із застосуванням методичних розробок Я.П.Дідуха (Дідух, 1982). Фітомасу вивчали згідно методики Б.А.Юрцева (Юрцев, 1968) з невеликими модифікаціями, а саме – в розрахунках використовували не проективне покриття, а відносну участь виду в угрупованнях за фітомасою. Для обох показників було виділено 5 груп (Дідух, 1982), до першої групи входять ті, що мають фітоценотичну активність до 1%, до другої – до 5%, до третьої – до 10%, до четвертої – до 20% і до п'ятої групи – більше 20%. За частотою трапляння види були поділені на 5 груп: до першої групи належать види, що мають трапляння до 20%, до другої – 21–40 %, до третьої – 41–60 %, до четвертої – 61–80 % і до п'ятої групи – 81–100 %. Дослідження надземної частини фітомаси трав'яних видів у степових і лісових угрупованнях проводили методом укисних квадратів розміром 1 м² у 10-кратній повторності (Родин, Базилевич, 1965). Укоси робили наприкінці липня, зрізану масу сортували за видами рослин з подальшим відбором зразків для визначення абсолютно сухої

маси. Подібність рослинних угруповань за видовим складом і фітомасою визначалась з використанням коефіцієнта Жаккара (Шмидт, 1984). При вивченні горизонтальної структури штучних деревних насаджень враховували площу світлових вікон, з картуванням на міліметровий папір проекції крон дерев і кущів, та сумарне проективне покриття (ПП) першого і чагарникового ярусів (табл. 1).

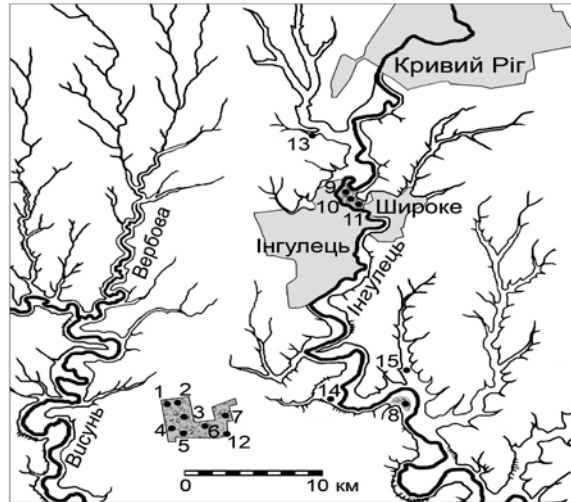


Рис. 1. Картохема розміщення дослідних ділянок у лісових і степових угрупованнях Південного Криворіжжя

Результати та обговорення

Проведені дослідження показали, що кількість видів на дослідних лісових ділянках (1–11) коливаються в широких межах (від 2 до 90) (табл. 1).

Виявлено, що площа світлових вікон в загущених молодих деревостанах мінімальна, а максимальна – в більш розріджених зрілих насадженнях (табл. 1). Руйнування з часом ценотичного середовища в 50-річних насадженнях *Gleditsia triacanthos* (діл. 3) зумовлює вселення чагарникових видів, де їх проективне покриття складає майже 85%. В деревостанах *Quercus robur* формуються другий деревний та чагарниковий яруси, які перекривають один одного, саме тому сумарне ПП їх перевищує 100%. Особливо велике сумарне ПП в насадженнях із цієї породи віком до 40 р., де за рахунок *Cotinus coggygria* утворюється другий та третій яруси з високою зімкненістю крон (діл. 5). У змішаних соснових насадженнях чагарники розвиваються дуже повільно, тому зімкненість їх крон досягає лише 4,4% ПП (діл. 9). В дубняках з підліском *Caragana arborescens* другий ярус формує *C. arborescens*, сумарне ПП якої перевищує 100% (діл. 10). В 40-річних деревостанах *Quercus robur* з підліском *Caragana arborescens* та *Euonymus europaea* площа світлових вікон дещо більша. Сумарне покриття чагарників складає близько 20%, що зумовлено значно більшою реалізацією вищої здатності дубових насаджень за умови забезпечення домінантної породи поживними речовинами.

Проведений аналіз територіальної структури абсолютно заповідної ділянки «Урочище Степок» показав, що трав'яний покрив цієї пам'ятки природи сформувався під дією мезофітизації та рудералізації угруповань, спричиненої тривалим і повним заповіданням. На момент дослідження «Урочища Степок» було констатовано перехідний стан рослинності від кореневищно-злакової до злаково-різнотравної стадії резерватної зміни. З корінних степових угруповань відмічено лише два фітоценози формації *Stipeta capillatae*. Масовий розвиток отримали кореневищно-злакові угруповання формації *Poeta angustifoliae* (5,4% території ділянки), *Festuceta rupicola*, *Elytrigietea repentis* (13,2%), *E. intermedia* (6,4%), *E. trichophora* (1,2%), *Bromopsideta inermis* (44,9%) та різнотравні фітоценози з домінуванням *Galium ruthenicum* Willd. (2,3%), *Vicia cracca* L. (4,3%), *Ballota nigra* L. (6,3%), *Leonurus villosus* Desf. ex D'Urv. (1,3%), *Galium aparine* (39,8%) (Красова та ін., 2015). Угруповання з домінуванням *Galium aparine* формується внаслідок рудералізації угруповань. Формування ценоструктур з рудеральних видів зумовлене специфікою мікроклімату

«Урочища Степок». Підвищена вологість поверхневого шару ґрунту (за рахунок багаторічного накопичення опаду та слабкої циркуляції повітря у приземному шарі через оточення ділянки лісовою «ширмою») сприяє інтенсифікації деструктивних процесів органічної речовини. Завдяки цьому природно створюються сприятливі умови для розселення рудералів-нітрофілів з прилеглих деревних насаджень. Чагарникова рослинність не отримала значного поширення в «Урочищі Степок», проте вселення окремих екземплярів кущів і дерев вказує про поглиблення змін сільвантогенного характеру.

Таблиця 1.

Число видів, площа світлових вікон в деревостанах і проективне покриття другого та чагарникового ярусів в лісонасадженнях Південного Криворіжжя

№ ділянки	Лісова порода, вік	Число видів, один.	Тип світлової структури	Площа світлових вікон у деревостанах (%)	Сумарне ПП чагарникового та другого ярусів (%)
1	<i>Gleditsia triacanthos</i> до 30 р.	43	освітлений	1,2	65,8
2	<i>Gleditsia triacanthos</i> до 40 р.	41		3,1	44,3
3	<i>Gleditsia triacanthos</i> понад 50 р.	40		7,8	84,7
4	<i>Quercus robur</i> до 30 р.	33	тіньовий	3,1	151,7
5	<i>Quercus robur</i> до 40 р.	29		3,7	227,3
6	<i>Quercus robur</i> понад 50 р.	38		6,9	38,4
7	<i>Robinia pseudoacacia</i> понад 50 р.	39	напівосвітлений	7,5	42,3
8	<i>Pinus pallasiana</i> до 30 р.	47	напівтіньовий	11,7	–
9	<i>Pinus pallasiana</i> + <i>P. sylvestris</i> понад 50 р.	90		12,5	4,4
10	<i>Quercus robur</i> з підліском <i>Caragana arborescens</i> до 40 р.	2	тіньовий	3,0	151,6
11	<i>Quercus robur</i> з підліском <i>Caragana arborescens</i> та <i>Euonymus europaea</i> до 40 р.	29		4,4	19,5

Одним із найбільш об'єктивних показників, здатних виявити роль виду в угрупованнях, є трапляння, яке характеризується як абсолютне та відносне. Показники першого залежать від частоти трапляння видів на даній території, а другого визначаються математично і обчислюються у відсотках. В результаті досліджень встановлено, що за частотою трапляння більшість видів (67 або 74,4%), які належать до 1 групи (до 20%), виявлено в насадженнях *Pinus pallasiana* і *P. sylvestris* віком понад 50 р. (діл. 9). В 30-річному деревостані *Pinus pallasiana* (діл. 8) було відмічено 47 видів (рис. 2).

У різновікових насадженнях *Gleditsia triacanthos* і *Quercus robur* (діл. 1–6) максимальна кількість видів належить до 1 групи, відповідно 32, 23, 25 і 15, 16 і 18 видів. Чисельною в деревостанах є і друга група – 4, 6, 7 і 9, 8, 16 видів. Третя, четверта і п'ята групи видів, як правило, невеликі – 1–4 види, за винятком 40-річних насаджень *Gleditsia triacanthos* (10 видів). В деревостанах *Robinia pseudoacacia* віком понад 50 р. (діл. 7) створюються умови, які сприяють вселенню великої кількості видів першої групи (29 видів, або 74,4%). До другої групи належать переважно рудеральні види (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm., *Atriplex tatarica* L., *Ballota nigra*, *Lactuca serriola* L., *Cirsium setosum* (Willd.) Besser). Третю групу утворюють всходи *Gleditsia triacanthos*, *Stellaria media* (L.) Vill., *Geranium robertianum* L. та *Taraxacum officinale* Wigg. aggr. Напівосвітлений тип світлової структури сприяє зростанню ролі *Anisantha tectorum* (L.) Nevski (4 група). Утворення підліску з *Caragana arborescens* та *Euonymus europaea* в 40-річних насадженнях *Quercus robur* сприяє розширенню другої (12 видів, або 41,4%), третьої (*Geranium robertianum*, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *A. cerefolium*, *Galium aparine*, *Carex spicata* Huds., *Fumaria schleicheri*), четвертої (*Anisantha tectorum*, *Geum urbanum* L., *Ballota nigra*, *Thlaspi perfoliatum* L.) та п'ятої груп (*Buglossoides arvensis* (L.) I. M. Johnst., всходи *Euonymus europaea*) за частотою трапляння видів.

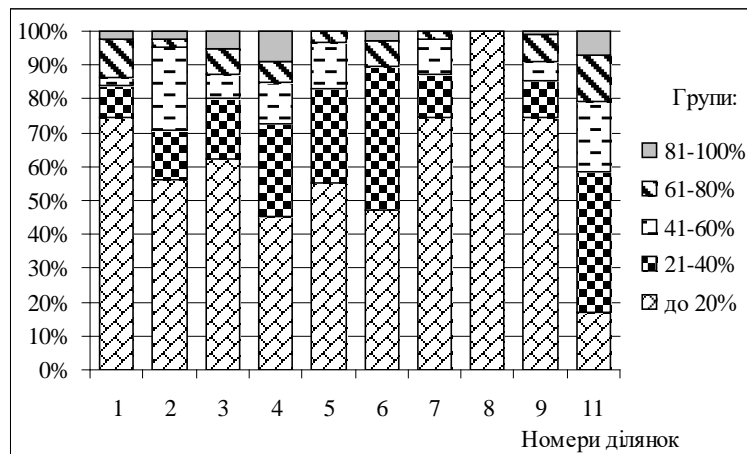


Рис. 2. Частота трапляння трав'яних видів у штучних лісових насадженнях Криворіжжя (назви дослідних ділянок тут і в наступних рисунках наведено в табл. 1)

У флорі чотирьох степових моніторингових ділянок, як і у складі лісових насаджень, явно переважають види з частотою трапляння до 20%: «Балка Зелена» – 80,5%, «Балка Комарова» – 75,4%, «Урочище Пригір'я» – 81,8%, «Урочище Степок» – 83,6% (рис. 3). Серед поширених видів (61–80 %) за послідовністю чотирьох степових ділянок зустрічаються: *Teucrium polium* L., *Festuca valesiaca* Gaudin та *Potentilla incana* P. Gaerth.; *Festuca valesiaca*; *Linum czerniaevii* Klokov, *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Potentilla incana*, *Euphorbia sequierana* Neck., *Bromopsis riparia* (Rehman) Holub, *Asperula montana* Waldst. et Kit., *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh., *Teucrium polium*; *Festuca valesiaca* і *Euphorbia stepposa*; *Poa angustifolia* і *Galium aparine*. П'ята група зі 100% траплянням видів є лише в «Урочищі Степок», це *Galium ruthenicum* і *Vicia cracca*.

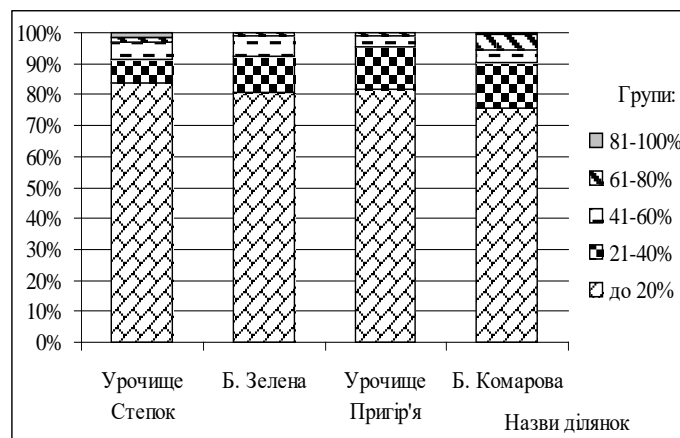


Рис. 3. Частота трапляння трав'яних видів у степових угрупованнях Криворіжжя

Отже, у складі молодих та зрілих насаджень *Gleditsia triacanthos* значна частка видів має дуже невисоку частоту трапляння. У сформованому ценотичному середовищі типово лісові види належать переважно до 3 групи за частотою трапляння. Специфіка формування ценотичного середовища в різновікових насадженнях *Quercus robur* проявляється в тому, що в молодих і зрілих за віком деревостанах за рахунок інвазії з'являються рудеральні і, частково, степові види. У період максимальної сформованості (40-річні насадження), завдяки тіньовому типу світлового режиму, у складі флори переважають виключно типові лісові види. Суттєво впливає на представленість видів у рослинному покриві наявність підліску в дубових насадженнях. На бідних піщаних субстратах за

умови зростання освітленості відмічається значна кількість видів, більша частина з яких представлена рудерантами. Для степових угруповань притаманна висока частота трапляння видів *Festuca valesiaca*, *Salvia nutans* L., *Euphorbia sequieriana* та *Stipa capillata* L., а на кам'янистих субстратах – *Teucrium polium*, *T. chamaedrys* L., *Veronica barrelieri* Schott та *Jurinea brachycephala* Клоков. Суттєва пасквальна дигресія зменшує число видів з високим рівнем трапляння, а значна розчленованість рельєфу, навпаки, сприяє збільшенню кількості видів, що належать до першої групи. При повному заповіданні біотопів, внаслідок мезофітизації умов, в їх флорі зростає участь рудеральних видів і значно зменшується участь степових видів.

Аналіз фітоценотичної активності (Фа) видів за ПП свідчить, що у складі різновікових (30, 40, 50 р.) насаджень *Gleditsia triacanthos* найбільша кількість видів належить до першої групи за Фа (23, 20, 25 видів відповідно) (рис. 4). Натомість у таких самих насадженнях *Quercus robur* відбувається збільшення другої групи і зменшення першої – 18, 16, 20 і 7, 8, 7 видів відповідно. В деревостанах *Robinia pseudoacacia* віком понад 50 р. перша група Фа за ПП включає 21 вид. Досить багаточисельна (11 видів) друга група, в яку входять частково чагарникові види. 50-річні насадження *Pinus pallasiana* і *P. sylvestris*, порівняно з іншими насадженнями, відзначаються явним превалуванням видів, що належать до 1 і 2 груп – 46 і 33 відповідно. Підлісок із *Caragana arborescens* та *Euonymus europaea* в 40-річних насадженнях *Quercus robur* суттєво зменшує кількість видів першої групи Фа за ПП (3 види), та 17 видів належать до другої групи. Найменша кількість видів у всіх деревостанах належить до п'ятої групи.

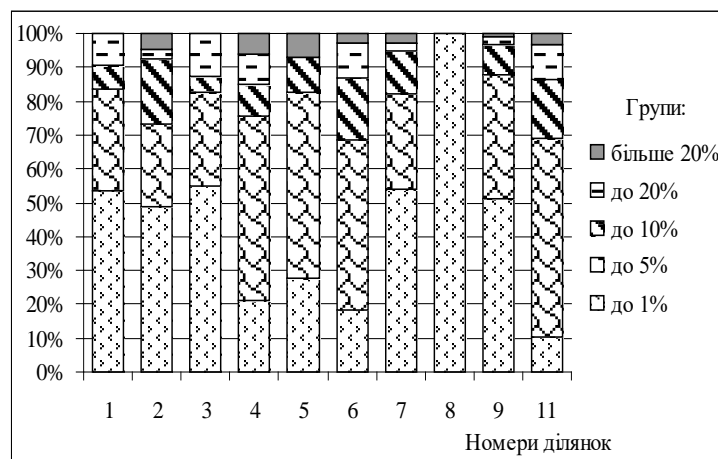


Рис. 4. Фітоценотична активність трав'яних видів за проективним покриттям у штучних лісових насадженнях Криворіжжя

Таким чином, в молодих насадженнях (до 30 р.) у формуванні рослинного покриву важливу роль відіграють рудеральні види, проте в деяких випадках може суттєво зростати частка чагарникових видів. При збільшенні віку лісових насаджень в деревостанах *Gleditsia triacanthos* відбувається перерозподіл видів між групами Фа за ПП. В деревостанах *Quercus robur* з підліском висока Фа за ПП притаманна лише невеликій групі видів і є найбільшою для чагарників, що здатні інтенсивно вселятися в насадження. Для аренних місцезнаходжень Фа трав'яних видів виявилась незначною.

Дослідження чотирьох степових угруповань показало, що як і в лісових насадженнях, переважна більшість зростаючих видів також належать до першої групи Фа за ПП: «Балка Зелена» і «Урочище Степок» – 73,4%; «Балка Комарова» – 70,7% та «Урочище Пригір'я» – 73,3% (рис. 5). П'ята група видів – *Galium ruthenicum*, *G. aparine*, *Poa angustifolia* і *Bromopsis inermis* присутні в «Урочищі Степок». Наявність таких видів, як *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Eryngium campestre* L., *Galatella villosa* (L.) Rchb.f. та *Prunus stepposa* Kotov із другої групи в «Балці Комарова» свідчить про значну деградацію ценозу внаслідок пасовищного навантаження.

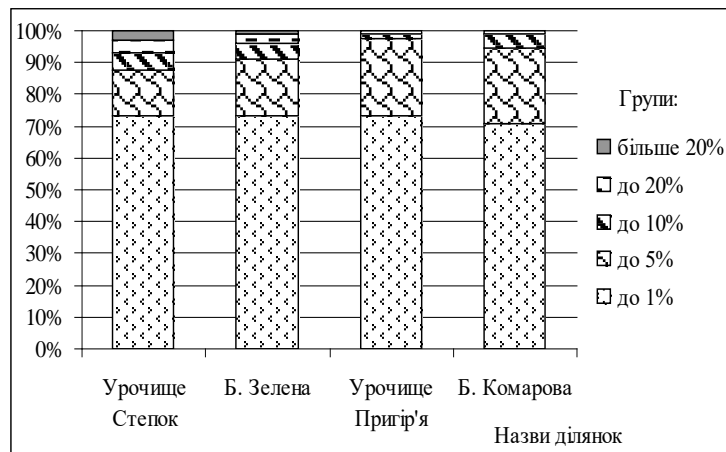


Рис. 5. Фітоценотична активність трав'яних видів за проективним покриттям у степових угрупованнях Криворіжжя

Отже, найбільшу Фа за ПП мають види, що пристосовані до існування в посушливих умовах. Пасовищне навантаження зменшує кількість видів, що мають високу Фа, а розчленованість рельєфу зумовлює зростання участі видів з невисоким рівнем цього показника. Повне заповідання призводить до значного зменшення Фа за ПП для степових видів та його збільшення для рудеральних та мезофітних видів.

Фітоценотична активність (Фа) за фітомасою (Фм) в лісонасадженнях і степових угрупованнях визначалась у 2004 і 2005 роках (табл. 2). Встановлено, що число видів рослин (із 10 укiсних ділянок із загальною площею 10 м²) у восьми лісових фітоценозах по роках досліджень не однаково. У складі шести фітоценозів їх було більше у 2004 р., а для двох – у 2005 р. Аналіз частоти трапляння видів на досліджених ділянках показав, що вона може варіювати від 10% до 100%, як і, відповідно, їх надземна фітомаса. Види, які трапляються в кожному з 10 укосів, зроблених у різновікових деревостанах *Gleditsia triacanthos* у 2004 р., ті ж самі, це *Anisantha tectorum*, *Anthriscus sylvestris*, *Galium aparine* L. В 2005 р. у 30-річних насадженнях на укосах відсутній *Anthriscus sylvestris*, а в 40-річних деревостанах цей вид зустрічається в 7 із 10 укосах, а в 50-річних насадженнях його присутність становить 40%.

В деревостанах *Quercus robur* на всіх укосах у 2004–2005 роках із траплянням у 100% присутній тільки *Geum urbanum* за винятком двох деревостанів із підліском. Цей вид у насадженнях *Robinia pseudoacacia* трапляється з частотою 10% у 2004 р., а в 2005 р. взагалі був відсутній, як і в соснових деревостанах. Потрібно відмітити, що маса *Geum urbanum*, як і інших видів, суттєво варіює у складі окремих укосів, навіть у межах одного фітоценозу. Так, наприклад, в 30-річних насадженнях *Quercus robur* в 10 укосах фітомаса цього виду змінюється в межах 6,9–27,6 г/м² абсолютно сухої речовини. Таким чином, в 10 укосах, кожний по 1 м², з трьох насаджень однієї деревної породи в два послідовні роки досліджень відмічається різне видове представництво трав'яних рослин. Це може бути пов'язано з тим, що хоча укоси і проводились в одному угрупованні, проте у різних його місцях (1 м²) кожного року. З іншого боку, це свідчить, що більшість видів трав'яних рослин не відзначаються значною поширеністю та щільністю в досліджених фітоценозах. Це відбивається, відповідно, на загальній масі рослин упродовж двох років спостережень, як у насадженні з однієї породи, так і в різних за віком та видовим складом деревостанах. Найбільше число видів та Фа за Фм були зафіксовані в сосновому насадженні, а найменші числові показники встановлені для 30-річної *Gleditsia triacanthos*. Зростання фітомаси надземного покриву в старших за віком насадженнях з цієї породи пов'язане зі збільшенням кількості видів, які трапляються в укосах із частотою 100%. Саме у цих видів фітомаса варіює від 36,7 до 66,6 г/м² абсолютно сухої речовини, тоді як у видів, що трапляються з частотою 10–50 %, вона становить, як правило, не більше 20 г/м².

Таблиця 2.
Число видів рослин, їх маса в об'єднаних вибірках із 10 укосів (сумарна площа 10 м²) та подібність у різні роки в фітоценозах лісових угруповань Криворіжжя

№ ділянки	Лісова порода, вік	Число видів, шт.		Фітомаса, в г. сух. речовини		Подібність за роками, у %	
		2004 р.	2005 р.	2004 р.	2005 р.	за числом видів	за фітомасою
1	<i>Gleditsia triacanthos</i> віком до 30 р.	7	8	216,1	151,0	42,9	21,8
2	<i>Gleditsia triacanthos</i> віком до 40 р.	9	6	284,5	238,8	50,0	56,4
3	<i>Gleditsia triacanthos</i> віком понад 50 р.	8	12	276,3	345,4	42,9	20,9
4	<i>Quercus robur</i> віком до 30 р.	14	8	347,5	256,7	37,5	30,2
6	<i>Quercus robur</i> віком понад 50 р.	15	6	407,0	285,8	40,0	14,5
7	<i>Robinia pseudoacacia</i> віком понад 50 р.	10	3	260,3	175,0	37,5	36,8
9	<i>Pinus pallasiana</i> + <i>P. sylvestris</i> віком понад 50 р.	18	15	442,5	386,9	41,7	49,7
11	<i>Quercus robur</i> з підліском <i>Caragana arborescens</i> та <i>Euonymus europaea</i> віком до 40р.	10	12	312,0	260,0	46,7	58,7

Для визначення впливу складу порід штучних лісів і типу їх світлової структури на специфіку підпологового трав'яного рослинного покриву був проведений аналіз флористичної подібності (Фп) в укосах трав'янистих рослин деревостанів упродовж двох років спостережень. Найвищі показники Фп за кількістю видів в укосах встановлено для насаджень *Gleditsia triacanthos* віком до 40 р. (50,0%), а за Фм в цьому ж насадженні – 56,4% та в діброві з підліском – 58,7% (табл. 2). Тіньовий тип світлової структури в деревостанах *Quercus robur* є суттєвим показником, що зменшує подібність за фітомасою трав'яного покриву.

В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що у степових угрупованнях при розподілі Фа видів за Фм по роках постійну ценотичну активність мають лише домінантні види (*Stipa capillata*, *Jurinea brachycephala*, *Linum czerniaevii* Klokov, *Galatella villosa*, *Bromopsis inermis*, *Galium ruthenicum*, *Poa angustifolia*, *Elytrigia trichophora* (Link) Nevski, *Vicia cracca*). Натомість Фа за Фм інших видів не завжди стабільна і може суттєво змінюватися. В фітоценозах «Урочища Степок» склад інших груп постійно змінюється у залежності від сукцесійних змін, які спричиняє мезофітизація умов. Найбільш стійкими за даних умов виявились угруповання з домінуванням *Bromopsis inermis*.

Дослідження числа видів та фітомаси в укосах, відібраних на степових ділянках (табл. 3), показало, що кількість видів виявилась більшою, за винятком окремих фітоценозів, у порівнянні з укосами з лісових насаджень.

За показником Фм степові фітоценози в більшості випадків переважають лісові, іноді в 2–4 рази. Як в укосах з лісових угруповань, так і степових, кількість видів та показник Фм по рокам не є постійними й можуть варіювати. Максимальний рівень подібності за числом видів, що трапляються в укосах обох років спостережень, складав 62,5% у фітоценозі з домінуванням *Jurinea brachycephala* «Урочища Пригір'я», а за фітомасою з локальним домінантом *Stipa capillata* – в балці «Зелена» (56,0%) і балці «Комарова» – 57,1%. Низька Фп за Фм у фітоценозах, де переважає *Linum czerniaevii* («Балка Комарова» – 16,6%), спричинена їх розташуванням на еродованих схилах з виходами вапняків, що сприяє значному коливанню фітомаси, навіть за незначних змін умов зростання.

Таблиця 3.

Кількість видів рослин, їх маса в об'єднаних вибірках із 10 укосів (сумарна площа 10 м²) та подібність у різні роки в фітоценозах степових угруповань Криворіжжя

№ ділянки	Дослідна ділянка	Домінанти фітоценозів	Число видів, шт.		Фітомаса, в г. сух. речовини		Подібність за роками, у %	
			2004 р.	2005 р.	2004 р.	2005 р.	за числом видів	за фіто-масою
13	Балка Зелена	(<i>Stipa capillata</i>)	31	27	1033,8	892,6	40,9	56,0
	Балка Зелена	(<i>Jurinea brachycephala</i>)	27	21	688,3	792,2	41,2	53,0
	Балка Зелена	(<i>Galatella villosa</i>)	33	26	838,3	886,0	37,2	35,2
14	Урочище «Пригір'я»	(<i>Stipa capillata</i>)	22	22	656,6	529,3	43,3	43,3
	Урочище «Пригір'я»	(<i>Jurinea brachycephala</i>)	20	19	650,2	624,2	62,5	40,2
15	Балка Комарова	(<i>Stipa capillata</i>)	16	22	445,4	639,1	46,2	57,1
	Балка Комарова	(<i>Galatella villosa</i>)	18	26	502,5	604,0	33,3	42,4
	Балка Комарова	(<i>Linum czerniaevii</i>)	23	11	813,6	380,0	30,8	16,6

Проведений порівняльний аналіз свідчить, що степові фітоценози значно продуктивніші порівняно з лісовими. При цьому як степові, так і лісові угруповання характеризуються досить високим рівнем гетерогенності за показником Фм, що пов'язано з неоднорідністю видового складу фітоценозів.

Висновки

1. Видовий склад деревних насаджень визначає можливості розвитку чагарникового ярусу та надземного трав'яного покриву у залежності від типу світлової структури. Простежується чітка залежність між віком насаджень і розвитком компонентів угруповань. Особливістю дібров є формування багаторядних структур завдяки чагарникам, які в сосняках розвиваються дуже повільно. Територіальна структура дослідної ділянки «Урочище Степок» залежить від абсолютно повного і тривалого (близько 70 років) режиму заповідання, мезофітизації та рудералізації угруповань.

2. Флористична подібність, частота трапляння видів та їх співвідношення, а також фітоценотична активність за фітомасою залежать від породного складу деревних насаджень, їхнього віку, типу світлової структури та кліматичних умов року.

3. Найвищі показники флористичної подібності як за числом видів, так і за фітомасою встановлені для трьох різновікових насаджень *Gleditsia triacanthos*. Тіньовий тип світлової структури в молодих і зрілих деревостанах *Quercus robur* є суттєвим фактором, який зменшує подібність за фітомасою трав'яного покриву. В степових угрупованнях подібність за їх флористичним складом залежить від пасквальної дигресії, а за фітомасою – від домінантних видів у фітоценозах.

4. У трав'яному покриві лісонасаджень найбільше число видів має невисоку частоту трапляння до 20% (1 група) зі значною часткою рудералів, які відіграють важливу роль на початкових стадіях формування ценотичного середовища. У подальшому суттєво збільшується частка чагарникових видів. Пасквальна дигресія степових угруповань зменшує число видів (1–2 види), які належать до 5 групи (80–100 % трапляння), а висока розчленованість рельєфу сприяє збільшенню числа видів, які належать до 1 групи за частотою трапляння (107–201 видів).

5. В лісових і степових угрупованнях найбільшу фітоценотичну активність за проєктивним покриттям мають види, які належать до 1 групи (до 1%). На аренних місцезростаннях

фітоценотична активність трав'яних видів невисока. В степових фітоценозах високу фітоценотичну активність за проективним покриттям мають види, що існують в ксерофітних умовах. За фітомасою фітоценотична активність видів, як в лісових, так і в степових угрупованнях, змінюється з роками, а постійну ценотичну активність мають лише домінантні види.

Список літератури / References

- Альбицкая М.А. Основные закономерности формирования травяного покрова в искусственных лесах степной зоны УССР // Искусственные леса степной зоны Украины: Сб. науч. тр. – Харьков, 1960. – С. 155–209. /Albitskaya M.A. The main laws of the formation of grass cover in artificial forests of the steppe zone of the USSR // Artificial forests of the steppe zone of Ukraine: Collection of scientific papers. – Kharkov, 1960. – P. 155–209./
- Банникова И.А. Влияние древесной и кустарниковой растительности на развитие нижних ярусов лесных биогеоценозов. – М.: Наука, 1967. – 101с. /Bannikova I.A. The influence of tree and shrub vegetation on the development of the lower tiers of forest biogeocenoses. – Moscow: Nauka, 1967. – 101p./
- Бельгард А.Л. К теории структуры искусственного лесного сообщества в степи // Искусственные леса степной зоны Украины. – Харьков, 1960. – С. 17–32. /Belgard A.L. To the theory of the structure of an artificial forest community in the steppe // Artificial forests of the steppe zone of Ukraine. – Kharkov, 1960. – P. 17–32./
- Бельгард А.Л. Степное лесоведение. – М.: Лесная пром-ть, 1971. – 338с. /Belgard A.L. Steppe forest science. – Moscow: Forest industry, 1971. – 338p./
- Бельков В.П., Омеляненко А.Я., Мартынов А.Н. Регулирование травяного покрова в лесу. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 112с. /Belkov V.P., Omelianenko A.Ya., Martynov A.N. Regulation of the grass cover in the forest. – Moscow: Forest industry, 1974. – 112p./
- Высоцкий Г.Н. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство (учение о лесной пертиненции). – М.: Гослесбумиздат, 1950. – 102с. /Vysotsky G.N. The doctrine of the effect of forest on the change of its growth environment and on the surrounding space (the doctrine of forest pertinencia). – Moscow: Goslesbumizdat, 1950. – 102p./
- Вышивкин В.Д. Геоботаническое картографирование. – М.: Наука, 1984. – 166с. /Vyshivkin V.D. Geobotanical mapping. – Moscow: Nauka, 1984. – 166p./
- Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316с. /Golubets M.A. Ecosystemology. – Lviv: Polly, 2000. – 316p./
- Графф В.Е. Об освоении древесных растений в Великоандольском рассаднике // Газ. лесоводства и охоты. – 1858. – № 30. – С. 361–366; № 31. – С. 373–378. /Graff V.E. On the development of woody plants in Velikoandolskogo nursery // Newspaper of forestry and hunting. – 1858. – No. 30. – P. 361–366; no. 31. – P. 373–378./
- Григора І.М., Соломаха В.А. Рослинність України (еколого-ценотичний, флористичний та географічний нарис). – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 452с. /Grygora I.M., Solomakha V.A. Vegetation of Ukraine (ecological-cenotic, floristic and geographical essay). – K.: Phytocenter, 2005 – 452p./
- Дидух Я.П. Проблемы активности видов растений // Ботаничний журнал. – 1982. – Т.67, №7. – С. 925–935. /Didukh Ya.P. Problems of activity of plant species // Botanical journal. – 1982. – Vol.67, no. 7. – P. 925–935./
- Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. 1892 // Избр. труды. – М.–Л.: АН СССР, 1949. – С. 317–438. /Dokuchaev V.V. Our steppe before and now. 1892 // Selected works. – M.–L.: ANSSSR, 1949. – P. 317–438./
- Иванько І.А. Роль световой структуры лесных сообществ в степи в формировании и продуктивности травяного покрова // Экологія та ноосферологія. – 1999. – Т.6, № 1–2. – С. 84–91. /Ivanko I.A. The role of the light structure of forest communities in the steppe in the formation and productivity of the grass cover // Ekologiya ta noosferologiya. – 1999. – T. 6, no. 1–2. – P. 84–91./
- Ковылин Н.В., Ковылина О.П., Савин Е.Н. и др. Рост и формирование полезащитной лесной полосы из сосны обыкновенной // Лесное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 39–40. /Kovylin N.V., Kovylyina O.P., Savin E.N. et al. Growth and formation of field-protective forest belt from Scots pine // Forestry. – 2006. – No. 2. – P. 39–40./
- Красова О.О., Шевчук Н.Ю., Коршиков І.І. Флористична та ценотична характеристики моніторингових степових ділянок південної частини Криворіжжя // Український ботаничний журнал. – 2015. – Т.72, №5. – С. 431–441. /Krasova O.O., Shevchuk N.Yu., Korshikov I.I. Floristic and coenotic characteristics of steppe monitoring sites in the southern part of Kryvyi Rih area // Ukrainian Botanical Journal. – 2015. – Vol.72, no. 5. – P. 431–441./
- Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М., Шищенко П.Г. Удосконалена схема фізико-географічного районування України // Український географічний журнал. – 2003. – №1. – С. 16–23. /Marinych O.M., Parkhomenko G.O., Petrenko O.M., Shishchenko P.G. Improved scheme of physical and geographical zoning of Ukraine // Ukrainian Geographical Journal. – 2003. – No. 1. – P. 16–23./
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломешч А.И. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001. – 264с. /Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. Modern science about vegetation. – Moscow: Logos, 2001. – 264p./
- Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика биологического круговорота азота и зольных элементов в основных типах растительности Земного шара. – Л., 1965. – 283с. /Rodin L.E., Bazilevich N.I. Dynamics of the biological cycle of nitrogen and ash elements in the main types of vegetation on the globe. – Leningrad, 1965. – 283p./

Третьяков Н.В. Некоторые положения советской лесной таксации // Справочник таксатора. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – С. 18–62. /Tret'yakov N.V. Some provisions of the Soviet forest taxation // Directory of the taxator. – M.-L.: Goslesbumizdat, 1952. – P. 18–62./

Чернов Ю.И., Певев А.Д. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современной биологии. – 1991. – Т.111, вып. 4. – С. 499–507. /Chernov Yu.I., Penev A.D. Biological diversity: the nature and problems // Advances in Modern Biology. – 1991. – Vol.111, issue 4. – P. 499–507./

Шмидт В.И. Математические методы в ботанике: учебное пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1984. – 288с. /Shmidt V.I. Mathematical methods in botany: a textbook. – Leningrad: Publishing house of Leningrad State University, 1984. – 288p./

Екологічні основи природопользования / Под. ред. Н.П.Грицан. – Днепропетровск: ИППЭ НАН Украины, 1998. – 409с. /Ecological bases of prirodopol'zovaniya / Ed. N.P.Gritsan. – Dnepropetrovsk: IPPE of NAS of Ukraine, 1998. – 409p./

Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. – Ленинград: Наука, 1968. – 345с. /Yurtsev B.A. Flora of Suntar-Hayat. – Leningrad: Science, 1968. – 345p./

Представлено: І.І.Коршиков / Presented by: I.I.Korshikov

Рецензент: Ю.Г.Гамуля / Reviewer: Yu.G.Gamulya

Подано до редакції / Received: 29.07.2018

About the author: N.Yu. Shevchuk – Kryvyi Rih Botanical Garden of NAS of Ukraine, Marshak Str., 50, Kryvyi Rih, Ukraine, 50089, natkasa@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5683-1530>

Про автора: Н.Ю.Шевчук – Криворізький ботанічний сад НАН України, вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, Україна, 50089, natkasa@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5683-1530>

Об авторе: Н.Ю.Шевчук – Криворожский ботанический сад НАН Украины, ул. Маршака, 50, Кривой Рог, Украина, 50089, natkasa@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5683-1530>

••• ГЕНЕТИКА ••• GENETICS •••

УДК: 612.68-019:616.152.21

Тривалість розвитку та життя *Drosophila melanogaster* за умов личинкового розвитку при гіпоксії та гіпероксії А.В.Писарук, Г.С.Караман, Н.М.Кошель, Л.В.Мехова, О.М.Вайсерман, І.А.Козерецька, О.Г.Чака, І.Г.Літовка, М.І.Левашов

Різноманітні фактори оточуючого середовища можуть впливати на метаболічні процеси, фізіологічні параметри та на тривалість життя організму в цілому. Оскільки старіння можна розглядати як частину розвитку згідно з «онтогенетичною теорією старіння», то можна припустити, що швидкість розвитку корелює з тривалістю життя. Розуміння того, як організми реагують на різноманітні концентрації O_2 є областю інтенсивного наукового вивчення. Відомо, що рівень кисню в оточуючому середовищі впливає на розміри тіла, темпи росту, темпи розвитку і тривалість клітинного циклу у *Drosophila melanogaster*, проте дані про вплив на тривалість життя залишаються суперечливими. В даному дослідженні ми вивчали вплив гіпоксії (10% O_2) та гіпероксії (40% O_2) на личинковій стадії розвитку в оточуючому середовищі на тривалість розвитку та життя *Drosophila*. В якості контролю використовували дрозофіл, яких утримували в атмосферному повітрі (21% O_2). На стадії імаго всі мушки знаходилися в умовах атмосферного повітря. Результати представляли у вигляді кривих виживання і розраховували середню та максимальну тривалість життя. Тривалість розвитку *Drosophila melanogaster*, яких утримували в умовах гіпоксії, збільшувалась на одну добу порівняно з контролем і не змінювалась при гіпероксії. Середня та максимальна тривалість життя достовірно зменшувалась при гіпероксії (середня – на 17% у самців і 10% у самок, максимальна – на 17% у самців, $p < 0,001$). Гіпоксія по-різному впливала на самців і самок. Середня тривалість життя самців достовірно не змінювалась, а максимальна – збільшувалась на 11% ($p < 0,001$). У самок гіпоксія в період розвитку призводила до зниження середньої тривалості життя на 18% і максимальної – на 8%. Отримані в ході нашого дослідження дані дозволяють зробити висновок, що концентрація кисню в оточуючому середовищі на стадії розвитку дрозофіл достовірно впливає на їх ТЖ на стадії імаго, що можна пояснити епігенетичними механізмами. Гіпероксія на стадії розвитку несприятливо впливала на тривалість життя дрозофіл, мабуть, внаслідок шкідливої дії вільнорадикальних процесів. Виявлено міжстатеві відмінності ефектів гіпоксії на стадії розвитку. Якщо у самок вона призводила тільки до негативних ефектів, то у самців розвиток в умовах гіпоксії призводив до продовження життя, можливо, за рахунок явища гормезису.

Ключові слова: *Drosophila melanogaster*, гіпоксія, гіпероксія, тривалість життя, тривалість розвитку.

Development and lifespan duration of *Drosophila melanogaster* at the larval development under hypoxia and hyperoxia

А.В.Писарук, Н.С.Караман, Н.М.Кошель, Л.В.Мехова, А.М.Вайсерман, І.А.Козерецька, О.Г.Чака, І.Г.Літовка, М.І.Левашов

Various environmental factors can affect metabolic processes, physiological parameters and the lifespan of the whole organism. Since aging can be considered as part of development in accordance with the "developmental theory of aging", we can assume that development duration correlates with adult lifespan. Understanding how organisms react to different concentrations of O_2 is an area of intense scientific study. It is known that ambient oxygen level affects body size, growth and development rates, cell cycle duration in *Drosophila melanogaster*, but data on the impact on lifespan remain controversial. In this study, we studied the influence of hypoxia (10% O_2) and hyperoxia (40% O_2) at the larval stage of development on the duration of *Drosophila* development and lifespan. *Drosophila* kept in atmospheric air (21% O_2) was used as control. At the imago stage all the flies were kept in atmospheric air conditions. The results were presented as survival curves and average and maximum lifespan were calculated. The development duration of *Drosophila melanogaster*, which were kept under hypoxia, increased by one day compared to control and did not change at hyperoxia. Average and maximum life span significantly decreased at hyperoxia (average – by 17% in males and 10% in females, maximum – by 17% in males, $p < 0,001$). Hypoxia in different ways influenced males and females. The average lifespan of males did not significantly change and the maximum – increased by 11% ($p < 0,001$). In females, hypoxia during development led to a decrease in average lifespan by 18% and in maximum life span by 8%. The data obtained during our investigation allow us to conclude that the concentration of oxygen in the environment at the stage of development of *Drosophila* affects their life expectancy at the stage of imago, which can be explained by epigenetic mechanisms. Hyperoxia at the developmental stage adversely affected the life expectancy of fruit flies, probably due to the adverse effects of

free-radical processes. Sex differences in the effects of hypoxia at the developmental stage were revealed. In female flies, it led to negative effects, while in males development under hypoxic conditions extended life span, probably due to the phenomenon of hormesis.

Key words: *Drosophila melanogaster*, hypoxia, hyperoxia, life span, development duration.

Продолжительность развития и жизни *Drosophila melanogaster* в условиях личиночного развития при гипоксии и гипероксии
А.В.Писарук, А.С.Караман, Н.М.Кошель, Л.В.Мехова, А.М.Вайсерман, И.А.Козерецкая, Е.Г.Чака, И.Г.Литовка, М.И.Левашов

Различные факторы окружающей среды могут влиять на метаболические процессы, физиологические параметры и на продолжительность жизни организма в целом. Поскольку старение можно рассматривать как часть развития согласно «онтогенетической теории старения», можно предположить, что скорость развития коррелирует с продолжительностью жизни. Понимание того, как организмы реагируют на различные концентрации O_2 , является областью интенсивного научного изучения. Известно, что уровень кислорода в окружающей среде влияет на размеры тела, темпы роста, темпы развития и длительность клеточного цикла у *Drosophila melanogaster*, однако данные о влиянии на продолжительность жизни остаются противоречивыми. В данном исследовании мы изучали влияние гипоксии (10% O_2) и гипероксии (40% O_2) на личиночной стадии развития в окружающей среде на продолжительность развития и жизни *Drosophila*. В качестве контроля использовали дрозофил, которых содержали в атмосферном воздухе (21% O_2). На стадии имаго все мушки находились в условиях атмосферного воздуха. Результаты представляли в виде кривых выживания и рассчитывали среднюю и максимальную продолжительности жизни. Продолжительность развития *Drosophila melanogaster*, которых содержали в условиях гипоксии, увеличивалась на одни сутки по сравнению с контролем, и осталась без изменений при гипероксии. Средняя и максимальная продолжительность жизни достоверно уменьшалась при гипероксии (средняя – на 17% у самцов и 10% у самок, максимальная – на 17% у самцов, $p < 0,001$). Гипоксия по-разному влияла на самцов и самок. Средняя продолжительность жизни самцов достоверно не менялась, а максимальная – увеличивалась на 11% ($p < 0,001$). У самок гипоксия в период развития приводила к снижению средней продолжительности жизни на 18% и максимальной – на 8%. Полученные в ходе нашего исследования данные позволяют сделать вывод, что концентрация кислорода в окружающей среде на стадии развития дрозофил достоверно влияет на их продолжительность жизни на стадии имаго, что можно объяснить эпигенетическими механизмами. Гипероксия на стадии развития неблагоприятно влияла на продолжительность жизни дрозофил, вероятно, вследствие вредного воздействия свободно-радикальных процессов. Выявлены межполовые различия эффектов гипоксии на стадии развития. Если у самок она приводила только к негативным эффектам, то у самцов развитие в условиях гипоксии продлевало жизнь, возможно за счет явления гормезиса.

Ключевые слова: *Drosophila melanogaster*, гипоксия, гипероксия, продолжительность жизни, продолжительность развития.

Вступ

Відомо, що кисень відіграє головну роль у виробництві АТФ у аеробних організмів, окислюючи такі субстрати, як глюкоза і жирні кислоти. В той же час, в процесі тканинного дихання в мітохондріях, як побічний продукт, утворюються активні форми кисню, які можуть індукувати кумулятивні окислювальні пошкодження біомолекул. Вільно-радикальна теорія старіння постулює вирішальну роль цих процесів у розвитку вікових змін організму. Низкою експериментальних робіт на *Drosophila* було показано, що високий вміст кисню в середовищі істотно скорочує тривалість життя імаго (Philpott et al., 1974; Sohal et al., 1993; Baret et al., 1994; Mockett et al., 1999). Виходячи з цієї концепції, гіпоксія повинна продовжувати життя. Однак, результати досліджень впливу гіпоксії на тривалість життя дрозофіл суперечливі (Vigne, Frelin, 2006; Strehler, 1962). Аналіз цих результатів показує, що вплив атмосферного кисню на тривалість життя може мати нелінійний характер, а саме параболічну форму.

Різні організми характеризуються різною фізіологічною відповіддю на зміни рівня кисню в атмосфері, а коливання вмісту вільних форм кисню також спричиняють різні ефекти на молекулярному рівні. Більшість комах реагують на зміни вмісту кисню в атмосфері шляхом модифікацій ступеня спіракулярного відкриття, конвективної вентиляції та рівня рідини в трахеї (Harrison et al., 2006). Крім того, гіпоксичний вплив під час розвитку викликає індукцію чинника HIF (Hypoxia Inducible Factor – гіпоксія-індукуючий фактор), який опосередковує низку відповідей на гіпоксію, включаючи проліферацію і ріст клітин трахеї (Centanin et al., 2008; Lavista-Llanos et al.,

2002). Такі різноманітні фізіологічні та біохімічні реакції організму на вміст кисню в середовищі не дозволяють однозначно передбачити те, як гіпероксія і гіпоксія впливатимуть на окислювальний стрес і старіння. Розвиток дрозофіл на личинковій стадії в гіпоксичних умовах призводить до збільшення у них діаметра та кількості трахеальних трубок (Henry, Harrison, 2004; Jarecki et al., 1999), що потенційно може призвести до більш високого вмісту кисню в тканинах за будь-якого його рівня в середовищі, що може спричинити і ріст продукції вільних радикалів, і, як наслідок, скорочення тривалості життя.

Показано, що на розміри імаго впливає рівень кисню в середовищі, де розвиваються личинки. Так, за вмісту кисню менше 21% розмір тіла дрозофіл лінійно зменшується (Pesc, Maddrell, 2005), а вище 21% дещо збільшується (Frazier et al., 2001). Можливо, що ці відмінності в розмірах тіла імаго можуть впливати на швидкість старіння через пов'язані з ними зміни в швидкості метаболізму. Рівень атмосферного кисню також може впливати на концентрації ферментів антиоксидантного захисту (Benedetti et al., 2004; Magalhaes et al., 2004) і на гени і ферменти, які беруть участь у відновленні окисного пошкодження. Нарешті, можливо, що окислювальний негативний ефект, пов'язаний з підвищеним вмістом кисню в атмосфері, в якій розвиваються личинки, є кумулятивним і спричиняє вплив на стадії імаго, зменшуючи тривалість життя дорослих особин. Хоча більшість тканин дорослих мух розвиваються з імагінальних дисків, деякі тканини формуються безпосередньо з ювенільних клітин (Weaver, Krasnow, 2008), що дозволяє передбачити наявність механізмів передачі окисного пошкодження від личинок до дорослих особин дрозофіл.

Результати багатьох досліджень свідчать, що тривалість життя організму може бути «запрограмованою» такими чинниками, як харчування або інші фактори оточуючого середовища на стадії розвитку (Vaiserman, 2014, 2015a, 2015b; Vaiserman et al., 2014; Vaiserman, Voitenko, 2003). В контексті цього активно вивчається «онтогенетична теорія старіння» (The Developmental Theory of Ageing), запропонована Лінтсом в 1978 році (De Magalhaes, 2012; Walker, 2011; Lints, 1978), зокрема на експериментальній моделі плодової мушки *D. melanogaster*. У таких дослідженнях швидкість розвитку мух модифікують шляхом варіювання температури або концентрації дріжджового екстракту в поживному середовищі (ПС) личинок.

Довготривалі епігенетичні зміни експресії генів, викликані факторами оточуючого середовища на ранніх стадіях розвитку організму, останнім часом розглядаються як можливий механізм фізіологічної адаптації. Більшість доказів на користь цієї концепції отримано на експериментальних моделях гризунів (Langley-Evans, 2015; Tarry-Adkins, Ozanne, 2014) і в епідеміологічних дослідженнях (Vaiserman, 2015a, 2015b). Однак таких досліджень на дрозофілі значно менше. Так, було встановлено, що продовження життя, обумовлене личинковим «перенаселенням», супроводжується підвищенням рівня експресії гена *Hsp70* (білки теплового шоку 70) і збільшенням стійкості до теплового шоку в імаго (Tarry-Adkins, Ozanne, 2014). У дослідженні Вайсерман із співавторами (Vaiserman et al., 2014) обмеження харчування на личинкових стадіях *D. melanogaster* призводило до збільшення тривалості життя (ТЖ) і підвищення рівня експресії гена *InR* (інсуліновий рецептор), від якого залежить ТЖ плодових мушок.

Згідно з «онтогенетичною теорією старіння» цей процес слід розглядати як частину розвитку, яка настає після стадій росту та диференціації клітин (Lints, 1978). Тому передбачається, що швидкість розвитку повинна корелювати з ТЖ. Відомо, що інтенсивність тканинного дихання, а отже і всіх метаболічних процесів, залежить від концентрації кисню в тканинах. Зміни швидкості метаболізму, в свою чергу, можуть впливати на тривалість розвитку. Тому метою цього дослідження було вивчення впливу різних концентрацій кисню (O_2) в оточуючому середовищі дрозофіл на стадії личинкового розвитку на тривалість їх розвитку та життя.

Об'єкти та методи дослідження

Експеримент проводили на лінії дикого типу *Oregon-R D. melanogaster*. Лінія була отримана з колекції Київського національного університету імені Тараса Шевченка. На стадії розвитку (личинок і лялечок) утримували за різної концентрації O_2 в оточуючому середовищі. Одну групу дрозофіл (група I) утримували в умовах гіпоксії ($O_2=10\%$), а іншу (група III) – гіпероксії ($O_2=40\%$). Контрольна група (група II) дрозофіл розвивалася в умовах атмосферного повітря ($O_2=21\%$). Контейнери з дрозофілами I та III груп розташовували в герметичних камерах, в які подавали відповідну газову суміш зі швидкістю 2,5 см³/с. Подачу газової суміші здійснювали з балону,

швидкість подачі регулювали ротаметром. Контроль вмісту кисню в герметичних камерах здійснювали за допомогою газоаналізатора МИК-М.

На стадії імаго всіх мушок утримували в умовах атмосферного повітря, при температурі 25°C, відносній вологості повітря 70% і 12-годинних періодах чергування світла і темряви, на стандартному поживному середовищі (манна крупа, цукор, дріжджі, агар-агар та пропіонова кислота).

У кожній групі середню тривалість розвитку від яйця до імаго визначали як проміжок від середнього часу періоду яйцекладіння до середнього часу періоду появи дорослих особин. Яйцекладіння тривало приблизно 4–5 годин, отже, культура дрозофіл була синхронізована. Вилуплення імаго тривало близько доби. На 3 добу імаго розділяли за статтю і розсаджували в окремі пробірки по 25 особин на кожну (10 повторів на групу) для проведення тесту на тривалість життя. Показник ТЖ в групах визначали в десяти повторах (всього було 250 особин кожної статі на групу). Через день дрозофіл пересаджували в пробірки зі свіжим ПС, при цьому мертвих комах видаляли, підраховуючи їх кількість. Протягом експерименту під час пересадки 3 самці і 4 самки з технічних причин були втрачені. Такі маніпуляції повторювали до загибелі останньої особини. Після цього розраховували середню тривалість життя (СТЖ) самок і самців дрозофіли. Показник максимальної тривалості життя (МТЖ) визначали як СТЖ 10% мушок, які найдовше прожили в кожній групі.

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували програму Statistica 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Статистичну значущість показників визначали за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу ANOVA (Le Bourg, 2014) з подальшими апостеріорними співставленнями груп (Tukey HSD post hoc tests). Варіаційна статистика для даних приведена у вигляді – середнє значення \pm стандартна похибка. Відмінності вважалися значущими при $p < 0,05$.

Результати та обговорення

Результати проведених досліджень показали, що тривалість розвитку дрозофіл збільшувалася в середньому на 1 добу в умовах гіпоксії. Це можна пояснити тим, що дефіцит кисню уповільнює клітинне дихання і напрацювання енергії, необхідної для зростання мушок. В даному випадку дія гіпоксії аналогічна зниженню температури оточуючого середовища, за якого також сповільнюється метаболізм (Караман та ін., 2018).

В умовах гіпероксії тривалість розвитку дрозофіл не змінювалася. Мабуть, за високої концентрації кисню в оточуючому середовищі не відбувається збільшення клітинного дихання, оскільки воно вже є максимальним при диханні атмосферним повітрям, або відображається токсична дія високої концентрації O₂, що викликає оксидативне пошкодження мітохондріальних ферментів.

Побудовані нами криві виживання дрозофіл (рис. 1, 2), розвиток яких проходив за різної концентрації кисню в оточуючому середовищі, свідчать про істотний вплив цього фактора на тривалість життя мушок. Так, у самців крива виживання в групі дрозофіл, які розвивалися при гіпероксії, зміщується вліво, що свідчить про меншу тривалість життя цих особин. У групі дрозофіл, які розвивалися при гіпоксії, крива виживання практично збігається з контрольною, за винятком її кінцевої частини, де спостерігається збільшення частки мух «довгожителів». У самок крива виживання в групі «гіпероксія» зміщена вліво при порівнянні з контрольною групою, що ілюструє зменшену тривалість життя мушок. У той же час, за розвитку в умовах гіпоксії, самки дрозофіл, на відміну від самців, стають менш життєздатними і вмирають швидше, ніж у контрольній групі.

Розрахунок середньої і максимальної тривалості життя дрозофіл різних груп (табл.) свідчить, що ці показники достовірно зменшуються при гіпероксії (СТЖ на 17% у самців і 10% у самок, МТЖ на 17% у самців, $p < 0,001$). Гіпоксія по-різному впливає на самок і самців. СТЖ самців достовірно не змінювалася, а МТЖ – збільшилась на 11%. У самок гіпоксія в період розвитку привела до зниження СТЖ на 18%, МТЖ – на 8%.

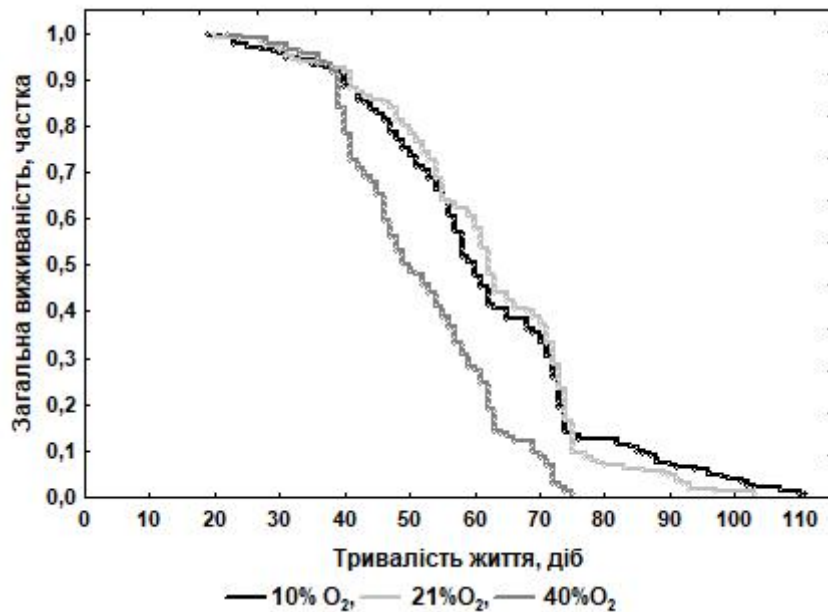


Рис. 1. Криві виживаності самців дрозофіли, личинковий розвиток яких проходив за різної концентрації кисню в оточуючому середовищі (попарне порівняння Log-Rank Test)

Примітка. Групи, між якими є статистично достовірна різниця:

- при попарному порівнянні групи III ($O_2=40\%$) з контрольною групою II ($O_2=21\%$) $p<0,001$;
- при попарному порівнянні групи I ($O_2=10\%$) з групою III ($O_2=40\%$) $p<0,001$.

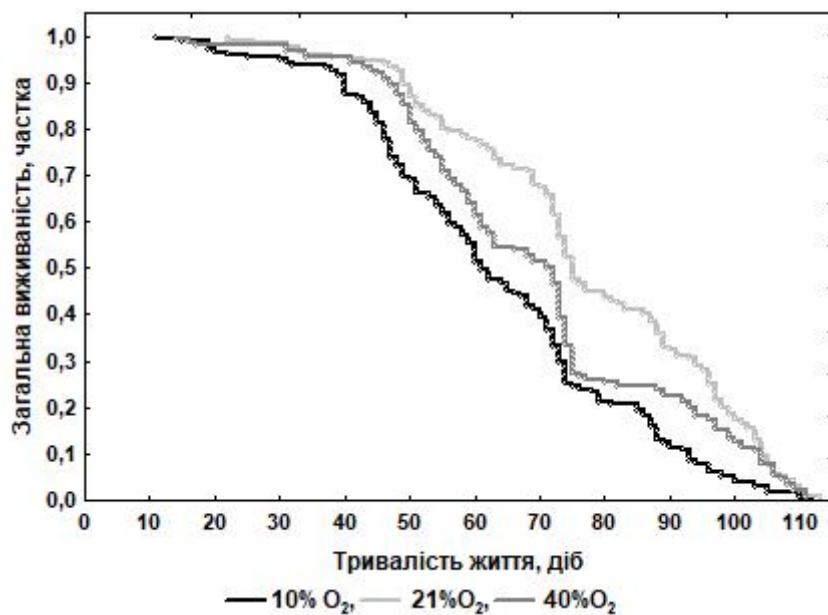


Рис. 2. Криві виживаності самок дрозофіли, личинковий розвиток яких проходив за різної концентрації кисню в оточуючому середовищі (попарне порівняння Log-Rank Test)

Примітка. Групи, між якими є статистично достовірна різниця:

- при попарному порівнянні групи I ($O_2=10\%$) з контрольною групою II ($O_2=21\%$) $p<0,001$;
- при попарному порівнянні групи III ($O_2=40\%$) з контрольною групою II ($O_2=21\%$) $p<0,05$;
- при попарному порівнянні групи I ($O_2=10\%$) з групою III ($O_2=40\%$) $p<0,05$.

Таблиця.

Середня і максимальна тривалість життя (СТЖ, МТЖ) *D. melanogaster*, личинковий розвиток яких проходив за різної концентрації кисню в оточуючому середовищі

Стать	Самці			Самки		
	Медіана, діб	СТЖ, діб	МТЖ, діб	Медіана, діб	СТЖ, діб	МТЖ, діб
Група I (O ₂ =10%)	60	61,18±1,26 (+1,1)	96,05±1,80* (-11,2)	61	63,22±1,59* (+18,3)	99,00±1,49* (+8,2)
Група II (O ₂ =21%)	62	61,83±1,23	86,35±2,04	75	77,40±1,51	107,90±0,62
Група III (O ₂ =40%)	50	51,46±0,89* (+16,8)	71,75±0,41* (+16,9)	71,5	69,86±1,77* (+9,7)	105,95±0,75 (+1,8)

Примітка: у дужках зазначені зміни відносно контролю (O₂=21%) у відсотках; **p*<0,001 (Tukey HSD post hoc tests)

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що концентрація кисню в оточуючому середовищі на стадії розвитку дрозофіл достовірно впливає на їх ТЖ на стадії імаго, що можна пояснити епігенетичними механізмами. Гіпероксія на стадії розвитку несприятливо впливає на ТЖ дрозофіл, мабуть, внаслідок шкідливої дії вільно-радикальних процесів. Виявлено міжстатеві відмінності ефектів гіпоксії на стадії розвитку. Якщо у самок вона призводить тільки до негативних ефектів, то у самців розвиток в умовах гіпоксії може призводити до продовження життя, можливо за рахунок явища гормезису.

Список літератури / References

- Караман Г.С., Вайсерман О.М., Писарук А.В. та ін. Вплив температури на личинковій стадії розвитку на тривалість життя *Drosophila melanogaster* // Фактори експериментальної еволюції організмів. – Київ, 2018. – Т.22. – С. 51–55. /Karaman A.S., Vaiserman A.M., Pisaruk A.V. et al. Influence of the temperature during the larval stage of development on lifespan in *Drosophila melanogaster* // Factors in experimental evolution of organisms. – Kyiv, 2018. – Vol.22. – P. 51–55./
- Baret P., Fouarge A., Bullens P., Lints F.A. Life-span of *Drosophila melanogaster* in highly oxygenated atmospheres // Mech. Ageing Dev. – 1994. – Vol.76. – P. 25–31.
- Benedetti S., Lamorgese A., Piersantelli M. et al. Oxidative stress and antioxidant status in patients undergoing prolonged exposure to hyperbaric oxygen // Clin. Biochem. – 2004. – Vol.37. – P. 312–317.
- Centanin L., Dekanty A., Romero N. et al. Cell autonomy of HIF effects in *Drosophila*: tracheal cells sense hypoxia and induce terminal branch sprouting // Dev. Cell. – 2008. – Vol.14. – P. 547–558.
- De Magalhaes J.P. Programmatic features of aging originating in development: aging mechanisms beyond molecular damage? // FASEB J. – 2012. – Vol.26, no. 12. – P. 4821–4826.
- Frazier M.R., Woods H.A., Harrison J.F. Interactive effects of rearing temperature and oxygen on the development of *Drosophila melanogaster* // Physiol. Biochem. Zool. – 2001. – Vol.74. – P. 641–650.
- Harrison J., Frazier M.R., Henry J.R. et al. Responses of terrestrial insects to hypoxia or hyperoxia // Respir. Physiol. Neurobiol. – 2006. – Vol.154. – P. 4–17.
- Henry J.R., Harrison J.F. Plastic and evolved responses of larval tracheae and mass to varying atmospheric oxygen content in *Drosophila melanogaster* // J. Exp. Biol. – 2004. – Vol.207. – P. 3559–3567.
- Jarecki J., Johnson E., Krasnow M.A. Oxygen regulation of airway branching in *Drosophila* is mediated by branchless FGF // Cell. – 1999. – Vol.99. – P. 211–220.
- Langley-Evans S.C. Nutrition in early life and the programming of adult disease: a review // J. Hum. Nutr. Diet. – 2015. – Vol.28, suppl 1. – P. 1–14.
- Lavista-Llanos S., Centanin L., Irisarri M. et al. Control of the hypoxic response in *Drosophila melanogaster* by the basic helix-loop-helix PAS protein similar // Mol. Cell. Biol. – 2002. – Vol.22. – P. 6842–6853.
- Le Bourg E. Limitations of log-rank tests for analysing longevity data in biogerontology // Biogerontology. – 2014. – Vol.15, no. 4. – P. 401–405.
- Lints F.A. Genetics and ageing. Interdisciplinary topics in gerontology. – Basel; New York: Karger, 1978. – P.124.

- Magalhaes J., Ascensao A., Viscor G. et al. Oxidative stress in humans during and after 4h of hypoxia at a simulated altitude of 5500m // *Aviat. Space. Environ. Med.* – 2004. – Vol.75. – P. 16–22.
- Mockett R.J., Sohal R.S., Orr W.C. Overexpression of glutathione reductase extends survival in transgenic *Drosophila melanogaster* under hyperoxia but not normoxia // *Faseb J.* – 1999. – Vol.13. – P. 1733–1742.
- Peck L.S., Maddrell S.H. Limitation of size by hypoxia in the fruit fly *Drosophila melanogaster* // *J. Exp. Zool. A Comp. Exp. Biol.* – 2005. – Vol.303. – P. 968–975.
- Philpott D.E., Bensch K.G., Miquel J. Life span and fine structural changes in oxygen-poisoned *Drosophila melanogaster* // *Aerosp. Med.* – 1974. – Vol.45. – P. 283–289.
- Sohal R.S., Agarwal S., Dubey A., Orr W.C. Protein oxidative damage is associated with life expectancy of houseflies // *Proc. Natl. Acad. Sci. – USA.* – 1993. – Vol.90. – P. 7255–7259.
- Strehler B. The distribution of cellular aging // In *Time, Cells, and Aging.* – New York: Academic Press 1962. – P. 33–85.
- Tarry-Adkins J.L., Ozanne S.E. The impact of early nutrition on the ageing trajectory // *Proc. Nutr. Soc.* – 2014. – Vol.73, no. 2. – P. 289–301.
- Vaiserman A.M. Early-life nutritional programming of longevity // *J. Dev. Orig. Health Dis.* – 2014. – Vol.5, no. 5. – P. 325–338.
- Vaiserman A.M. Epidemiologic evidence for association between adverse environmental exposures in early life and epigenetic variation: a potential link to disease susceptibility? // *Clin. Epigenetics.* – 2015b. – Vol.7. – P.96.
- Vaiserman A.M. Epigenetic programming by early-life stress: Evidence from human populations // *Dev. Dyn.* – 2015a. – Vol.244, no. 3. – P. 254–265.
- Vaiserman A.M., Koljada A.K., Zabuga O.G. Effect of dietary restriction during development on the level of expression of longevity-associated genes in *Drosophila melanogaster* // *Advances in Gerontology.* – 2014. – Vol.4, no. 3. – P. 193–196.
- Vaiserman A.M., Voitenko V.P. Early programming of adult longevity: demographic and experimental studies // *J. Anti Aging Med.* – 2003. – Vol.6, no. 1. – P. 11–20.
- Vigne P., Frelin C. A low protein diet increases the hypoxic tolerance in *Drosophila* // *PLoS ONE.* – 2006. – Vol.1. – P.e56.
- Walker R.F. Developmental theory of aging revisited: focus on causal and mechanistic links between development and senescence // *Rejuven. Res.* – 2011. – Vol.14. – P. 429–436.
- Weaver M., Krasnow M.A. Dual origin of tissue-specific progenitor cells in *Drosophila* tracheal remodeling // *Science.* – 2008. – Vol.321. – P. 1496–1499.

Представлено: Н.П.Матійців / Presented by: N.P.Matiytsiv

Рецензент: В.Ю.Страшнюк / Reviewer: V.Yu.Strashnyuk

Подано до редакції / Received: 01.11.2018

About the authors:

A.V.Pisaruk – Dmitry F.Chebotaev Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Vyshgorodska Str., 67, Kyiv, Ukraine, 04114, avpisaruk54@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6832-8614>

H.S.Karaman – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Volodymyrska Str., 64, Kyiv, Ukraine, 01601, hannakaraman90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3802-0512>

N.M.Koshel – Dmitry F.Chebotaev Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Vyshgorodska Str., 67, Kyiv, Ukraine, 04114, nkoshel11@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1429-2326>

L.V.Mechova – Dmitry F.Chebotaev Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Vyshgorodska Str., 67, Kyiv, Ukraine, 04114, mymvp@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8445-1719>

A.M.Vaiserman – Dmitry F.Chebotaev Institute of Gerontology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Vyshgorodska Str., 67, Kyiv, Ukraine, 04114, vaiserman@geront.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0597-0439>

I.A.Kozeretska – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Volodymyrska Str., 64, Kyiv, Ukraine, 01601, iryna.kozeretska@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6485-1408>

O.G.Chaka – Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Bogomoletz Str., 4, Kyiv, Ukraine, 01024, lenchaka@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7425-2751>

I.G.Litovka – Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Bogomoletz Str., 4, Kyiv, Ukraine, 01024, litir@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0001-9163-3572>

M.I.Levashov – Bogomoletz Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Bogomoletz Str., 4, Kyiv, Ukraine, 01024, levashov@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-1354-2047>

Про авторів: А.В.Писарук – Державна установа «Інститут геронтології ім. Д.Ф.Чеботарьова НАМН України», вул. Вишгородська, 67, Київ, Україна, 04114, avpisaruk54@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6832-8614>

Г.С.Караман – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини», вул. Володимирська, 64, Київ, Україна, 01601, hannakaraman90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3802-0512>

Н.М.Кошель – Державна установа «Інститут геронтології ім. Д.Ф.Чеботарьова НАМН України», вул. Вишгородська, 67, Київ, Україна, 04114, nkoshel11@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1429-2326>

Л.В.Мехова – Державна установа «Інститут геронтології ім. Д.Ф.Чеботарьова НАМН України», вул. Вишгородська, 67, Київ, Україна, 04114, mymvp@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8445-1719>

О.М.Вайсерман – Державна установа «Інститут геронтології ім. Д.Ф.Чеботарьова НАМН України», вул. Вишгородська, 67, Київ, Україна, 04114, vaiserman@geront.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0597-0439>

I.A.Kozeretska – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини», вул. Володимирська, 64, Київ, Україна, 01601, iryna.kozeretska@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6485-1408>

O.G.Chaka – Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, lenchaka@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7425-2751>

I.G.Litovka – Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, litir@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0001-9163-3572>

M.I.Levashov – Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, levashov@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-1354-2047>

Об авторах: А.В.Писарук – Государственное учреждение «Институт геронтологии имени Д.Ф.Чеботарева НАМН Украины», ул. Вышгородская, 67, Киев, Украина, 04114, avpisaruk54@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6832-8614>

А.С.Караман – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ННЦ «Институт биологии и медицины», ул. Владимирская, 64, Киев, Украина, 01601, hannakaraman90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3802-0512>

Н.М.Кошель – Государственное учреждение «Институт геронтологии имени Д.Ф.Чеботарева НАМН Украины», ул. Вышгородская, 67, Киев, Украина, 04114, nkoshel11@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1429-2326>

Л.В.Мехова – Государственное учреждение «Институт геронтологии имени Д.Ф.Чеботарева НАМН Украины», ул. Вышгородская, 67, Киев, Украина, 04114, mymvp@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8445-1719>

А.М.Вайсерман – Государственное учреждение «Институт геронтологии имени Д.Ф.Чеботарева НАМН Украины», ул. Вышгородская, 67, Киев, Украина, 04114, vaiserman@geront.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0597-0439>

I.A.Kozeretska – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ННЦ «Институт биологии и медицины», ул. Владимирская, 64, Киев, Украина, 01601, iryna.kozeretska@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6485-1408>

O.G.Chaka – Інститут фізіології імені А.А.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, lenchaka@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7425-2751>

I.G.Litovka – Інститут фізіології імені А.А.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, litir@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0001-9163-3572>

M.I.Levashov – Інститут фізіології імені А.А.Богомольця НАН України, вул. Богомольця, 4, Київ, Україна, 01024, levashov@biph.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-1354-2047>

••• ЗООЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ••• ZOOLOGY AND ECOLOGY •••

UDC: 599.323.4(477)

Види-двійники мишей роду *Sylvaemus* Ognev, 1924 (Mammalia, Rodentia) в Українських Карпатах Золтан Баркасі

У регіоні Українських Карпат трапляються три види роду *Sylvaemus*: мишак жовтогрудий (*S. tauricus*), мишак лісовий (*S. sylvaticus*) та мишак уральський (*S. uralensis*). Питання таксономії роду та ідентифікації видів у деяких частинах ареалу залишаються дискусійними, а у регіоні Українських Карпат взагалі є недостатньо вивченими. Нами досліджено понад 250 зразків мишей роду *Sylvaemus*, здобутих у регіоні Українських Карпат, з них морфометрично проаналізовано 216 зразків за 4 екстер'єрними та 11 краніальними ознаками. Показано, що за лінійними розмірами тіла лише *S. uralensis* ідентифікується з високою вірогідністю. Для пари видів *tauricus*–*sylvaticus* найменш мінливою серед лінійних розмірів тіла є довжина задньої стопи, що можна розглядати діагностичною ознакою, хоча для неї також характерне деяке перекривання значень. Для правильної ідентифікації видів необхідно застосувати краніометричні ознаки. Серед вивчених нами 11 краніометричних ознак найменш мінливими для пари *tauricus*–*sylvaticus* є довжина верхнього ряду молярів (M13), ширина (CRB) та висота (CRH) мозкової капсули. Змішані вибірки дорослих особин трьох видів можна розділити з мінімальним або практично без перекриття значень за відношенням довжини верхнього ряду молярів до ширини мозкової капсули, конділобазальної довжини черепа та довжини слухового барабану. Аналіз ступеню перекривання значень окремих ознак у дорослих особин показав, що пара видів *S. tauricus*–*S. sylvaticus* найбільше розходяться за такими ознаками, як довжина верхнього ряду молярів (M13), ширина (CRB) та висота (CRH) мозкової капсули, конділобазальна довжина черепа (CBL) і довжина слухового барабану (BUL). Подібна тенденція була виявлена і для пари *S. sylvaticus*–*S. uralensis*. Розроблено регіональний діагностичний ключ для ідентифікації дорослих особин, який дозволяє вірогідно ідентифікувати 93,5% зразків. Завдяки перевизначенню зразків показано, що *S. tauricus* має найбільш широку висотну та біотопну преференції, *S. sylvaticus* трапляється переважно у вологих заплавах біотопів (ліси, чагарники), майже виключно уздовж річкових долин, по яким проникає далеко в гори, а *S. uralensis* представлений нечисленними знахідками з рівнинних заплавах біотопів.

Ключові слова: морфологічна мінливість, *Sylvaemus*, видова діагностика, поширення, Карпати.

Sibling mice species of the genus *Sylvaemus* Ognev, 1924 (Mammalia, Rodentia) in the Ukrainian Carpathians Zoltán Barkaszi

Three species of the genus *Sylvaemus* occur in the region of the Ukrainian Carpathians: the yellow-necked field mouse (*S. tauricus*), the long-tailed field mouse (*S. sylvaticus*) and the pygmy field mouse (*S. uralensis*). Issues of the genus's taxonomy and identification of species have remained controversial in some parts of the geographic range, while in the Ukrainian Carpathians they have been studied scarcely at all. We studied about 250 mice specimens from the Ukrainian Carpathians belonging to the genus *Sylvaemus*, among which 216 were analysed morphometrically based on 4 external and 11 cranial characters. Results indicate that by linear body dimension only *S. uralensis* can be differentiated with high probability. For the pair of species *tauricus*–*sylvaticus*, the hind foot length is the least variable among linear body characters, which might be considered diagnostic, although values of this character also tend to overlap. To identify species correctly, it is necessary to use craniometrical characters. For the pair of *tauricus*–*sylvaticus*, the least variable among the 11 studied characters are the upper molars length (M13), braincase width (CRB), and braincase height (CRH). Mixed samples of adult specimens of the three species can be differentiated with minimal or practically no overlap by using the relation of the upper molars length to braincase width, condylobasal length, and auditory bulla length. Analysis of characters' uniformity in adult specimens showed that *S. tauricus* and *S. sylvaticus* differ from one another the most by the upper molars length (M13), braincase width (CRB), braincase height (CRH), condylobasal length (CBL), and auditory bulla length (BUL). A similar tendency was revealed for the pair of *S. sylvaticus* and *S. uralensis*. A regional identification key was developed for differentiation of adult mice, which allows identifying reliably 93.5% of specimens. Results of the revision of samples suggest that *S. tauricus* has the widest altitudinal and habitat preferences, *S. sylvaticus* occurs mainly in humid floodplain biotopes (shrubs,

woods) entering far into the mountains along river valleys, while *S. uralensis* is represented only by few records from lowland floodplain habitats.

Key words: *morphological variation, Sylvaemus, species identification, distribution, Carpathians.*

Виды-двойники мышей рода *Sylvaemus* Ognev, 1924 (Mammalia, Rodentia) в Украинских Карпатах Золтан Баркаси

В регионе Украинских Карпат встречаются три вида рода *Sylvaemus*: мышь желтогорлая (*S. tauricus*), мышь европейская (*S. sylvaticus*) и мышь лесная (*S. uralensis*). Вопросы таксономии рода та идентификации видов в некоторых частях ареала остаются дискуссионными, а в регионе Украинских Карпат вообще недостаточно изучены. Нами исследовано более 250 экземпляров мышей рода *Sylvaemus*, добытых в регионе Украинских Карпат, из них морфометрически проанализировано 216 образцов по 4 экстерьерным и 11 краниальным признакам. Показано, что по линейным размерам тела лишь *S. uralensis* идентифицируется с высокой вероятностью. Для пары видов *tauricus*–*sylvaticus* наименее изменчивой среди линейных размеров тела является длина задней ступни, хотя для нее тоже характерно некоторое перекрытие значений. Для корректной идентификации видов необходимо использовать краниометрические признаки. Среди изученных нами 11 краниометрических признаков наименее изменчивыми для пары *tauricus*–*sylvaticus* являются длина верхнего ряда моляров (M13), ширина (CRB) и высота (CRH) мозговой капсулы. Смешанные выборки взрослых особей трех видов можно разделить с минимальным или практически без перекрытия значений, используя отношение длины верхнего ряда моляров к ширине мозговой капсулы, кондилобазальной длины черепа и длины слухового барабана. Анализ степени перекрытия значений отдельных признаков у взрослых особей показал, что пара видов *S. tauricus*–*S. sylvaticus* наиболее расходятся по таким признакам, как длина верхнего ряда моляров (M13), ширина (CRB) и высота (CRH) мозговой капсулы (CRH), кондилобазальная длина черепа (CBL) и длина слухового барабана (BUL). Похожая тенденция была выявлена и для пары *S. sylvaticus*–*S. uralensis*. Разработан региональный диагностический ключ для идентификации взрослых особей, который позволяет идентифицировать 93,5% образцов. Благодаря переопределению образцов показано, что *S. tauricus* имеет наиболее широкую высотную и биотопическую преференции, *S. sylvaticus* встречается в основном во влажных пойменных биотопах (леса, кустарники), почти исключительно вдоль речных долин, по которым проникает далеко в горы, а *S. uralensis* представлен немногочисленными находками из равнинных пойменных биотопов.

Ключевые слова: *морфологическая изменчивость, Sylvaemus, видовая диагностика, распространение, Карпаты.*

Introduction

Field mice of the genus *Sylvaemus* are common species in the mammal fauna of Europe. The species richness of the genus increases in Europe eastward: in Western Europe sympatrically occur *S. tauricus* and *S. sylvaticus*, in Central Europe there is a third species – *S. uralensis*, while in Eastern Europe a fourth one – *S. witherbyi* – appears (Orlov et al., 1996). Accordingly, in the region of the Ukrainian Carpathians three species co-occur (Barkaszi, Zagorodniuk, 2016), namely the yellow-necked field mouse *S. tauricus*, the long-tailed field mouse *S. sylvaticus*, and the pygmy field mouse *S. uralensis*. Moreover, the Carpathian region represents the south-western range edge of the latter (Kryštufek et al., 2008). Due to the exceptionally high morphological similarity between the three species, their differentiation and thus the genus's taxonomy is rather a complex issue, which in many parts of the geographic range have yet remained debatable (Chelomina et al., 2007). Zimmermann (1962) first proposed to divide the Palearctic genus *Apodemus* into three subgenera: *Apodemus*, *Sylvaemus*, and *Alsomys*. Among them, *Apodemus* is sympatric with the two other subgenera, but it co-occurs in Eastern Europe only with *Sylvaemus*.

Morphological similarity between the field mouse species is related to the specifics of their evolution. Earlier it was suggested that the common ancestor of *S. tauricus* and *S. sylvaticus* appeared in Europe in the late Pliocene, most likely from eastern regions, and diverged rapidly due to allopatric speciation (Michaux et al., 2003). During the Quaternary, *S. sylvaticus* survived the glaciations in the Iberian Peninsula, wherefrom it recolonized almost the whole rest of Europe in the end of the last glaciation, while *S. tauricus* recolonized Europe, including northern Spain, during the Holocene from an Italo-Balkan refugium, where in this time *S. sylvaticus* suffered a serious "bottleneck effect" (Michaux et al., 2005). Further studies showed that *S. tauricus* likely survived the last glacial maximum in at least two refugia

located on different banks of the Danube (Bugarski-Stanojević et al., 2008), while *S. sylvaticus* also could recolonize Europe from a second (northern) refugium as well possibly located in the Dordogne or Carpathian region (Herman et al., 2017). The third species, *S. uralensis*, is represented by two races, a European and an Asian, respectively (Chelomina et al., 2007). Paleontological data confirm the results of molecular phylogeographic research, although indicate sufficient differences between the species by the dynamics of colonization of their range (Knitlová, Horáček, 2017).

The existing phenotypic similarity between field mouse species is presumably the result of a long evolutionary process under similar ecological conditions (Jojić et al., 2014). Dzeverin and Lashkova (2012) estimating the tempo of divergence in species of the genus *Sylvaemus* concluded that the group is in the state of an evolutionary stasis and its divergence, which occurred by both the size and form of the skull, has been slowed down by stabilizing selection.

According to Zagorodniuk and Kavun (2000), the increase of general dimensions, i.e. phylogenetic growth, can be considered the main vector of changes in the evolutionary line of *Sylvaemus*. Therefore, age-related variation and fixation of different stages of ontogenetic development in adults are the basis for the emergence of differences between closely related species. The growth of the group in general is repeated in the postnatal ontogenesis of the large species meaning that on early stages of ontogenesis such species will represent an ontogenetic equivalent (morphological copy) of older age stages of its smaller sibling.

Views of researchers of the fauna of Ukraine and of the Ukrainian Carpathians on the identification of *Sylvaemus* species based on morphological characters – both external and cranial – remain controversial. Due to the absence of a clear scheme of species diagnostics, each researcher prefers using different “key characters” (e.g., presence/absence and form of the chest spot, hind foot length, tooth row length, etc.). However, such approach often led to the amassment of mixed samples and distorted conclusions on distribution, habitat preferences and other ecological features of field mice in the region.

A plenty of studies were conducted into the morphological variation of field mouse species in order to shed light on the taxonomic structure of the genus *Sylvaemus*, and many attempts were made to develop a convenient scheme for species identification. Such research become more complicated by the fact that typical “*tauricus*-related” characters can appear in populations of *S. sylvaticus* as well due to low species divergence (Tchernov, 1979). Odontological characters, which are relatively convenient and useful in species diagnostics of voles, are rather polymorphic within the genus *Sylvaemus* and each variant can appear in any of the species, thus this criterion is usually unreliable (Tchernov, 1979).

Morphometric differences between the field mouse species were studied in details mainly for taxonomic and diagnostic purposes. In particular, several attempts were made to find diagnostic criteria by odontometric characters (e.g., Haitlinger, Ruprecht, 1967; Demeter, Lázár, 1984; Panzironi et al., 1993) and morphometric characters of the lower jaw (e.g., Demeter, Lázár, 1984; Lashkova et al., 2006). Yet most research were devoted to the study of variation of craniometrical characters using traditional and geometric morphometry and multivariate analyses (e.g., Cranbrook, 1957; Fielding, 1966; Niethammer, 1969; Balčiauskienė et al., 2002; Vohralík, 2002; Janžekovič, Kryštufek, 2004; Cserkés, 2005; Chassovnikarova, Markov, 2007; Barčiová, Macholán, 2009; Jojić et al., 2014; Čanády, Mošanský, 2015). Such studies were conducted on field mice of Eastern Europe as well (e.g., Mezhzherin, Zagorodniuk, 1989; Vorontsov et al., 1992; Popov, 1993; Zagorodniuk, 1996; Lashkova, Dzeverin, 2002; Mezhzherin et al., 2002; Lashkova et al., 2005).

Relatively sufficient regional craniometric differences were shown for distinct populations of both *S. sylvaticus* (Čanády, Mošanský, 2015) and *S. uralensis* (Čanády et al., 2014), particularly in relation to the elevation and even on short geographic distances (within 1°). Therefore, development of regional identification keys is crucial, as it was concluded earlier (e.g., Demeter, Lázár, 1984; Barčiová, Macholán, 2009). Special studies on the diagnostics of field mice of the Ukrainian Carpathians have not been conducted before, and researchers of the local fauna usually used identification criteria developed on geographically mixed samples.

Controversial or incorrect species identification of *Sylvaemus* specimens in the past certainly distorted the real picture of distribution of field mice in the region. We can be convinced of this if analyse the works of authors of the mid-20th century (subsequent authors often cited these works without critical analysis or revision of data). Some of them considered that *S. sylvaticus* has low abundance in the region (Sokur, 1952; Kolyushev, 1953; Tatarinov, 1956) and occurs only in lowland and piedmont areas (Sokur, 1952; Kolyushev, 1953). Another view, according to Shnarevich (1959), is that the long-tailed field mouse

in Bukovina occurs mainly in piedmont and mountain areas. Other zoologists (Tatarinov, 1956; Turyanin, 1959) considered *S. sylvaticus* as one of the most common and widely distributed rodents in the region. Obviously, each of these researchers were using different diagnostic characters and approaches to species identification, which eventually led to controversial conclusions on the distribution of field mouse species in the Ukrainian Carpathians.

The distribution of *S. uralensis* in the region is the least explored. This species is known from practically all parts of Ukraine, yet it is considered more common for the eastern regions (Naglov, 1995; Mezhzherin et al., 2002). In the Ukrainian Carpathians, the presence of *S. uralensis* had been long denied, although Turyanin (1959) was practically the first who draw attention on the occurrence of “large and small forms of *S. sylvaticus*” in the fauna of Transcarpathia (i.e. Zakarpattia Oblast). However, the first record of *S. uralensis* in the Ukrainian Carpathians was reported only in 1980 (Polushina, Voznyuk, 1980), and later the existence of an isolated highland population of the species on Sheshurska polonina of the Chornohora range was reported as well (Kyselyuk, 1993). Few records of *S. uralensis* are known from the region of the Ukrainian Carpathians, although the pygmy field mouse is a common species in adjacent lowland regions of neighbouring countries (Cserkés, 2005; Cichocki et al., 2011; Čanádý et al., 2014).

The aim of the present research was to analyse the morphological features of field mice of the Ukrainian Carpathians and to develop a regional key for species identification. Based on the revision of samples, we also aimed to clarify the distribution and habitat preferences of field mice in the region.

Material and methods

About 250 specimens of field mice of the genus *Sylvaemus* collected in the region of the Ukrainian Carpathians were analysed from the mammal collection of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine (Kyiv) and from the author’s working collection. Data on linear body dimensions and measurements of cranial structures were obtained from 216 specimens, among which 164 were identified eventually as *S. tauricus*, 32 as *S. sylvaticus*, and 6 as *S. uralensis*. Record localities of specimens are shown on Fig. 1.

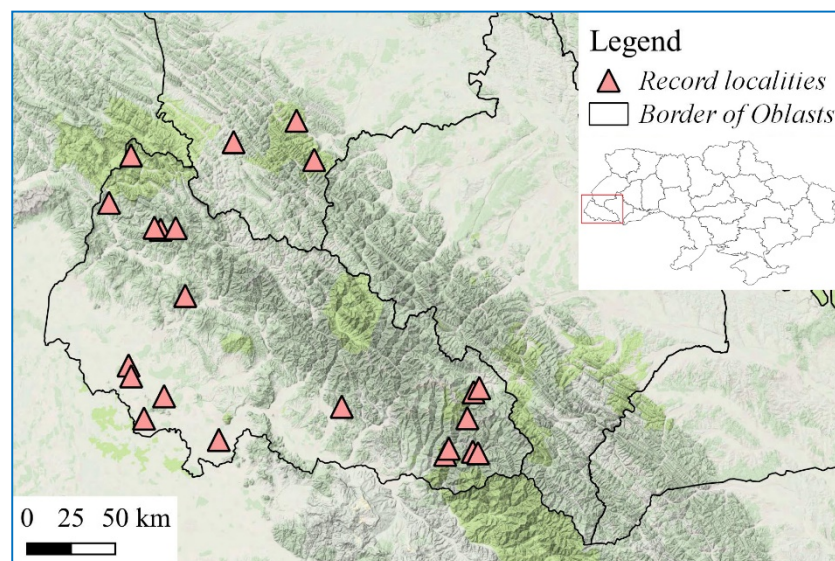


Fig. 1. Record localities of the studied mice specimens of the genus *Sylvaemus*

The relative age of specimens was determined according to the scheme “juvenilis–subadultus–adultus” based on a set of characters including general body and skull dimensions, skull sculpture and level of tooth crown wear (Delany, Davis, 1961; Adamczewska-Andrzejewska, 1967).

Morphological variation of specimens was studied using study skins, linear body dimensions (body length L, tail length Ca, hind foot length Pl, and auricle length Au) and 11 cranial characters. The latter were selected after an extensive survey of former publications in which these characters turned out to be the most promising for species diagnostics. The analysed cranial characters are as follows: IM3, upper tooth

row coronal length; M13, upper molars coronal length; FIL, incisive foramina length; FIB, incisive foramina width; NAL, nasal bones length; NAB, nasal bones width; ROH, rostral height of the skull; CBL, condylobasal length of the skull; CRB, braincase width measured between ectotympanic bones; CRH, braincase height; BUL, auditory bulla length.

The scheme of cranial measurements is shown on Fig. 2.

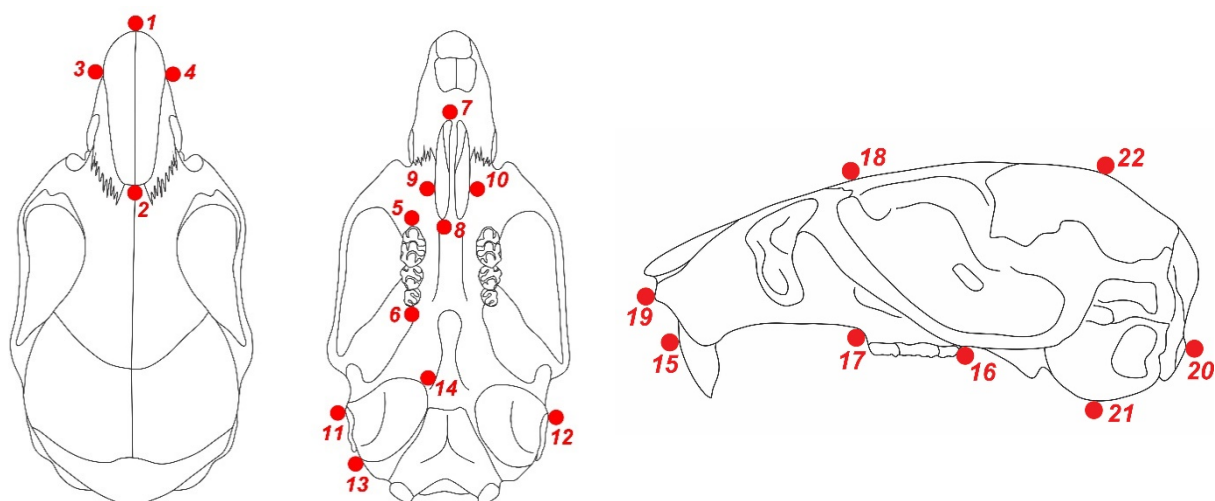


Fig. 2. Scheme of cranial measurements. 1–2 NAL, 3–4 NAB, 5–6 M13, 7–8 FIL, 9–10 FIB, 11–12 CRB, 13–14 BUL, 15–16 IM3, 17–18 ROH, 19–20 CBL, 21–22 CRH

Metric data were processed statistically using electronic spreadsheets and analysed by the following parameters: minimal value (Min), maximal value (Max), arithmetic mean value (Mean), standard deviation (SD), and coefficient of variation (CV). The uniformity of different datasets was estimated using Mayr's coefficient of divergence (CD).

Maps were created by QGIS software using Google, personal and public domain layers.

Results and discussion

Variation of external morphological characters

As siblings, field mice have a highly similar external look by both colouration and details of body structure. In addition, different age groups of one species morphologically often resemble other age groups of another species (e.g., see Cserkés, 2005; Stetsula, 2012).

Practically there are no non-metric external characters, which allow reliable identification of field mice specimens. During species identification, the attention is usually paid first to the presence and outlines of the chest spot, which is, according to the "traditional" view, similar to a collar in *S. tauricus* or to a tie or a blurred drop in *S. sylvaticus*, while *S. uralensis* has no chest spot at all (Fig. 3). Yet in case of field mice from the Ukrainian Carpathians this character seems to be highly variable and the chest spot can be very alike in *S. tauricus* and *S. sylvaticus* (Fig. 4).

Species identification based on linear body dimensions is also problematic. Most of the external metric characters is relatively highly variable (Table 1) and in case of correct preliminary age determination body dimensions allow to reliably differentiate only specimens of *S. uralensis* (Fig. 5). For the pair of species *tauricus*–*sylvaticus*, the hind foot length is the least variable among linear body characters, which might be considered diagnostic, although values of this character also tend to overlap.

Thus, using only external characters for species identification in field mice leads to unreliable results hence it is necessary to involve craniometric characters as well (see further). For instance, using the hind foot length in combination with upper molars length decreases the overlap of values and increases the diagnostic weight of the hind foot length (Fig. 6).

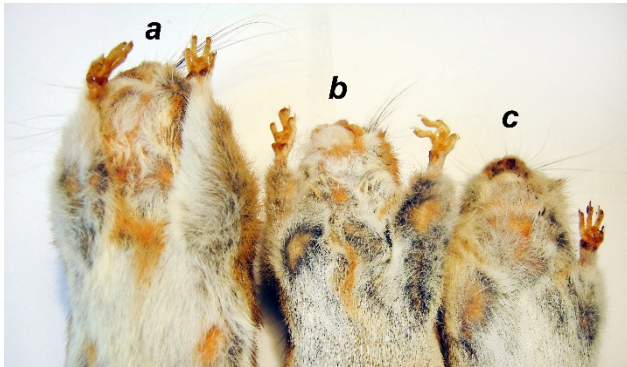


Fig. 3. Form of the chest spot in *Sylvaemus* species: collar in *S. tauricus* (a); tie in *S. sylvaticus* (b) and no spot in *S. uralensis* (c)



Fig. 4. Similar drop-like chest spots in *S. tauricus* (a) and *S. sylvaticus* (b), a character that may lead to incorrect species identification

Table 1.

Variation of external metric characters in adult mice of the genus *Sylvaemus* from the Ukrainian Carpathians

Species	Character	N	Min mm	Max mm	Mean mm	SD	CV %
<i>S. tauricus</i>	L	139	85.0	124.0	102.7	7.69	7.49
	Ca	133	80.0	127.0	102.1	8.80	8.63
	PI	140	23.0	26.2	24.1	0.79	3.27
	Au	136	15.0	21.0	17.7	1.09	6.18
<i>S. sylvaticus</i>	L	8	91.9	108.7	98.4	6.47	6.58
	Ca	8	91.0	113.0	99.5	8.57	8.61
	PI	8	22.3	23.9	23.0	0.67	2.92
	Au	8	15.5	18.3	16.8	0.97	5.77
<i>S. uralensis</i>	L	4	83.5	88.5	87.0	2.33	2.68
	Ca	4	76.0	89.0	83.5	5.57	6.67
	PI	4	18.0	19.3	18.8	0.57	3.02
	Au	4	13.1	14.0	13.7	0.40	2.95

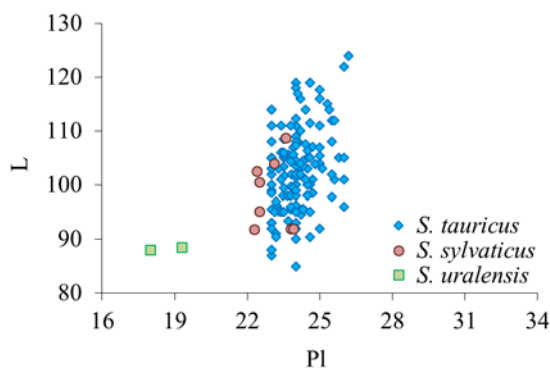


Fig. 5. The relation between the hind foot length (PI) and body length (L)

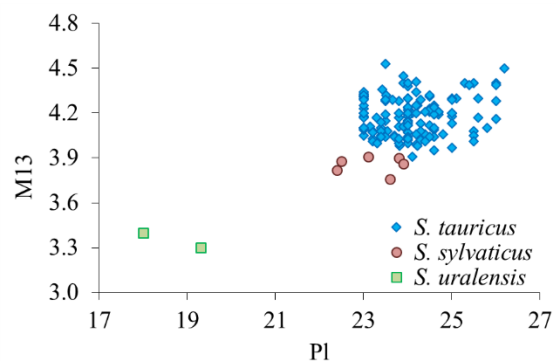


Fig. 6. The relation between the hind foot length (PI) and upper molars length (M13)

Variation of craniometric characters

Among the 11 studied craniometric characters, the least variable for the pair of species *tauricus*–*sylvaticus* are the upper molars length (M13), braincase width (CRB), braincase height (CRH) (Table 2). In

case of *S. uralensis*, comparison of coefficients of variation with those in other species would be incorrect due to the small number of specimens in the pygmy field mouse sample.

Some other characters with relatively higher levels of variation also can be used for species identification as additional criteria, and their diagnostic value is higher when used in combination with the least variable characters. In particular, mixed samples of adult specimens of the three field mouse species can be discriminated with minimal or practically without overlap of values using the relation of upper molars length to braincase width (Fig. 7), condylobasal length (Fig. 8), and auditory bulla length (Fig. 9). The probability that values would overlap in the pair of *tauricus-sylvaticus* increases in the space of such characters as M13/NAL (Fig. 10), M13/ROH (Fig. 11) and M13/FIL (Fig. 12).

Data analysis showed that combinations of some other craniometric characters (i.e. not in comparison to M13) can also be used in species identification as additional criteria, particularly in cases when skulls are damaged, especially their diagnostically relevant structures. However, these characters show a greater overlap of values, for example, CRB/FIL and CRH/CRB in the pair of *tauricus-sylvaticus*, while in case of CRH/BUL, NAL/CRB and CRB/ROH extreme values overlap in all three species.

Table 2.
Variation of craniometric characters in adult mice of the genus *Sylvaemus* from the Ukrainian Carpathians

Species	Character	N	Min mm	Max mm	Mean mm	SD	CV %
<i>S. tauricus</i>	IM3	149	11.9	14.9	13.3	0.67	5.04
	M13	150	3.9	4.5	4.2	0.13	3.07
	FIL	150	4.9	6.2	5.5	0.28	5.08
	FIB	149	1.7	2.3	2.0	0.14	6.88
	NAL	137	9.2	11.9	10.5	0.55	5.27
	NAB	142	2.8	3.9	3.3	0.23	7.04
	ROH	149	5.7	7.1	6.4	0.31	4.75
	CBL	130	24.3	28.6	26.2	1.12	4.27
	CRB	124	10.7	12.6	11.6	0.41	3.53
	CRH	123	8.5	10.5	9.5	0.39	4.11
BUL	132	4.6	5.6	5.1	0.21	4.16	
<i>S. sylvaticus</i>	IM3	29	10.6	13.4	11.6	0.62	5.36
	M13	30	3.6	3.9	3.8	0.04	2.21
	FIL	30	4.7	5.8	5.2	0.33	6.30
	FIB	29	1.8	2.3	2.0	0.17	8.46
	NAL	24	8.3	10.6	9.2	0.61	6.68
	NAB	25	2.5	3.4	2.9	0.22	7.62
	ROH	29	4.9	6.5	5.6	0.36	6.35
	CBL	15	20.4	24.4	22.5	1.21	5.35
CRB	10	10.3	10.8	10.5	0.16	1.47	
CRH	11	8.2	8.9	8.6	0.25	2.93	
BUL	20	3.9	4.8	4.4	0.24	5.48	
<i>S. uralensis</i>	IM3	3	10.9	11.1	10.0	0.13	1.15
	M13	4	3.2	3.4	3.3	0.07	2.22
	FIL	4	4.3	4.8	4.5	0.21	4.62
	FIB	3	1.4	1.6	1.5	0.10	6.86
	NAL	1	8.7	8.7	8.7	—	—
	NAB	1	2.6	2.6	2.6	—	—
	ROH	3	5.4	5.6	5.5	0.12	2.19
	CBL	3	20.9	21.4	21.1	0.27	1.27
	CRB	3	9.9	10.2	10.0	0.15	1.48
CRH	3	8.0	8.1	8.1	0.05	0.62	
BUL	4	4.0	4.2	4.1	0.08	1.85	

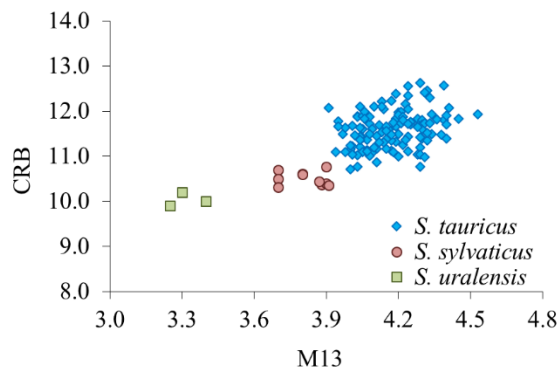


Fig. 7. The relation between the upper molars length (M13) and braincase width (CRB)

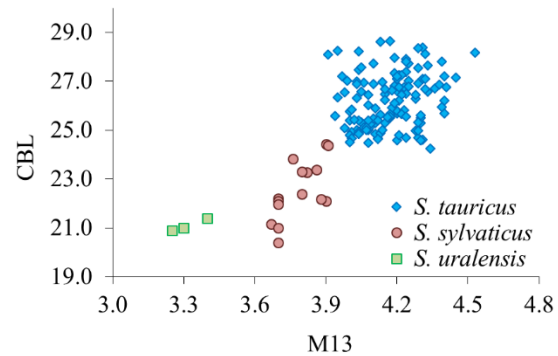


Fig. 8. The relation between the upper molars length (M13) and condylobasal length (CBL)

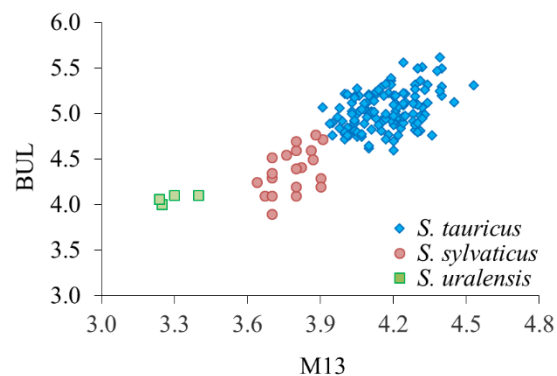


Fig. 9. The relation between the upper molars length (M13) and auditory bulla length (BUL)

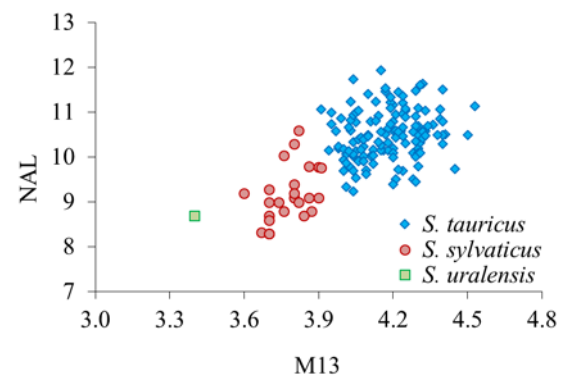


Fig. 10. The relation between the upper molars length (M13) and nasal bones length (NAL)

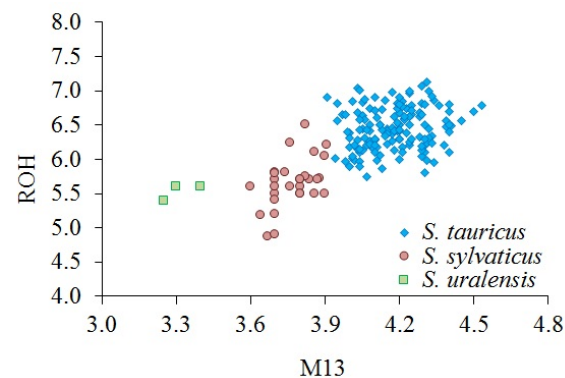


Fig. 11. The relation between the upper molars length (M13) and rostral height (ROH)

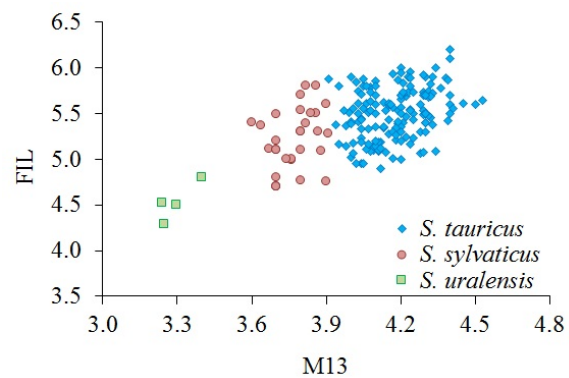


Fig. 12. The relation between the upper molars length (M13) and incisive foramina length (FIL)

Total overlapping of values was observed when analysing the relation of nasal bones length to rostral height (NAL/ROH) and to incisive foramina length (NAL/FIL) thus such combinations of characters are unsuitable in species diagnostics.

General trends of variation and approaches to species diagnostics

Previous research into the geographical variation of species of the genus *Sylvaemus* showed that general body dimensions of *S. sylvaticus* in Europe increase westward, while in *S. uralensis* and *S. tauricus* body size increases eastward (Zagorodniuk, 1996). The geographic range of all three species overlap in Central Europe, thus in the Carpathian region we can observe an overlap in the species' morphological

characters as well, which complicates species identification. Considering the relatively sufficient variation of field mice even on small geographic distances, the development of regional identification keys is extremely important for reliable species diagnostics.

According to our results, external (both metric and non-metric) characters allow to discriminate reliably only *S. uralensis* from the other two species, while craniometric characters with the lowest coefficients of variation can be used for identification of adult specimens of all three species. Analysis of characters uniformity in adult specimens showed that *S. tauricus* and *S. sylvaticus* differ from one another the most in upper molars length (M13), braincase width (CRB), braincase height (CRH), condylobasal length (CBL), and auditory bulla length (BUL). A similar tendency was revealed for the pair of species *S. sylvaticus*–*S. uralensis*, although we draw attention again to the small number of *S. uralensis* specimens in the studied sample (Table 3). Besides, there is also a tendency that characters of length are reliable for diagnostics more often than characters of width and height.

Table 3.
Mayr's coefficients of divergence (CD) for craniometric characters of adult mice of the genus *Sylvaemus* from the Ukrainian Carpathians

Species	IM3	M13	FIL	FIB	NAL	NAB	ROH	CBL	CRB	CRH	BUL
<i>tau-syl</i>	2.49	3.73	0.97	0.04	2.27	1.78	2.38	3.12	3.54	2.58	2.97
<i>syl-ura</i>	1.05	4.85	1.90	2.52	—	—	0.33	1.18	2.52	2.27	1.19

Note: characters having the least uniformity are given in **bold**.

Considering all of the revealed differences between the field mouse species, we propose a regional diagnostic key for their identification. Using this key, we could reliably identify 202 of the 216 examined in details mice, i.e. 93.5% of specimens. In particular, 12 of 164 specimens (7.3%) of *S. tauricus* were re-identified from the sample of *S. sylvaticus*, 5 of 32 specimens (15.6%) of *S. sylvaticus* were re-identified from the sample of *S. tauricus*, while all 6 specimens (100%) of *S. uralensis* were re-identified from the sample of *S. sylvaticus*. The absence of field mice originally identified as *S. uralensis* in the collections is might be related to the fact that the species status of the pygmy field mouse had not been long accepted in the region, and detailed revision of the Carpathian field mice samples was not conducted before.

Problematic specimens, which we could not reliably identify, were those with highly damaged skulls in which, respectively, we could not examine diagnostically important characters. Thus, the proposed scheme works the best for specimens with the fullest set of characters, especially craniometric characters.

Key for the identification of mice of the genus *Sylvaemus*

The proposed here diagnostic key was developed for identification of field mouse species of the genus *Sylvaemus* collected in the region of the Ukrainian Carpathians. The probability of correct identification is the highest when the material being diagnosed is fully represented, i.e. the skin and linear body dimensions are available, and, more importantly, cranial material is intact or minimally damaged. However, the key can be also applied for specimens from adjacent regions, although with the increase of distance the key's effectiveness will decrease, respectively.

- 1 Chest spot absent. Body length to 90 mm. Hind foot length less than 20 mm.
- Chest spot present. Body length to 125 mm. Hind foot length more than 20 mm. 3
- 2 Upper molars length 3.2–3.4 mm. Incisive foramina width 1.4–1.6 mm. ***S. uralensis***
- 3 Upper molars length 3.6–3.9 mm. Braincase width less than 10.5 mm. Condylobasal length 20–25 mm. ***S. sylvaticus***
- Upper molars length 3.9–4.5 mm. Braincase width more than 10.5 mm. Condylobasal length 24–28 mm. ***S. tauricus***

In case of identification of damaged and problematic specimens, when some of the characters proposed in the key are unavailable, and in order to increase the reliability of identification it is worth considering the studied specimen in a space of two characters, particularly of those shown on Figs 7–12.

Distribution of field mice in the region

Analysis of specimens from personal and museum collections showed that the general distribution (Fig. 13) and habitat preferences of field mice in the region of the Ukrainian Carpathians do not differ substantially from those in other parts of the geographic range (Marsh, Harris, 2000; Kuncová, Frynta, 2009), including Ukraine (Mezhzherin et al., 2002; Hooper et al., 2007).

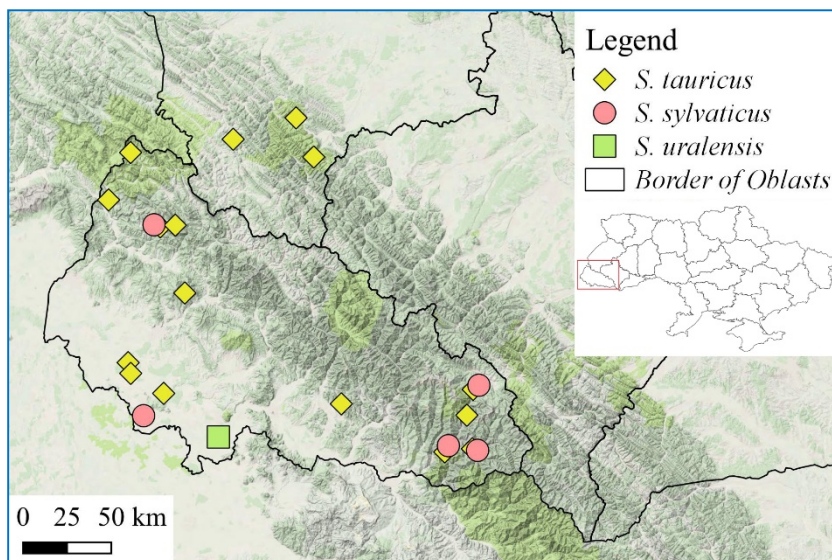


Fig. 13. Distribution of three species of *Sylvaemus* in the region of the Ukrainian Carpathian based on re-identification of specimens

Data suggest that *S. tauricus* has the widest altitudinal and habitat preferences among field mice of the studied region and occurs from the lowlands up to poloninas (i.e. subalpine meadows). The yellow-necked field mouse is a common and abundant species of forest habitats including deciduous, coniferous, and mixed forests, but also occurring in shrubs, clear cuttings, timberline habitats, etc. On the contrary, *S. sylvaticus* mainly occurs in humid floodplain habitats entering far into the mountains along river valleys. The pygmy field mouse, *S. uralensis*, is represented by few records from lowland floodplain habitats (banks of the Tisza river), and its occurrence in highland biotopes of the Ukrainian Carpathians (Kyselyuk, 1993), in our opinion, requires a revision.

Acknowledgements

I am greatly thankful to E.Ulyura, A.Klochko and L.Shevchenko for the kind help and assistance they provided during working with the mammal collection of the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine (Kyiv). I further acknowledge N.Koval (Uzhanskyi National Nature Park) for her exceptional support and aid during field research, as well as I.Zagorodniuk for his guiding advice during this study. A special thanks to O.Kovalchuk for proofreading the manuscript.

References

- Adamczewska-Andrzejewska K.A. Age reference model for *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834) // *Ekologia Polska – seria A.* – 1967. – Vol.15. – P. 787–790.
 Balčiauskienė L., Juškaitis R., Mažeikytė R. Identification of shrews and rodents from skull remains according to the length of a tooth row // *Acta Zoologica Lituanica.* – 2002. – Vol.12, no. 4. – P. 353–361.

- Barčiová L., Macholán M. Morphometric key for the discrimination of two wood mice species, *Apodemus sylvaticus* and *A. flavicollis* // Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae. – 2009. – Vol.55, no. 1. – P. 31–38.
- Barkaszi Z., Zagorodniuk I. The taxonomy of rodents of the Eastern Carpathians // Proceedings of the State Natural History Museum. – 2016. – Vol.32. – P. 137–154.
- Bugarski-Stanojević V., Blagojević J., Adnađević T. et al. Molecular phylogeny and distribution of three *Apodemus* species (Muridae, Rodentia) in Serbia // Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. – 2008. – Vol.46, no. 3. – P. 278–286.
- Čanády A., Mošanský L., Hýbelová M., Pavelková P. Morphometric variability of *Apodemus uralensis* in Slovakia (Rodentia, Muridae) // Lynx, n. s. (Praha). – 2014. – Vol.45. – P. 5–14.
- Čanády A., Mošanský L. Craniometric data of *Apodemus sylvaticus* in Slovakia // Biologia. – 2015. – Vol.70, no. 7. – P. 974–981.
- Chassovnikarova T., Markov G. Wood mice (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758 and *Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) from Bulgaria: craniometric characteristics and species discrimination // Forest Science. – 2007. – Vol.44, no. 3. – P. 39–52.
- Chelomina G.N., Atopkin D.M., Bogdanov A.S. Phylogenetic relationships between species and intraspecific forms of forest mice from the genus *Sylvaemus* as determined by partial sequencing of the cytochrome *b* gene of mitochondrial DNA // Doklady Biological Sciences. – 2007. – Vol.416, no. 1. – P. 356–359.
- Cichocki J., Ruprecht A. L., Ważna A. Distribution of pygmy field mouse *Apodemus uralensis* (Pallas, 1811) population in Poland: review of the studies and new data // Fragmenta Faunistica. – 2011. – Vol.54, no. 1. – P. 77–85.
- Cranbrook L. Long tailed field mice (*Apodemus* sp.) from the Channel Islands // Proceedings of the Zoological Society of London. – 1957. – Vol.128, no. 4. – P. 597–600.
- Cserkész T. Bagolyköpetekből származó erdeiegér (*Sylvaemus* subgenus, Rodentia) koponyamaradványok összehasonlító kraniometriai vizsgálata: a fajok elkülönítése és a korcsoportok szerepe // Állattani Közlemények. – 2005. – Vol.90, no. 1. – P. 41–55.
- Delany M.J., Davis P.E. Observations on the ecology and life history of the Fair Isle field-mouse *Apodemus sylvaticus fridariensis* (Kinnear) // Proceedings of the Zoological Society of London. – 1961. – Vol.136, no. 3. – P. 439–452.
- Demeter A., Lázár P. Morphometric analysis of field mice *Apodemus*: character selection for routine identification (Mammalia) // Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici. – 1984. – Vol.76. – P. 297–322.
- Dzeverin I.I., Lashkova O.I. Rates of divergence for craniometric characters in *Sylvaemus* species (Muridae, Rodentia) from the Ukrainian fauna // Scientific Bulletin of Uzhgorod University, Series Biology. – 2012. – Vol.32. – P. 131–134. (in Ukrainian)
- Fielding D.C. The identification of skulls of the two British species of *Apodemus* // Journal of Zoology. – 1966. – Vol.150, no. 4. – P. 498–500.
- Haitlinger R., Ruprecht A.L. The taxonomic value of teeth measurements in the subgenus *Sylvaemus* Ognev & Vorobiev, 1923 // Acta Theriologica. – 1967. – Vol.12. – P. 180–187.
- Herman J.S., Jóhannesdóttir F., Jones E.P. et al. Post-glacial colonization of Europe by the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*: evidence of a northern refugium and dispersal with humans // Biological Journal of the Linnean Society. – 2017. – Vol.120, no. 2. – P. 313–332.
- Hoofer S.R., Gaschak S., Dunina-Barkovskaya Ye. et al. New information for systematics, taxonomy, and phylogeography of the rodent genus *Apodemus* (*Sylvaemus*) in Ukraine // Journal of Mammalogy. – 2007. – Vol.88, no. 2. – P. 330–342.
- Janžekovič F., Kryštufek B. Geometric morphometry of the upper molars in European wood mice *Apodemus* // Folia Zoologica. – 2004. – Vol.53, no. 1. – P. 47–55.
- Jojić V., Bugarski-Stanojević V., Blagojević J., Vujošević M. Discrimination of the sibling species *Apodemus flavicollis* and *A. sylvaticus* (Rodentia, Muridae) // Zoologischer Anzeiger. – 2014. – Vol.253. – P. 261–269.
- Knitlová M., Horáček I. Late Pleistocene–Holocene paleobiogeography of the genus *Apodemus* in Central Europe // PLoS ONE. – 2017. – Vol.12, no. 3. – e0173668.
- Kolyushev I.I. A brief review of rodents of Transcarpathia // Nauchnye Zapiski UzhGU (Seriya Biologia). – 1953. – Vol.8. – P. 143–158. (in Russian)

- Kryštufek B., Sozen M., Bukhnikashvili A. *Apodemus uralensis* // The IUCN Red List of Threatened Species. – 2008. – e.T1905A8801937.
- Kuncová P., Frynta D. Interspecific morphometric variation in the postcranial skeleton in the genus *Apodemus* // Belgian Journal of Zoology. – 2009. – Vol.139, no. 2. – P. 133–146.
- Kyselyuk A.I. *Sylvaemus uralensis* (Rodentia, Muridae) in the East Carpathians // Vestnik Zoologii. – 1993. – Vol.27, no. 4. – P. 41–47. (in Russian)
- Lashkova E.I., Mezherin S.V., Dzeverin I.I. Identification of wood mice species of the Ukrainian fauna using external and cranial characters by the multivariate analyses // Vestnik Zoologii. – 2005. – Vol.39, no. 3. – P. 23–28. (in Russian)
- Lashkova E.I., Dzeverin I.I., Mezherin S.V. Variation of mandible in wood mice species, *Sylvaemus* (Muridae, Rodentia), from the fauna of Ukraine // Vestnik Zoologii. – 2006. – Vol.40, no. 4. – P. 359–366. (in Russian)
- Lashkova E.I., Dzeverin I.I. Odontometric variation and species identification of wood mice *Sylvaemus* (Muridae, Rodentia) from Ukraine // Vestnik Zoologii. – 2002. – Vol.36, no. 3. – P. 25–33. (in Russian)
- Marsh A.C.W., Harris S. Partitioning of woodland habitat resources by two sympatric species of *Apodemus*: lessons for the conservation of the yellow-necked mouse (*A. flavicollis*) in Britain // Biological Conservation. – 2000. – Vol.92. – P. 275–283.
- Mezhherin S.V., Lashkova E.I., Tovpinets N.N. Geographic distribution, population densities and habitat preference of the wood mice genus *Sylvaemus* (Rodentia, Muridae) on the territory of Ukraine // Vestnik Zoologii. – 2002. – Vol.36, no. 6. – P. 39–49. (in Russian)
- Mezhherin S.V., Zagorodniuk I.V. New species of mouse of the genus *Apodemus* (Rodentia, Muridae) // Vestnik Zoologii. – 1989. – Vol.23, no. 4. – P. 55–59. (in Russian)
- Michaux J.R., Magnanou E., Paradis E. et al. Mitochondrial phylogeography of the woodmouse (*Apodemus sylvaticus*) in the Western Palearctic region // Molecular Ecology. – 2003. – Vol.21. – P. 685–697.
- Michaux J.R., Libois R., Filipucci M.-G. So close and so different: comparative phylogeography of two small mammal species, the yellow-necked fieldmouse (*Apodemus flavicollis*) and the woodmouse (*Apodemus sylvaticus*) in the Western Palearctic region // Heredity. – 2005. – Vol.94. – P. 52–63.
- Naglov B.A. Distribution and population density of *Sylvaemus sylvaticus* (Rodentia, Muridae) in Kharkov Oblast // Vestnik Zoologii. – 1995. – Vol.29, no. 5–6. – P. 87–89. (in Russian)
- Niethammer Von J. Zur frage der introgression bei den waldmäusen *Apodemus sylvaticus* und *Apodemus flavicollis* (Mammalia, Rodentia) // Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. – 1969. – Vol.7, no. 1. – P. 77–127.
- Orlov V.N., Bulatova N.Sh., Nadjafova R.S., Kozlovsky A.I. Evolutionary classification of European wood mice of the subgenus *Sylvaemus* based on allozyme and chromosome data // Bonner Zoologische Beiträge. – 1996. – Vol.46. – P. 191–202.
- Panzironi C., Cerone G., Cristaldi M., Amori G. A method for the morphometric identification of southern Italian populations of *Apodemus* (*Sylvaemus*) // Hystrix. – 1993. – Vol. 5, no. 1–2. – P. 1–16.
- Polushina N.A., Voznyuk M.N. New data on *Apodemus microps* Krat. et Ros. in the territory of the USSR // Rodents. Book of Abstracts of the V All-Union Conference on Rodents. – Moscow, 1980. – P. 37–38. (in Russian)
- Popov V.V. Discriminant criteria and comparative study on morphology and habitat selection of *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758) and *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834) (Mammalia, Rodentia, Muridae) in Bulgaria // Acta Zoologica Bulgaria. – 1993. – Vol.46. – P. 100–111.
- Shnarevich I.D. Mammals of the Soviet Bukovina // Animals of the Soviet Bukovina. – Chernivtsi, 1959. – P. 5–65. (in Russian)
- Sokur I.T. Mammals of the Soviet Carpathians and their economic use. – Kyiv: Publishing House of AN UkrSSR, 1952. – 68p. (in Ukrainian)
- Stetsula N. Age variation as the factor influencing on the exactness of identification of morphologically close species of mouse-like rodents // Proceedings of the Theriological School. – 2012. – Vol.11. – P. 41–49. (in Ukrainian)
- Tatarinov K.A. Mammals of the western regions of Ukraine. – Lviv, 1956. – 257p. (in Ukrainian)
- Tchernov E. Polymorphism, size trends and Pleistocene paleoclimatic response of the subgenus *Sylvaemus* (Mammalia: Rodentia) in Israel // Israel Journal of Zoology. – 1979. – Vol.28. – P. 131–159.
- Turyanin I.I. Fauna, economic and epidemiologic importance of rodents of Transcarpathia // Nauchnye Zapiski UzhGU (Seriya Biologia). – 1959. – Vol.40. – P. 21–28. (in Russian)

Vohralík V. Distribution, skull morphometrics and systematic status of an isolated population of *Apodemus microps* (Mammalia, Rodentia) in NW Bohemia, Czech Republic // *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. – 2002. – Vol.66. – P. 67–80.

Vorontsov N.N., Boyeskorov G.G., Mezherin S.V. et al. Systematics of the Caucasian wood mice of the subgenus *Sylvaemus* (Mammalia, Rodentia, *Apodemus*) // *Zoologicheskii Zhurnal*. – 1992. – Vol.71, no. 2. – P. 119–131. (in Russian)

Zagorodniuk I.V. Sibling species of mice from Eastern Europe: taxonomy, diagnostics and distribution // *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. – 1996. – No. 12. – P. 166–173.

Zagorodniuk I.V., Kavun K.Yu. Age-related variation as basis for emergence of interspecific differences in rodents (Muriformes) // *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. – 2000. – No. 3. – P. 174–180. (in Ukrainian)

Zimmermann K. Die Untergattungen der gattung *Apodemus* Kaup. // *Bonner Zoologische Beiträge*. – 1962. – Vol.13, no. 1–3. – P. 198–208.

Представлено: З.В.Селюніна / Presented by: Z.V.Selyunina

Рецензент: В.А.Токарський / Reviewer: V.A.Tokarsky

Подано до редакції / Received: 17.10.2018

About the author: Zoltán Barkaszi – National Museum of Natural History, National Academy of Sciences of Ukraine, Bohdan Khmelnytsky St., 15, Kyiv, Ukraine, 01030, zlbarkasi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3155-6362>

Про автора: Золтан Баркаси – Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, Україна, 01030, zlbarkasi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3155-6362>

Об авторе: Золтан Баркаси – Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины, ул. Богдана Хмельницкого, 15, Киев, Украина, 01030, zlbarkasi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3155-6362>

УДК: 929Вальх:[59:069](477)

Борис Вальх та розвиток зоології й музеології на сході України І.Загороднюк, В.Пархоменко

Проаналізовано біографічні відомості та наукові доробки Бориса Вальха (1876–1942) – одного з провідних зоологів, які працювали на теренах східної України у першій половині ХХ ст. Борис Вальх працював на стику зоології, захисту рослин та епідеміології, був провідним фахівцем у контролі чисельності господарсько-важливих груп гризунів та комах (станції захисту рослин) та епідеміологом (зоонози), а одночасно є природоохоронцем, одним з ключових організаторів заповідних об'єктів південного сходу України (Кам'яні Могили, Білосарайська коса). Особливу увагу в цьому огляді приділено зоологічним дослідженням (орнітологія, ентомологія, теріологія) та роботі зі створення зоологічних колекцій, у тому числі й в межах організованого за його участі Бахмутського краєзнавчого музею. Всі ці доробки науковця розглянуто разом із деталями його біографії, проаналізованої з використанням сімейних архівів та за участі членів родини Вальхів, зокрема його онуків Бориса Вальха та Олімпіади Грищенко і правнука Сергія Вальха. Внесено суттєві уточнення та зроблено важливі доповнення у відомості про біографію Бориса Вальха, зокрема про його три освіти (Павлоградська гімназія та двічі Харківський університет), про дітей і дружину, про його довготривалі поїздки, зокрема до Туркестану та Азербайджану. Розглянуто і уточнено розташування «хутора Гори-Могили», з якого походить більшість колекційних зразків, зібраних Вальхами, і з'ясовано, що це саме місце на давніх картах позначали як «Горемогилове». Проведено аналіз історії описаного Борисом Вальхом виду *Mus sergii* та його типового місцезнаходження. Узагальнено факти про історію накопичення й подальшу долю його зоологічних колекцій та колекцій сина Сергія, у тому числі й теріологічних зборів на хуторі Гори-Могили. У статті використано унікальні оригінальні фотографії з родинних архівів, для більшості з яких з'ясовано дати та місця зйомки. Наведено також фотографії з колекційними зразками та оригінальними зоологічними етикетками.

Ключові слова: зоологія, Харківський університет, станції захисту рослин, музеологія, колекції, історія біології.

Boris Valkh and the development of zoology and museology in the East of Ukraine I.Zagorodniuk, V.Parkhomenko

The details of biography and scientific works of Boris Valkh (1876–1942), one of the leading zoologists who worked in eastern Ukraine in the first half of the 20th century, were analysed. Boris Valkh worked at the interface of zoology, plant protection, and epidemiology and he was a leading specialist in controlling the abundance of economically important groups of rodents and insects (plant protection stations) and an epidemiologist (studying zoonoses). At the same time, he was a nature protector, one of the key organizers of nature reserves in the southeast of Ukraine (Kamiani Mohyly, Bilosaraiska Kosa). The main attention in this review is paid to Valkh's research into zoology (ornithology, entomology, and theriology), and his work upon creation of zoological collections, including the one in the Bakhmut Museum of Local Lore, which was organized with his participation. All of these developments made by the scientist are considered along with details of his biography analysed using family archives and by conversations with Valkh's descendants, including his grandson Boris Valkh, granddaughter Olympiada Gryshchenko, and great-grandson Sergei Valkh. Significant clarifications and important additions to the biography of Boris Valkh have been made, in particular regarding his education (once in Pavlohrad Gymnasium and twice in Kharkiv University), wife and children, as well as his long-term trips to Turkestan and Azerbaijan. The location of "Hory-Mohyly hamlet", from which most of the zoological samples collected by the Valkhs are derived, is clarified and determined as the same place that was marked on ancient maps as "Horemohylove". The history of the species *Mus sergii* described by Boris Valkh and its type locality were analysed. The information about the history of accumulation and further fate of his and his son Sergey's zoological collections including mammal specimens from Hory-Mohyly is summarized. Unique original photographs from the family archives have been used, for most of which the dates and places of taking were determined. Pictures of collections and original zoological labels are also presented.

Key words: zoology, Kharkiv University, plant protection stations, museology, collections, history of biology.

Борис Вальх и развитие зоологии и музеологии на востоке Украины И.Загороднюк, В.Пархоменко

Проанализированы биографические сведения и научные труды Бориса Вальха (1876–1942) – одного из ведущих зоологов, которые работали на территории восточной Украины в первой половине ХХ ст.

Борис Вальх работав на стику зоології, захисту рослин і епідеміології, був ведучим спеціалістом в контролі численності господарсько важливих груп гризунів і комах (станції захисту рослин) і епідеміологом (зоонози), а одночасно був природоохранником, одним з ключових організаторів заповідних об'єктів юго-сходу України (Кам'яні Могили, Белосарайська коса). Особливу увагу в цьому огляді приділено зоологічним дослідженням (орнітологія, ентомологія, териологія) і роботі по створенню зоологічних колекцій, в тому числі і в рамках організованого при його участі Бахмутського краєведчого музею. Всі ці напработки вченого розглянуті разом з деталями його біографії, проаналізованою з використанням родинних архівів і при участі членів родини Вальхів, в частині його онуків Бориса Вальха і Олімпіади Грищенко і правнука Сергія Вальха. Внесено суттєві уточнення і зроблено важливі доповнення в свідчення про біографію Бориса Вальха, в частині його трьох освітніх (Павлоградська гімназія і двічі Харківський університет), дітей і дружини, його довготривалих поїздок, в частині в Туркестан і Азербайджан. Розглянуто і уточнено розташування «хутора Горы-Могили», з якого походить більшість колекційних зразків, зібраних Вальхом, і встановлено, що це саме місце на давніх картах позначалося як «Горемогилы». Проведено аналіз історії описаного Борисом Вальхом виду *Mus sergii* і його типового місця знаходження. Обобщено факти про історію накоплення і подальшої долі його зоологічних колекцій і колекцій сина Сергія, в тому числі і териологічних зборів на хуторі Горы-Могили. В статті використано унікальні оригінальні фотографії з родинних архівів, для більшості з яких встановлено дати і місця зйомки. Приведено також фотографії з колекційними зразками і оригінальними зоологічними етикетками.

Ключові слова: зоологія, Харківський університет, станції захисту рослин, музеологія, колекції, історія біології.

Вступ

Борис Вальх (27.11.1876–12.04.1942) – яскрава постать в історії природознавства східних теренів України. Його часто позиціонують як одного з багатьох орнітологів-фауністів, які вносять свою лепту у розвиток знань про регіональну фауну, зокрема й фауну птахів Катеринославщини. Проте з ім'ям цього натхненного і неймовірно успішного дослідника пов'язано чимало сторінок розвитку природознавства Сходу, при тому не лише в Бахмуті, де він мешкав, але й в інших місцях.

У цій праці головну увагу приділено зоологічній та музеологічній компоненті. Відповідно, задачею повідомлення є узагальнення відомостей про Бориса Вальха як зоолога та музеолога і наші намагання поєднати в єдине ціле ці два аспекти буття відмінного природознавця, історія якого є прикладом успішної реалізації творчого початку і високого духу попри всі негаразди часу, в якому йому довелося жити й творити. Очевидно, що ці грані його біографії тісно переплетені з іншими його дослідженнями й напрямками діяльності, зокрема й краєзнавством, педагогікою, медициною. Цей спектр фахових інтересів Бориса Сергійовича настільки щільно й органічно переплетений, що часом складно відокремити одні грані від інших. Проте ця задача є посильнішою, ніж пошук втрачених або малозначимих на перший погляд відомостей, з роками все менш доступних і часто трансформованих інтерпретаторами до невідомості.

Мета цієї праці — реконструкція та аналіз етапів професійного зростання Бориса Вальха та формування спектра його професійних інтересів в музеології, таксидермії, краєзнавстві, епідеміології, природоохороні та зоології, а також повернення цього імені до когорти видатних природознавців сходу України.

Джерела даних

Об'єктом аналізу стали публікації та колекції дослідника, згадки про нього в статтях інших колег, родинні архіви. На сьогодні накопичено певний масив історичних розвідок, які висвітлюють життя й творчість дослідника, переважно як орнітолога, природоохоронця та епідеміолога (зокрема, Атемасова, Кривицький, 1999; Борейко, 2001; Шакула, Сіренко, 2007). Окремий розділ про Бориса Вальха є й у розвідці з історії формування природничої освіти в Донецькому ІНО (згодом Луганський педінститут) (Загороднюк, 2013а). При підготовці цього рукопису враховано також матеріали публікацій зі згадками про дослідника (Принь, 2012 та ін.) та повідомлення від нащадків Бориса Вальха — його онуків Бориса Вальха (†19.12.2014), та Олімпіади Грищенко, в усіх випадках за сприяння Сергія Вальха, правнука.

Окремі біографічні факти (дата і місце народження і попереднього навчання) дає архів зі списками студентів Харківського університету за 1896–1897 рр. (Список..., 1896; див. рис. 1). Цінним джерелом є наукові публікації Вальха, в яких відображаються звичайно чітко датовані та

атрибутовані географічними деталями факти з наукової біографії дослідника. Важливим джерелом історичних даних є природничі колекції (Загороднюк, 2013 в), зокрема й колекція Національного науково-природничого музею НАН України (Шевченко, Золотухина, 2002 та ін.). Етикетки зразків несуть унікальну інформацію. Щоправда, у випадку з Вальхами (і батьком, і сином), коли мова йде про зоологічні збори, зокрема й в місцезнаходженні «Гори-Могили», уточнити авторство зразків часом неможливо, бо на етикетках нерідко вказано лише «Вальх».

Існують щоденники Сергія Вальха (1905–1982), сина й послідовника Бориса Вальха, які в кінці 2014 р., після смерті Бориса Вальха (молодшого) було передано «до Воронежа» (власне до Петропавлівки Воронізької обл.) дочці Бориса Вальха (молодшого) – Наталії Вальх (Назаренко). Це 5 товстих зошитів¹, в яких вміщено велику кількість інформації про родину і спостереження у природі, і такі щоденники він вів постійно, навіть у час перебування у війську протягом 1941–1947 років. Планувалося, що ці щоденники Борис Вальх (молодший) дасть на опрацювання одному з авторів (І. З.) і потім їх передадуть до Бахмутського краєзнавчого музею, проте цього не сталося, оскільки весь 2013 рік цей автор був обмежений в поїздках за станом здоров'я, а надалі сталися революційні події, захоплення Бахмута бойовиками і врешті раптова смерть Бориса Сергійовича (19.12.2014), тому ці щоденники «поїхали» до Воронежа (О.Грищенко, особ. повід.).

Важливо зауважити, що у публікаціях про Вальха є багато надуманого і неправдивого, зокрема у публікаціях В.Борейка (Б.Вальх, особ. повід.; О.Принь, особ. повід.), тому потрібно уважно ставитися до опублікованих відомостей. Представлений нижче нарис узгоджено в усіх деталях з родиною Вальхів, зокрема з Борисом Вальхом молодшим (1937 р.н., бесіди і записи 2013 р., його фото далі на рис. 11), Сергієм Вальхом (1977 р.н., записи 2013 та 2018 рр.) та Олімпіадою Вальх (Грищенко) (1939 р.н., записи 2018 р.).

МЕДИЦИНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТЪ. 1 СЕМ.				117
Имя, фамилия, званіе и вѣро-исповѣданіе.	Годъ и мѣсто рожденія.	Время поступленія въ университетъ.	Мѣсто пред-варительнаго воспитанія.	О с о б о в примѣчаніе.
33. Вальхъ, Борисъ Сер-гѣев. Дворян. Прав. (Приз. 1898 г.).	—76 г. 27 ноября, с. Ново-Бахмутовка, Бахмут. у., Екатери-носл. губ.	—96 г. 17 авг.	Павлоград. гимн.	

а

Посторонніе слушатели.								
Фамилія, имя и отчество	Факульт. и семестр.	Видоиспо-влѣніе	Званіе	Годъ рожденія	Мѣсто рожденія	Мѣсто пред-варительнаго воспитанія или по какому документу принята.	Годъ по-ступленія	Отмѣтка
Б. Вальхъ Борисъ Сергѣевичъ (ратникъ 2 разр.).	Мд. 9	Пр. с. двор.		1876	Бахмутск. у.	Павлогр. г. Харьков. ун.	1911	

б

Рис. 1. Записи про навчання Бориса Вальха в Харківському університеті за реєстром студентів:

а – фрагмент реєстру студентів за 1896 р. (медфак, 1-й сем.);

б – запис у розділі «сторонні слухачі» за 1912 р. (медфак, 9-й семестр, зарахування 1911 р., тобто мова про дворічне навчання з 7 сем., упродовж 1911/12 та 1912/13 н.р.)

¹ Шостий Олімпіада Сергіївна залишила у себе, мотивуючи це великою кількістю вміщеної там приватної інформації. Так само у неї залишився альбом з віршами Бориса Сергійовича (оформлений як «самвидав»).

Важливим джерелом фактів, пов'язаних з членством Б.Вальха у Харківському товаристві дослідників природи, стали копії архівних документів цього товариства, що зберігаються у Центральній науковій бібліотеці Харківського університету і передані нам для аналізу М.Баніком та Т.Атемасовою (передано 23 сторінки, на яких є прізвище «Вальх»). Цінним доповненням до проведеного нами аналізу біографічних відомостей стала схема родоводу Вальхів (з 1759 р.), представлена Сергієм Вальхом (мол.).

Початки. Навчання, становлення як фахівця

Вальх Борис Сергійович народився 27 листопада 1876 р. на Слобожанщині в родині домовласника й дворянина Сергія Івановича Вальха. Місце народження за університетськими документами – с. Новобахмутівка Бахмутського повіту Катеринославської губ. (рис. 1). В частині джерел місце народження подають як «Введенське Бахмутського повіту Харківської губ.» (наприклад: Борейко, 2001; Шакула, Сіренко, 2007), яке тут же синонімізують з Новобахмутівкою Ясиноватського р-ну Донецької обл. (Борейко, 2001).

Проте «Введенських» є декілька. Зокрема, «Введенське» є (з 1930 р. як Введенка) у Чугуївському районі Харківщини (1520 осіб), а в описі Бахмутського повіту вказано (Вікіпедія), що біля Новобахмутівки, села на 236 господ, було панське село Віденське на 12 господ. Напевно, церква і запис про народження мали бути у більшому селі, яке й записали як місце народження Бориса. Можна припустити, що це Віденське і описаний далі хутір Гори-Могили («Горемогилове») – сусідні хутори або й його синоніми.

Низка фактів підказує, що Гори-Могили та Віденське були пізнішими осередками мешкання родини Вальхів. По-перше, з документів і публікацій відомо, що Вальхи були дворянами, і батько Бориса був домовласником (Шакула, Сіренко, 2007), тобто мав би бути містянином. По-друге, родина також вказує на те, що Борис ріс не в селі, а в Харкові (О.Грищенко, особ. повід.). Те саме знаходимо і в його спогадах у статті про зміни фауни птахів університетського саду в Харкові, де подано дані за 1892, 1912 та 1928 роки (1892 р. йому було 16 років, а у 1896 р. він вже був студентом ХУ) і зазначено, що «я знаю цей парк добрих 40 років. На моїх очах з типового старого лісу, де я бігав хлопчиком з сіткою за метеликами, його перетворив небіжчик професор А.Краснов у дендрологічний парк...» (Вальх, 1931б; с. 46–47).

За університетським реєстром, Вальх мав дворянське походження, був православним, закінчив Павлоградську гімназію (див. рис. 1). Чому саме Павлоградську, якщо дитинство пройшло в Харкові, не ясно. Відомо також, що навчанню Бориса Вальха допомагав відомий меценат та опікун учбових закладів Бахмута і голова міської Думи Василь Першин (Татаринів та ін., 2013). Чому допомагав — загадка: можливо, батьки Вальха рано пішли з життя. В статті О.Шакули та В.Сіренка (2007) уточнено, що коріння Вальхів йдуть від іспанця Вальехо, якого запросили до Російської імперії у петрівські часи як майстра фортифікаційних споруд. Проте у родоводі Вальхів, який включає 174 персони, подібного немає. У зводі потомствених дворян Олександрівського повіту за 1857 р. (Кочергін, 2010) значилися «спадкоємці померлих майора Івана та дружини його Катерини Вальх» з приміткою «В Олександрівському повіті не живуть». Відомо, що батька Бориса Вальха звали Сергій Іванович, тобто «майор Іван» з Олександрівського повіту може бути дідом нашого героя. За родоводом Вальхів, батьками Сергія Вальха були Іоганн Ігнатій Матвій Вальх (1792–1852) та Катерина Олексіївна Коломніна (без років, лише імена й прізвища), тобто ті самі Іван та Катерина. І, отже, все сходиться: Іоганн Вальх в родоводі Вальхів напевно і є майором Іваном Вальхом у зводі дворян.

Відомо також (Шакула, Сіренко, 2007; хоча насправді зовсім не зрозуміло, звідки), що мати Бориса, Марія Олександрівна Вальх, докладала зусиль до вибору сином медичного фаху (не військового, популярного серед дворян). 1896 року (тобто у віці 20 років) Вальх вступив до Імператорського Харківського університету на медичний факультет (див. рис. 1). За Вікіпедією (без посилань), «спеціалізувався по кафедрах зоології та медицини» (що суперечливо), за іншими джерелами (Шакула, Сіренко, 2007) – був медиком (що факт), але при вступі до університету «мав спеціальну рекомендацію з гімназії про нахил до природознавства», і «декан природничого факультету професор І.Брандт дозволив йому безкоштовно слухати лекції природничо-історичного відділення фізико-математичного факультету» (ibid., с. 4).

Під час навчання брав активну участь у різноманітних дослідницьких проектах, і вже після 1 курсу опублікував свою першу наукову працю з матеріалами своїх досліджень до-університетського часу – «Матеріали з орнітології Катеринославської губернії. Спостереження 1892–1897

року», видану в 34 томі «Трудів Товариства дослідників природи Харківського університету» за 1899 р. У вступі зазначено, що «список є підсумком моїх шестирічних спостережень над птахами Катеринославської губернії. Головним тереном їх був для мене Павлоградський повіт» (Вальх, 1899: с.3). Згаданий у заголовку період 1892–1897 рр. – це час навчання у Павлоградській гімназії, про яку є мова в обох університетських довідках (рис. 1). 1892 р. Борису було 16 років, а до університету він вступив 1896 р. Тобто, мова йде про спостереження в час його навчання у Павлограді та в перший рік навчання в університеті. Посилаючись на цю статтю, М.Сомов 15 травня 1898 р. написав до Товариства дослідників природи при ІХУ представлення на Бориса Вальха «у співробітники товариства» (копію отримано від М.Баніка та Т.Атемасової).

Під час навчання в університеті, як стверджують О.Шакула та В.Сіренко (2007, с. 4), Борис Вальх відмовився від медичної кар'єри (що дивно, див. підпис до рис. 2 про складання *випускних іспитів з медицини* і текст далі про його роботу лікарем), оскільки мріяв про роботу в зоологічному музеї і в розвиток цієї мрії брав у музеї Харківського університету уроки з музейної справи і таксидермії у його співробітників – проф. О.Нікольського та його учнів, лаборанта Г.Гадда та препаратора А.Манжоса.

У ті часи в університеті (принаймні на медичному факультеті ІХУ) навчання тривало 5 років, тобто, рахуючи від 1896/97 навчального року (рис. 1а), п'ятий курс він мав закінчити навесні 1901 року. Проте запис в реєстрі студентів ІХУ за 1901/02 н.р. (аналогічний до поданого на рис. 1а) свідчить, що Борис Вальх в той рік навчався на 9 семестрі. Тобто мало місце відставання на 1 рік, що може бути пов'язано з витратою одного року на навчання природничим спеціальностям (про що є мова вище).

Від університету до університету

Після закінчення навчання в університеті Вальх пішов по медичній спеціалізації, стажувався й працював в різних місцях, зокрема й закордоном, що описано в огляді О.Шакули та В.Сіренка (2007). Проте історія дещо складніша, про що розповіла Олімпіада Грищенко – онука Бориса Вальха старшого.

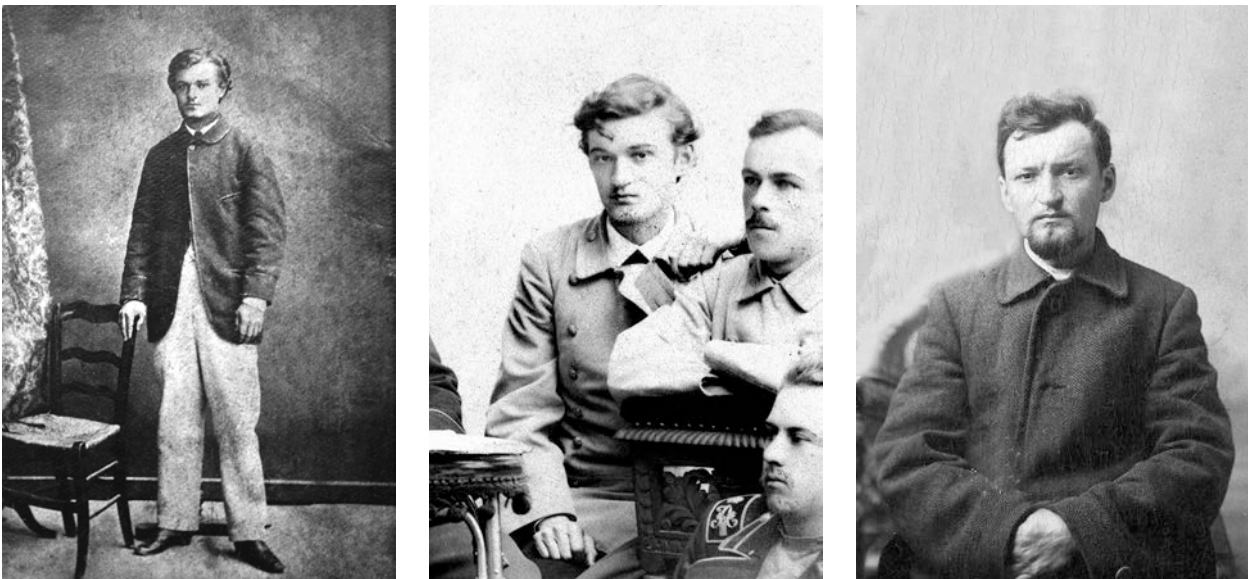


Рис. 2. Давні фото з родинного альбому Вальхів

Перше фото ідентифіковано як фото Б.Вальха за рисами обличчя й стилем пальто «відкритий жилет», поширеним у 1880–1890 рр. (Victorian..., 2018 та ін.), тобто часу навчання Бориса Вальха у гімназії. Друге фото без дати, проте сказано, що фото з однокурсниками (з уточненням про наявність на фото студентів II і V курсу), тобто 1897 р. Третє фото має підпис «знімкувався 24.IV.913 [903?] в проміжку між екзаменами з гістології та патологічної анатомії. Борис С.Вальх». (Напис «913» має посилену здвоєну риску, подібну до «0», наче виправлення з «903» (в сімейному архіві фото записано з датою «1913», тобто Вальху має бути 37 р.).

Після університету (близько 1902 або 1903 р.) Борис Вальх приїхав до Бахмута, де отримав роботу в лікарні. Там він познайомився зі своєю кузиною Олімпіадою Вальх, що скоро стала його дружиною² (ймовірно 1903 р., перша дитина народилася навесні 1904 р.). За версією Олімпіади Грищенко (особ. повід.), Олімпіада Вальх була родом з Маріупольщини («селищедесь біля Кривої Коси») і до Бахмута приїхала на навчання. Відомості з історичної літератури свідчать, що Олімпіада Вальх у 1890–1891 рр. була ученицею Олександрівського училища в тому самому Бахмуті: «Серед цих дівчаток була і Олімпіада Вальх, яка потім стане вчителькою гімназії ім. Великої княгині Марії Павлівни» (Татаринів, Тутова, 2008). Тобто, попри невідомі поки маріупольські «коріння» (опитування не додали ясності), Олімпіада вчилася в Бахмуті.

Онуки Бориса Вальха також повідомили, що Вальх після одруження (між 1902 та 1904 рр.) отримав «загалом непогане придане» (О.Грищенко, особ. повід.), за яке на початку 1900-х прикупив дві десятини землі, а згодом (ймовірно, після другого навчання у 1911–1913 рр.) — ще дві десятини, на яких заклав відомий на всю округу «Вальховий сад» (О.Грищенко, особ. повід.). Тут прямо від садиби йшли доглянуті алеї з декоративними деревами і кущами, зокрема бузкова алея, по якій вечорами часто прогулювалася хуторянська молодь, що дотепер згадують в родині Вальхів. Проте тут Вальхи, судячи з усього, жили лише згодом, а молоде подружжя жило в іншому місці.

Авторські розвідки показують, у цей час Вальх мешкав на садибі у дружини та її родини – на хуторі Скучне, що в районі залізничної станції Желанна. На користь цього свідчать три факти: 1) від онуків Вальха відомо, що Олімпіада Вальх була з багаті поміщицької родини (О.Грищенко, особ. повід.); 2) є відомості про поміщиків Вальхів на Донеччині: «Між Іллінкою і Селидівкою, в 27 верстах від станції Желанна, на землях поміщиків А. і Є.Вальх³... у 1907 р. засновано рудник» (Белицький, 2017); 3) в листі Бориса Вальха 12.03.1905 р. до губернатора з приводу запланованої експедиції стоїть адреса «хут. Скучний, ст. Желанная Екатеринославской ж.д.». Тобто виходить, що Вальхи жили на хут. Скучне. Це підтвердила і довідка про народження Наталії Вальх, першої дитини Бориса, виявлена в родинному архіві, коли ця стаття була написана. Саме тут у Бориса та Олімпіади народилися всі троє їх дітей – спочатку Наталія (1904) та Сергій (1905), а згодом й Ігор (~1908).

(Чи працював він в ті часи, проживаючи з сім'єю в Скучному? Не виключено, що він їздив на працю до Бахмута щотижня, якщо був штатним лікарем Бахмутської лікарні; проте, він міг жити і з родинних прибутків. Бахмутська квартира на 3 кімнати за адресою «вул. Ленінська 16, кв. 29» отримана за роботу медиком від влади в межах 1920–1931 років. Відомо, що 1931 року (1932?) до цього батькового будинку син Сергій приводив свою наречену Пелагею познайомити її з батьком; характерна деталь – за обіднім столом було два вільних стільці, на які за командою прийшли й сіли два Вальхових пойнтери).

Те, що Борису допомагав учитися (в гімназії?) меценат Василь Першин (Татаринів та ін., 2013), а потім Борис жив у приймах (при татові-домовласнику в Харкові)⁴, дозволяє припустити, що Вальх рано залишився без батьківської опіки, а тому й пішов у прийми на хутір Скучне і згодом сам заробив житло у Бахмуті. Щодо географії й логістики, які пояснюють те, чому він навчався аж в Павлограді, а потім працював у Бахмуті: від ст. Желанна до Павлограда, куди в той час проклали залізничну колію⁵ і де Борис вчився в гімназії, залізницею 143 км, а до Бахмута, де він працював

² Онуку назвали «Олімпіадою» в пам'ять про дружину Бориса Вальха. Дружину Вальха згадано у книзі «Етнічна історія Бахмутського краю» (Татаринів, Тутова, 2008): у Володимирівському чоловічому училищі (відкрите 1888 р.) «працювала помічником німкеня Олімпіада Вальх»; місцеві її знали як «класну даму»; щодо «німкені» – схема родоводу показує переважання німецьких імен (напр., дід Бориса – Іоганн Ігнатій Матвій Вальх, а старший брат діда – Карл Іоганн Вальх). Проте себе самого Борис називав виключно українцем (О.Грищенко, особ. повід.), як і його онук Борис.

³ «А. та Є.» — мова про Олексія та Катерину Вальх (П.Белицький, особ. повід., за даними С.Луковенка). Відомо (іbid.), що серед невузьких підприємств виділялася «Яснобродська гуральня №8» (заснована 1903 р.), на якій виробляли 30 тис. відер алкоголю і яка належала Олексію та Катерині Вальхам та Ганні Левицькій. Село Яснобродівка – це східна гілка того самого водосховища у верхів'ях Вовчої, на якому у північній його частині розташований хутір Скучне.

⁴ Обидва факти (про допомогу Першина і тата-домовласника в Харкові) не є однозначними і вимагають перевірки.

⁵ Станція Желанна і сама Катерининська залізниця збудовані у 1883–1884 рр., якраз перед школярством Бориса Вальха (він 1876 р.н., тобто йому було 7–8 років), тому вибір місця навчання був не випадковим.

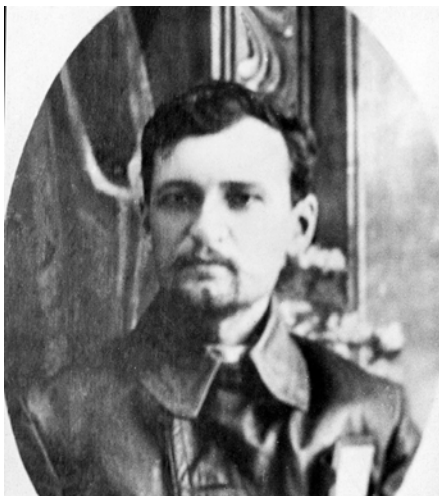
принаймні з 1908 року (є лист 1908 р. з адресою «Бахмут»), – 89 км. Сам хутір Скучне (нині 14 осіб) розташований у 20 км на пд.-сх. від станції Желанна, на річці Вовчій.

Його продовжували цікавити птахи. У січні 1911 р. він закінчує роботу над новим оглядом птахів Катеринославщини (у статті вказано, що її закінчено в Бахмуті у січні 1911 р.: Вальх, 1911). Того ж року Борис Вальх вдруге вступає до Харківського університету, і знову на медичний факультет (рис. 16). Навчається там стаціонарно, приїжджаючи до рідні на вихідні (за спогадами сина Сергія – «сварити дітей, якщо вони погано поводитися»: О.Грищенко, особ. повід.). Факт другої освіти раніше подавали як «медичне стажування 1910–1912 рр.» (Борейко, 2001), але тепер ясно, що це був університет з повноцінним навчанням, у статусі вільного слухача (ймовірно, тому що друга освіта) і з 1911 р. Випускні іспити відбулися у кінці квітня 1913 р. (див. підпис до рис. 2), тобто друга освіта тривала два навчальні роки, 1911/12 та 1912/13.

Бахмут та дальні відрядження 1913–1920 рр.

Одразу після університету (як слідує з хронології) Борис Вальх працював у Бахмутській станції захисту рослин (СТАЗР), про що свідчить його капітальна теріологічна стаття в Бюлетені СТАЗР за 1914 р. – «До питання про очікувану пошесть мишей і заходи щодо їх знищення (з таблицею для визначення видів)» (Вальх, 1914). Слідом почалися мандри та переїзди, що було пожиттєвою особливістю Вальха.

Від самого початку 1915 р. (а, можливо, й з осені 1914)⁶ він працював в Карелії, де проводив метеоспостереження і збирав колекції ссавців і птахів; звіди був привезений і тип *Mus musculus borealis*, здобутий ним в Ухті 5.01.1915 (Загороднюк, 2002). На канікулах (очевидно, що влітку 1915 р.) до нього приїжджала дружина з дітьми (О.Грищенко, особ. повід.). У Бахмуті вона вчителювала: Олімпіаду Вальх у спогадах за 1915 р. згадують як вчительку Володимирського училища (Татарінов, Тутова, 2008: с. 117), у губернському адрес-календарі за 1915 р. – як «класну наглядачку» у «Бахмутській 1-й жіночій гімназії імені Її Імператорської Високості Великої Княгині Марії Павлівни» (Екатеринославській..., 1915: с.326).



а



б

Рис. 3. Борис Вальх та його діти:

а (ліворуч) – Борис Вальх у період першого далекого відрядження до Бухари; фотографію зроблено, найімовірніше, 1918 р. у Туркменістані (О.Грищенко, особ. повід.; фото у Бахмутському краєзнавчому музеї, копію отримано за сприяння І.Корнацького);

б (праворуч) – діти Бориса Вальха: Наталія (1904 р. н.), Сергій (1905), Ігор (бл. 1908); фото після смерті мами, бл. 1918 р.; з архіву Вальхів за сприяння С.Вальха (мол.). В центрі – Сергій Вальх (нар. 26.11.1905), який, як і батько, став зоологом, таксидермістом та епідеміологом. В руках Сергія, ймовірно, гербарна папка. Біля дітей – пойнтер (Вальхи завжди тримали пойнтерів: О.Грищенко, особ. повід.). Обидва фото зроблено в одному місці, про що свідчать деталі оздоблення рами позаду людей.

⁶ По-перше, йшла Світова війна 1914–1918 років, по-друге, виїхати на північ реально було лише з осені (бо взимку, напевно, ніхто би таку дорогу не здолав).

Того ж 1915 р. Бориса Вальха згадано як практикуючого лікаря в с. Комар Комарівського повіту Маріупольського округу (нині це Великоновоселівський район) (Екатеринославській..., 1915: с.388). Припускаємо, що Вальх влаштував тут новий орнітологічний стаціонар для продовження досліджень птахів Катеринославщини. Ці місця йому були близькими: с. Комар розташоване на р. Мокрі Яли (ліва притока Вовчої), між Павлоградом, де він вчився в гімназії та робив свою першу наукову працю, та хут. Скучне (верхів'я Вовчої), де він жив із сім'єю на початку 1900-х. У спогадах О. Скабічевського, його бахмутського юнната, зазначено, що Б.Вальх, перебуваючи тут, весь вільний час присвячував дослідженням птахів (листи О.Скабічевського за 1982 р. в архіві Маріупольського краєзнавчого музею, за: Шакула, Сіренко, 2007). В цей час він працював над темою шкодочинності фауни, про що були обидві його наукові статті того часу: про шкодочинність птахів в садах (Вальх, 1913) та мишачі пошесті й заходи з їх обмеження (Вальх, 1914).

За повідомленням Олімпіади-онуки, Борис Вальх не раз виїжджав як епідеміолог на тривалий час (до року) в дальні краї – до Бухари, Аджарії, Туркменістану, Азербайджану, Карелії. В такі мандри він їздив із сім'єю (О.Грищенко, особ. повід.), з ним часто були його діти (рис. 3). Першою тривалою поїздкою стала мобілізація 1917 р. до Бухари, де він працював як епідеміолог, проте скоро повернувся звідти через початок там смуги, але 1918 р. він знову був у Туркестані. Там трапилася біда: в Бухарі⁷ померли від тифу дружина (1917) і менший син (1918), після чого Борис з двома дітьми повертається до Бахмута.

Всі подальші дальні поїздки стали неможливими, а нові мобілізації (то червоними, то денікінцями) завершувалися дезертирством і поверненням до дітей (О.Грищенко, особ. повід.). На відміну від цієї онукової версії є також версія, що Борис Вальх був мобілізований до Червоної армії в ролі старшого фельдшера і перебував у такому статусі до 1921 р. (Шакула, Сіренко, 2007), і тому лише з 1921 р. міг займатися Бахмутським музеєм та працювати на Бахмутській СТАЗР (завідував нею протягом 1921–1937 рр.). Ймовірно, дітям Бориса Вальха бракувало батьківської опіки. Відомо, що близько 1920 р. Сергій Вальх, майбутній зоолог, утік з дому й працював на шахті у Микитівці (згодом «шахта імені Румянцева», територія м. Горлівка), а згодом і санітаром на ст. Микитівка, про що свідчить фотографія в ролі санітара, передана до Бахмутського музею, на якій він виглядає років на 16, тобто фото ~1921 р. (І.Корнацький, записи зі слів О.Грищенко). Правдоподібно, що повернення сина додому і повернення батька з війська (1921) були одночасними подіями.

Бахмутська просвіта і музей (1921–1927)

Восени 1920 р. (25.11.20) Бахмут став центром Донецької губернії, і в місті було створено губернські вчительські курси, які згодом (за три роки) переїхали до м. Луганське⁸, ставши згодом Донецьким ІНО⁹ і врешті Луганським університетом (Бахмутський відділок став частиною Слов'янського вчительського інституту). У стартовий бахмутський період цієї історії (Климов, 2010)¹⁰ Борис Вальх був по суті єдиним природничником, який міг викладати у цьому виші (Загороднюк, 2013а). Припущення про викладання природознавчих дисциплін Б.Вальхом базується на кількох фактах: він мав відповідну освіту, він був директором музею, куди могли приходити на заняття слухачі курсів, він мав значний досвід у виготовленні наочних посібників; існують і прямі згадки про вчителювання (Гринь, 2012).

Вальх, мріючи ще з університетських часів про роботу в музеї, захопився ідеєю музею і у січні 1922 р. виступив з доповіддю про стан музейної, виставкової та екскурсійної справи на Донбасі на Першій губернській конференції політосвітніх органів Донбасу, що пройшла в м. Бахмуті 11–15 січня 1922 р. і докладно описана й проаналізована істориками (Гринь, 2012). Конференція прийняла відповідний пункт резолюції, в якому було визначено потребу «створення місцевого краєзнавчого музею як окремого закладу культури. ... Артемівський окружний музей імені товариша Артема почав діяти в грудні 1923 року з нагоди відкриття пам'ятника тов. Артему.» (ibid.). Музей базувався в Народному будинку.

Було би неправильно думати, що Бахмутський музей, з яким часто пов'язують злет Вальха, почався з імені цього дослідника. Вальх при більшовиках очолив «Музейно-виставково-екскурсійну

⁷ За іншими даними, це сталося в Ленкорані (Шакула, Сіренко, 2007), проте ми довіряємося версії онуки.

⁸ Місто Луганське «встигло побути» центром Донецької губернії перед тим, з 4.01.1920 до 25.11.1920.

⁹ Стосовно «Донецький ІНО»: така назва – з 13.02.1924, до того як «ІНО в м. Луганське».

¹⁰ З праці А.Климова (2010) відомо, що «У листопаді 1920 р. губернські установи переведено до Бахмута» (с.44), а також те, що і надалі, у 1923 р. «пройшли відбіркові комісії в Луганську *та Бахмуті*» (с.219).

секцію Донецької губернської політосвіти», і саме завдяки його турботам музей після тривалого занепаду було відновлено (Принь, 2012). Проте це був тільки ривок, хоч і важливий, в історії Бахмутського музею і музейної справи та природознавства на Донбасі в цілому. У огляді здобутків Іллі Часовникова (Татаринів, 2013) можна знайти деталі щодо існування в Бахмуті земського музею, який виконував подібні функції і був по суті тим самим просвітницьким центром, яким з грудня 1923 р. став Окружний музей імені товариша Артема. Зійшлися воедино унікальні обставини: Бахмут став адміністративним центром регіону, влада потребувала розвитку просвіти і загалом змін, Вальха переповнював ентузіазм. Така співпраця з владою дозволяла Вальху, на нашу думку, одночасно уникнути утисків за його дворянський статус і одночасно займатися музейною справою як по суті дворянською. Врешті Борис Вальх і став першим директором нового музею і пробув на цій посаді два роки (1923–1925), поки не з'явився необхідний «вузький фахівець» на цю справу, і у подальшому протягом 1925–1938 рр. музеєм керував Ілля Часовников (Татаринів, 2013).

Від самого початку в новому музеї було розгорнуто потужну просвітницьку роботу: лише за перший рік його роботи було прочитано 154 лекції (перелік окремих з них є в огляді: Принь, 2012). В музеї Б.Вальх працював до 1937 р. (очевидно, на громадських засадах), одночасно працюючи і на Бахмутській СТАЗР. За ці роки Вальх зібрав багату зоологічну колекцію, частину якої передав до музею (Атемасова, Кривицький, 1999; докладніше про колекції Вальха див. далі). На той час мережа СТАЗР була найвідомішим місцем роботи зоологів в багатьох великих містах, зокрема й Бахмуті. Одним з його помітних досліджень в СТАЗРі того часу став аналіз розмноження озимої совки в Донецькій губернії (Вальх, 1925). Станція його годувала, давала заробіток, а в колекції та музеї він вкладав свої ресурси.

Дуже скоро Артемівський музей став осередком просвіти (Принь, 2012). У цей час в цьому місті (зокрема й у музеї) працював відомий краєзнавець та бібліограф Федір Максименко, за участі якого готувалося видання «Просвіта Донбасу», згодом переведене до Луганська (як «Радянська школа») і 1931 р. закрито (Климов, 2010). У цьому виданні піднімалися питання музейної та пам'яткоохоронної роботи регіону (Принь, 2015а, б), були в ньому й публікації з природознавства (В.Бондаренко, особ. повід.). Федір Максименко є автором одного з найвідоміших оглядів краєзнавчої літератури України (Максименко, 1930), проте важливо й те, що він у бахмутський період своєї історії (1919–1923 рр.) завідував «шкільним музеєм земства» (Домбровська, Панів, 2008, с.181), який і було реорганізовано у окружний краєзнавчий музей.

Загалом в 1920-х роках на Донеччині відбувався помітний краєзнавчий підйом і сформувалися принаймні чотири таких осередки (ймовірно, спочатку в Бахмуті, а слідом у Луганську), до яких повною мірою долучилися Вальх та інші зоологи (Загороднюк, 2013а та ін.). Такими були Соціальний музей Донбасу, Науково-краєзнавчий гурток з вивчення середньої течії Донця, Наукове товариство Донця (НТД) та Науково-дослідна кафедра при ДІНО. Існує плутанина в назвах і статусах цих об'єднань; останнє з них (яке назвали «науково-дослідна кафедра Донбасознавства») так і не було створено, проте 20 вересня 1926 р. відбулося установче засідання Наукового товариства Донбасу¹¹ (Принь, 2013а, б). Також Вальх брав участь в кількох наукових експедиціях, у т. ч. 1926–1927 р. в експедиції до Серебрянського лісництва, що біля Кременної, організованої з метою пошуку хохулі (Борейко, 2001). За підсумками цієї експедиції він опублікував статтю «Хохуля в Серебрянському лісовому масиві Артемівської округи» (Вальх, 1928).

У цих самих осередках працювали й інші відомі природничники, зокрема й Макс Штамм (Штамм, 1930), який принаймні 1928 р. (ймовірно 1926–1930 рр.) працював у ДІНО. Макс Штамм – випускник Харківського університету 1916 р. (Атемасова, 1999), учасник краєзнавчих експедицій по Дінцю, автор низки публікацій про раритетні види – вухатого їжака та хохулю (Аверін, Штамм, 1927; Штамм, 1930)¹². У той час у Донецькому ІНО або в подібних освітніх установах працювали й інші

¹¹ Воно ж – «Наукове товариство на Донеччині» (Принь, 2013б), і не виключено, що це те саме, що і згадане «Наукове товариство Донця», яке писалося також як «Науковий краєзнавчий гурток з вивчення басейну Середньої течії Донця. Луганськ» (скан офіційного аркуша цього гуртка отримано від О.Приня, особ. повід.).

¹² Штамм Макс Генріхович (1893 р. н.) – уродженець м. Ізюм, випускник Луганської гімназії (1893) і Харківського університету (1916). Був керівником біологічної секції Науково-краєзнавчого гуртка (з 1923 р.) та членом Луганського краєзнавчого товариства (з 1926 р. або раніше). Протягом 1923–1927 рр. вивчав фауну басейна Дінця, займався колекціонуванням хребетних (відомі зразки риб), опрацьовував матеріали з живлення птахів та ссавців; останній науковий факт – стаття про хохулю на Дінці (Штамм, 1930). Репресований (Богословлаг [табір діяв з 15.11.1940]). Автор припускає, що після таборів М.Штамм (або його повний тезка) проживав у Казахстані (Загороднюк, 2013а).

відомі зоологи – Н.Умнов (1928) та Володимир Талицький. За підсумками роботи Наукового товариства на Донеччині 1928 р. в ДІНО було видано перші «Праці» цього товариства (Праці..., 1928), в яких є й зоологічний розділ, і переліки публікацій та імен зоологів та природознавців Луганщини (Загороднюк, 2013а).

Борис Вальх у 1925–1926 рр. був залучений до обґрунтування ідеї створення заповідників у Приазов'ї, і протягом 1926–1927 рр. він був членом УКОПП – «Українського комітету охорони пам'яток природи», що займався питаннями заповідання об'єктів природи (Борейко, 2001). Зокрема, за його участі стали заповідними «Білосарайська коса» та «Кам'яні могили» – одні з найвідоміших заповідних територій Донеччини, що сталося після кількаразового відвідання Б. Вальхом цих місць і співпраці з Маріупольським краєзнавчим музеєм. Деталі цього наведено у статті І.Коваленка, завідувача Маріупольського музею краєзнавства у 1920-х роках, і відтворено в огляді В.Борейка (Коваленко, 1928; цит. за: Борейко, 2001).

«В цих намаганнях активно допомагав нам доктор Б.С.Вальх, який двічі приїздив до Маріуполя, виїздив з нами на косу, щоб обслідувати її і знову порушити питання про заповідник на Білосарайській косі. Коли справа стала у Маріуполі не зовсім гаразд, доктор Вальх подав 22 березня 1924 р. доповідну записку з тою самою пропозицією до Донецькгубвиконкому. [...] Лише 21 червня 1925 р. ми мали змогу зорганізувати комісію, до складу якої було закликано ботаніка М. В. Клокова, орнітолога Б. С. Вальха та представника Спілки мисливців. Комісія 21 червня одвідала Білосарайську косу й Кам'яні Могили й рішуче ствердила необхідність організації заповідників в цих місцевостях...» (Коваленко, 1928).

Основними місцями роботи Бориса Сергійовича в цей період стали Бахмутська міська лікарня та Бахмутська СТАЗР. Тепер ці установи відомі як Бахмутський тубдиспансер та Бахмутська дослідна станція розсадництва. Про роботу в лікарні ми не знаємо із жодної його публікації, проте робота у захисті рослин відзначена кількома його науковими публікаціями 1913–1925 рр. (Вальх, 1913, 1914, 1925). Фото Бориса Вальха того часу (1927 р.) представлено на рис. 4.

Гори-Могили (1927–1930)

У 1927 р. починається 4-річний цикл (1927–1930) інтенсивних досліджень фауни в місцезнаходженні Гори-Могили, які проводив, судячи з етикеток, не Б.Вальх, а його син Сергій. Основну увагу в цих дослідженнях приділено дрібним ссавцям. Того 1927 року Сергієві було 22 роки, Борисові – 51. Сергій постійно в той час жив на хуторі (О.Грищенко, особ. повід.), батько (найімовірніше) – в Бахмуті.

Мотиви такого дослідження і збору серійних колекційних матеріалів не зрозумілі. Можливо, батько готував Сергія до навчання на біолога і роботи теріологом, напевно маючи контакти з харківськими зоологами (зокрема й з О.Мигуліним); інакше це систематичне колекціонування було би трохи дивним для простого фермера часів згасання НЕПу, старту першої п'ятирічки та початку масової колективізації. Врешті, опис Борисом Вальхом нового виду гризунів, названого на честь сина (див. далі), що могло бути певним заохоченням до подальших досліджень, і те, що всі зібрані тут колекційні матеріали таки опинилися у О.Мигуліна (а слідом і в ННПМ, див. далі), робить це припущення високоімовірним.



Б. Вальх. Бор Сергієвич.

Рис. 4. Борис Вальх у зрілому віці:

51 рік (на фото є фірмова позначка «1927»). Фото передане авторам правнуком Бориса Вальха, Сергієм Вальхом (05.07.2018). Аналогічне фото значно нижчої якості використано в огляді О.Шакули та В.Сіренка (2007). Саме в той рік (1927) Б.Вальхом описано новий вид ссавців – *Mus sergii Valkh*. Праворуч – підписи Бориса Вальха в документах різного часу – близько 1900 р. та 1908 р., з архіву Харківського товариства дослідників природи (за сприяння М.Баніка та Т.Атемасової).

Гори-Могили – втаємничена назва, про яку мовчить Інтернет. В козацьких переказах часто можна зустріти згадки про гори-могили в степу, на яких знайшли свій останній притулок славні герої. Могилами часто називають високі горби чи кургани: Могила Мечетна, Савур-Могила, Гостра Могила, Кам'яні Могили, Аскольдова Могила тощо. Нерідко під «могилами» в топоніміці розуміють власне місця поховань, називаючи їх «сепулкронімами» (Таранова, 2015). Розвідка, яку автори провели спільно з онукою Бориса Вальха – Олімпіадою Грищенко, засвідчує, що «Гори-Могили» – це і є садиба Вальхів, яку в часи дитинства Олімпіади називали «Червоне Підгір'я», а діти також як «Раківка»¹³.

За спогадами О.Грищенко, садиба Вальхів знаходилася між великими горбами і малою річкою, трьома навколишніми селами були Богданівка, Берхівка та Григорівка (до Григорівки ходила пішки у 1 клас близько 1 км). Місце розташування хутора «Гори-Могили» можна окреслити так, як подано на рис. 5.

На одній з давніх карт Бахмутського повіту (1915 р.) врешті вдалося відшукати й населений пункт «Горемогилівка» (дякуючи І.Корнацькому), розташований саме в тому місці, де за розрахунками мав бути хутір Гори-Могили (рис. 5, врізка). Тобто, топонім «Гори-Могили» – це варіант назви, який автори вважають правильним саме у версії Бориса Вальха, і така назва відповідає орографічним особливостям місцевості навколо хутора та прийнятим у цих краях назвам височин (Гора, Могила), проте якийсь напевно непосвячений картограф трансформував цей характеристичний топонім у бідову назву.

На хуторі було лише 19 хат. Поруч з хутором («один км в бік Бахмута») був сад на 4 десятини (згаданий вище «Вальхівський сад») і Вальхова дача. Син Бориса – Сергій – на той час жив у Бахмуті і навіть рік попрацював у педінституті й став його студентом, проте був «вичищений як агент буржуазії» (див. далі), переїхав на хутір, де й жив хуторянином з близько 1923 р. і до колективізації у 1930 р. та одруження у 1931–1932 р. з наступним переїздом молодого сім'ї до Бахмута. Тобто не варто очікувати появу якоїсь інформації про колекціонування ссавців поза межами хутора чи Бахмута (О.Грищенко, особ. повід.).



Рис. 5. Місце розташування хутора Гори-Могили – родового маєтку Вальхів під Бахмутом. Хутір був під горбами з лівого берега річки, між селами Григорівка (на заході, не підписана), Берхівка (на сході), Богданівка (на півдні). Ті місця через пересічений ландшафт так і залишилися нерозораними. Місце розміщення садиби відтворено за спогадами О.Грищенко (у той самий час назву «Гори-Могили» вона ніколи не чула).

¹³ За даними І.Корнацького (Корнацький, 2003; особ. повід.), Червоне Підгір'я виникло, коли на колишні землі Бабенків переселили малоземельних селян із Різниківки, з них же походить і «хуторянка Нечволода» (див. далі).

У 1930 р., коли почалася колективізація, все це забрали до колгоспу (дачу, сад, худобу), і Сергій Вальх вимушено став колгоспником (був рахівником). Хуторянкою була і Пелагея Нечволода (1911–1992), його майбутня дружина. Сергій та Пелагея побралися і переїхали до міста, де Сергій працював в СЕС, а Пелагея опікувалася господарством і первістком. Почалися голодоморні часи, помер син Борис (1933–1935)¹⁴. Того ж 1935 р. сім'я переїхала до Старобільська, де у них народилися син Борис (26.04.37) і дочка Олімпіада (24.04.39) [ті Вальхи, з ким автори і спілкувалися при підготовці цієї статті]. З початком війни сім'я емігрувала на родинний хутір, в Гори-Могили, дякуючи маминій сестрі Євдокії (1924 р. н.)¹⁵. Там вони жили до 1947 р., коли врешті з війська повернувся батько, Сергій Вальх, який вивіз їх жити у місто (О.Грищенко, особ. повід.). Хутір проіснував до 1960 р. і потім «згас», тому на сучасних картах його немає (ibid.).

Теріофауна Гори-Могили

Гори-Могили – одна з постійних точок зоологічного інтересу Вальхів (табл. 1). Теріологічні матеріали Вальха з «хутора Гори-Могили» неодноразово згадані як у давніх оглядах фауни (Крижов, 1936; Мигулін, 1938 та ін.), так і сучасних працях (Загороднюк, Коробченко, 2008 та ін.). З цим місцезнаходженням пов'язані майже всі відомі колекційні збори ссавців (рис. 6–7), зокрема й опис *Mus sergii* – нового виду гризунів, описаного Б.Вальхом 1927 р. (Вальх, 1927), але визнаного лише за 10–15 років (Мигулін, 1937, 1938). Типове знаходище *Mus sergii* в описі не вказано, і це питання розглянуто докладно далі.

Проаналізовано збори Вальха, які виявлено в теріологічній колекції Національного науково-природничого музею (ННПМ). Проаналізовано тільки зразки з підписом «Вальх». У 64 випадках місцезнаходження зразків в базі даних відсутнє (63 *Mus musculus*, 1 *Nuctalus noctula*), але записи колектора і дати свідчать про їхню належність до тієї самої серії. Загалом після відсіву даних з явними помилками (внаслідок переписування етикеток та помилок у базі даних) та перевірки сумнівних записів за первинними етикетками виявлено 225 зразків, які пов'язані з ім'ям Вальха і пунктом Гори-Могили. Очевидно, що таких зразків мало бути значно більше, виходячи з авторських номерів на етикетках: наприклад, є зразок *Mus sergii* з №365 за травень 1929 р. (див. рис. 8), і лови тривали до середини грудня 1930 р., тобто всього в робочій колекції було близько 500 зразків.

Загалом в Гори-Могилах здобуто 16 видів дрібних ссавців (табл. 1). Тріаду ключових видів формують: мишак *Sylvaemus uralensis* (68 екз.), миша *Mus musculus* (63) та полівка *Microtus levis* (52). Очевидно, що частину цих матеріалів необхідно перевизначати (зокрема й групу лісових мишей, яких чомусь всіх записано в базі даних як «*Sylvaemus uralensis*», хоча тут мали би бути й інші *Sylvaemus*). Наступну групу формують 7 видів, що представляють найціннішу частину регіонального різноманіття: білозубка *Crocidura suaveolens* (15), мідія *Sorex araneus* (5), ховрах *Spermophilus pygmaeus* (3), мишівка *Sicista «subtilis»* (3), хом'ячок *Cricetulus migratorius* (3), мишка *Micromys minutus* (3), мідія *Sorex minutus* (3).

Звертає на себе увагу відсутність у зборах лісових видів (зокрема й мишака жовтогрудого, нориці лісової, полівки підземної), а також коловодних видів (наприклад норки, щура водяного тощо; є тільки одна рясоніжка). Все це засвідчує, що місце збору знаходилося в степу чи байраках, частково зарослих чагарниками. На диво відсутні у зборах і строкатки степові (*Lagurus*), які на початку 1920-х вселилися в Україну і дали надзвичайний спалах чисельності (для огляду див.: Загороднюк, 2009б). Все це може свідчити про наявність типово степових біотопів і високий ступінь незайманості району досліджень на той час.

Динаміку збору колекцій на хуторі Гори-Могили представлено на рис. 7. Такі збори накопичувалися протягом 4 років (1927–1930) з очевидним згасанням у часі. Найпершими трьома за датами відлову стали *Microtus arvalis* (13.02.1927), *Mus musculus* (10.04.1927), *Sylvaemus uralensis* (11.04.1927). Найбільшу кількість зразків зібрано в пізньоосінній час – у жовтні-грудні, хоча зразки є з усіх місяців року (рис. 7, б).

¹⁴ Ця історія була наслідком радянських реалій: поки батько був на роботі, в СЕС, мати з первістком годинами стояла в чергах за хлібом, залишаючи часом дитину вдома (яка знайшла сірники і померла від опіків).

¹⁵ Емігрували за два «заходи»: спочатку восени 1941 р. мама сестра Євдокія (їй було 17 р.) забрала Бориса (4,5 р.), а навесні 1942 р. вивезла свою сестру Пелагею (31 р.), брата Мішу (14 р.) та Олімпіаду (3 р.). Ці «міграції» здійснено пішки, з невеликими під'їздами при можливості; дітей везли на тачках (Б.Вальх та О.Грищенко, особ. повід.).

Таблиця 1.

Зразки ссавців, наявні у фондах Національного науково-природничого музею, що зібрані С.Вальхом на хуторі Гори-Могили у 1927–1930 роках (n=225)

Рід та вид*	Зразків	Рід та вид	Зразків
Гризуни: підряд вивірковиді		• миша хатня – <i>Mus musculus</i>	63
• ховрах сірий – <i>Spermophilus pygmaeus</i>	3	• миша курганцева – <i>Mus spicilegus</i>	2
• соня лісова – <i>Dryomys nitedula</i>	1	Комахоїдні: мідицевиді	
Гризуни: підряд мишовиді		• мідиця звичайна – <i>Sorex araneus</i>	5
• мишівка південна – <i>Sicista «subtilis»</i>	3	• мідиця мала – <i>Sorex minutus</i>	3
• сліпак східний – <i>Spalax microphthalmus</i>	1	• рясоніжка велика – <i>Neomys fodiens</i>	1
• хом'ячок сірий – <i>Cricetulus migratorius</i>	3	• білозубка мала – <i>Crocidura suaveolens</i>	15
• хом'як звичайний – <i>Cricetus cricetus</i>	2	Кажани: підряд лиликовиді	
• полівка лучна – <i>Microtus «arvalis» (=levis)</i>	52	• вечірниця дозріла – <i>Nyctalus noctula</i>	1
• мишка лучна – <i>Micromys minutus</i>	3	Хижі: підряд псовиді	
• мишак уральський – <i>Sylvaemus uralensis</i>	68	• мустела ласка – <i>Mustela nivalis</i>	2

* Наукові та українські назви звірів подано у сучасній трактовці (згідно з: Загороднюк, Ємельянов, 2012).



Рис. 6. Зразки ссавців, зібрані Вальхом (ймовірно, що всі – Сергієм) на хуторі Гори-Могили: вгорі – тушка ласки (*Mustela nivalis*, №9160), здобутої 11.11.1928 р., внизу ліворуч – етикетки до тушки хом'ячка (*Cricetulus migratorius*, №9881), здобутого 23.04.1928 р. (титульний і зворотний бік); внизу праворуч – етикетки до тушки соні лісової (*Dryomys nitedula*, №9871), здобутої 22.04.1928 на хут. Гори-Могили (титульний і зворотний бік).

Ця специфічна динаміка з очевидною асиметрією дозволяє говорити, що автор зборів міг мати попередню практику в іншому місці. Де? Можливо, у Приазов'ї, в невідомому нам місці. Можна припустити, що до 1927 р. діти Вальха, зокрема й син Сергій, жили на Маріупольщині. Як зазначено вище, приблизно 1920 року Сергій втік з дому і рік чи два працював у Горлівці (тобто ~1921–1922); а вже за рік (~1922–1923 р.) він працював у Бахмутському вчительському інституті і пробував стати його студентом. Провчився неповний рік і після того жив в Гори-Могилах, займаючись там садом і

живучи з продажу овочів і фруктів, що тривало до 1930 р., коли на хутір прийшла «колективізація» (О.Грищенко, особ. повід.). Власне, 1930 р. і були останні в часі колекційні зразки з Гори-Могили і взагалі зразки, зібрані Вальхами. Останніми трьома датами є 11, 14 та 15.12.1930 (в ці дати здобуто 5 екз. *Sylvaemus uralensis*).

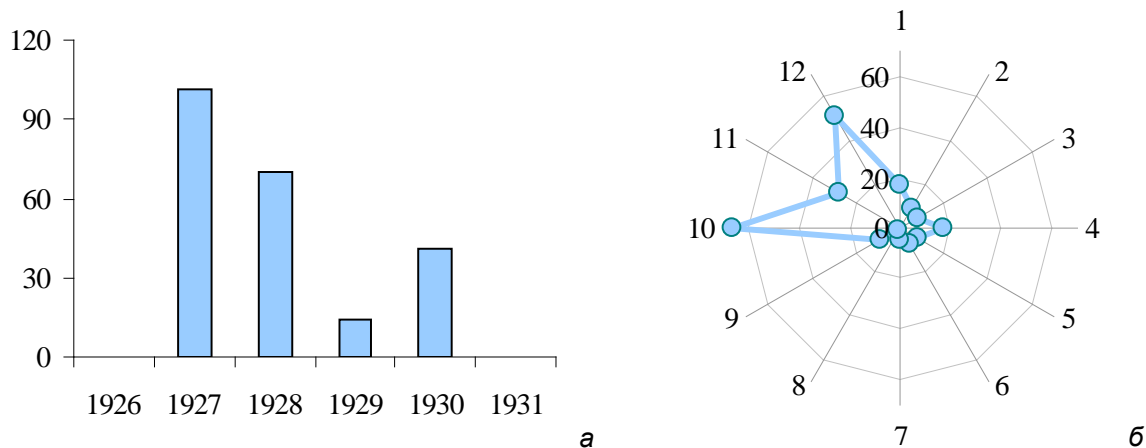


Рис. 7. Динаміка збору Вальхами теріологічних зразків за роками (а) та місяцями року (б) в місцезнаходженні Гори-Могили. Графи побудовано за даними з бази даних щодо теріологічної колекції ННПМ, із врахуванням усіх записів з міткою «Вальх», з низкою уточнень за первинними етикетками.

Інтерпретація типового знаходвища *Mus sergii*

Mus sergii Valkh, 1927 – особливий таксон. Опис свідчить про суттєві відмінності від *M. musculus* та *M. hortulanus*, неодноразово описаних раніше (вид «*Mus hotrulanus*» описано з ботсаду Одеси: Nordmann, 1840; Браунер, 1899), проте досліджені нами типові матеріали форми *hortulanus* (місце зберігання – ЗІН) виявилися ідентичними до виду *M. musculus* (Загороднюк, 1996). В описі *Mus sergii* згадано відмінності як в екології, так і морфології нового виду: запасання насіння, білі лапки і черево, дрібні розміри тіла. Дивно, але в серіях Вальха всі *Mus* (s. l.) представлені тільки видами *Mus musculus* та *Sylvaemus uralensis* (за оглядом: Шевченко, Золотухина, 2002; табл. 1)¹⁶. Наразі цей вид відомий під іншою назвою: після нового періоду визнання його видової самостійності (Межжерин, Загороднюк, 1989) його назвою стала *Mus spicilegus* Petenyi, 1882, запропонована на 45 років раніше назви Бориса Вальха (історію див.: Загороднюк, 1996).

В колекції ННПМ є 65 зразків *Mus*, які зібрано С.Вальхом в Гори-Могилах (Загороднюк, 1996). Більшість з них – це *Mus musculus* (табл. 1), проте два (№10249, 10250, шкурка, череп) – *Mus spicilegus* (Шевченко, Золотухина, 2002). Їх зловлено 31.07.1929, тобто через два роки після опису *M. sergii*, ще й неоднозначним визначенням (рис. 8), тому вони не можуть бути його лектотипами.

Борис Вальх (1927) не згадував в описі *Mus sergii* ні хутір Гори-Могили, ні Артемівський район, які як *terra typica* наводили всі дослідники, починаючи з О.Мигуліна (1928, 1938). Понад те, Вальх прямо зазначає, що новий вид походить з півдня України: «Наскільки це вивчення не повне, доводиться, зокрема, існуванням на теренах півдня України самостійного виду миші, дотепер не описаного» (Вальх, 1927: с.4). Отже, відсутність *Mus sergii* в зборах з хут. Гори-Могили (крім двох невизначених Вальхом зразків *Mus* sp.) зрозуміла: її там могло й не бути (вид і тепер знаходиться в процесі розселення на північ та схід: Загороднюк, Кондратенко, 2001). Серед найдавніших зборів *M. sergii* є серія з с. Чермалик¹⁷ Маріупольської округи. Це єдина колекційна серія цього виду з 1920-х років (найближча у часі – 1936 р. з ДБС в колекції Музею природи Харківського університету, МПХУ); її в літературі та каталогах описували так:

¹⁶ Тому автори тестували також і гіпотезу про те, що це міг бути *Sylvaemus uralensis* (у ті часи як «*Mus*»), а не *Mus spicilegus*, проте наведений Б.Вальхом (1927) опис морфології відповідає саме *M. spicilegus* (М.Товпинець, особ. повід.; наші дані).

¹⁷ Раніше цей топонім був невизначеним і автор за порадою колег-географів наводив його як «Чермалик, між сс. Гранітне і Тельманове» (Загороднюк, 2002 та ін.). Назву «Чермалик» відновлено з 2000 р., до того це було с. Заможне.

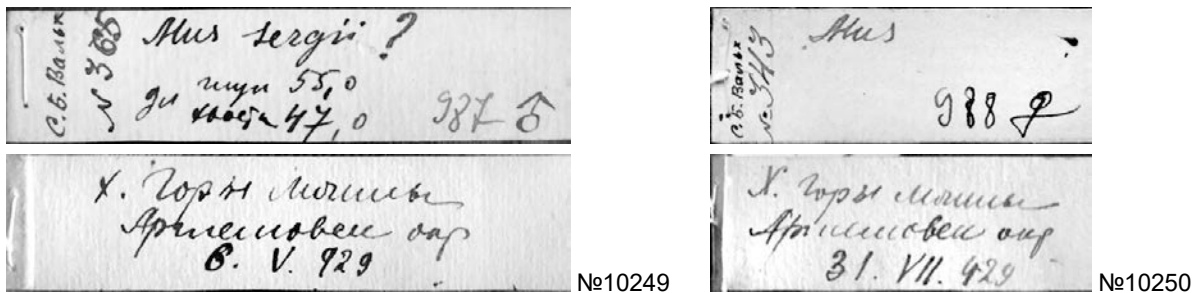


Рис. 8. Етикетки *Mus* зі зборів С.Вальха (№10249, 10250 в ННПМ), визначені як *M. spicilegus*. Зразки здобуто влітку 1929 р., тобто не в курганчиках, і тому, очевидно, й було непевне визначення. Наведено титульний (вгорі) і зворотний (внизу) боки. Почерк той самий, як на рис. 6.

1) 2 екз. (№735 та 729) з с. Чермалик Маріупольської окр., leg. Н.Селезньов, 19.12.1926, «моя колекція» (Мигулін, 1928: с. 9–10); 2) 11 екз. зі «Сл. Чермалик», leg. не вказаний, 18.12.1925, «колекція О.Мигуліна», виміри 10 шкірок і 8 черепів в таблиці, № 726–736, не поспіль (Мигулін, 1938: с.332); 3) 13 екз. зі «сл. Чермалик Ст.-Коранського р-ну», leg. Н.Селезньов, 1926, колекція ННПМ, шкірки з черепами (вкл. неотип *M. sergii* №10241) (Загороднюк, 2002); 4) 10 зразків з «уроч. Чермалик, окол. Маріуполя», leg. О.Мигулін, 18.12.1926, 10 шкірок з черепами, № 10239–10248 (база даних щодо колекцій ссавців ННПМ); 5) 11 екз. зі «сл. Чермалик», leg. Н.Селезньов, 16–18.12.1926, колекція МПХУ, шкірки без черепів [також в МПХУ є 1 екз. із с. Новоселівка (Перша) Старо-Коранського р-ну, leg. Н.Селезньов, 17.04.1927: Ю.Іллюхін, особ. повід.]; Новоселівка розташована поруч з Чермаликом.]

Звертає на себе увагу факт, що зразки, зібрані М.Селезньовим (кол. ННПМ), мають дату «1926» і позначення «*Mus sergii*» (рис. 9), тобто Селезньов вживав цю назву ще до її опису. Це «трохи дивно», і тому можна припустити одне з трьох пояснень: 1) опис *Mus sergii* став відомим колегам давно, не пізніше осені 1926 р., а, можливо, і раніше; 2) етикетки на всіх давніх зразках *Mus sergii* не є оригінальними і були переписані у подальшому; 3) не виключено, що М.Селезньов був добре знайомий з Вальхами та їздив до Чермалика разом із Сергієм Вальхом, який і передав описи батькові¹⁸.

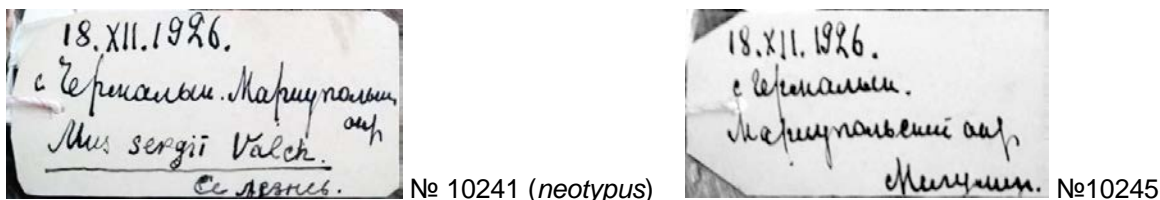


Рис. 9. Фото етикеток *Mus spicilegus* з с. Чермалик в ННПМ: один екз. позначено як *Mus sergii* Valkh (№10241, leg. Селезньов), всі інші – з тими самими даними, але як зібрані О.Мигуліним (для прикладу №10245).

Тепер складемо разом викладені вище факти:

- *Mus sergii* описано Б.Вальхом 1927 р. з півдня України (без деталей);
- новий вид описано на основі спостережень за курганчиками і морфологічних особливостей зразків, зібраних сином Сергієм;
- серед відомих сьогодні зразків *Mus*, зібраних С.Вальхом в Гори-Могилах на час опису *Mus sergii* (1927), не було жодного *Mus sergii* (= *spicilegus*);
- згадані Б.Вальхом морфологічні особливості *Mus sergii*, виходячи з відомих колекцій (див. вище) та описів інших дослідників (Мигулін, 1928, 1937), могли стосуватися зборів із Приазов'я (Чермалик);
- Борис Вальх бував на Маріупольщині у 1910–1920-х роках, оскільки батьківщина його дружини – якесь село під Маріуполем («район Кривої коси»);
- Борис Вальх овдовів у 1917–1918 р. і на час тривалих

¹⁸ Ця гіпотеза найменш продуктивна, оскільки Б.Вальх займався придушенням потенційних вогнищ малярії, а Селезньов в одній зі своїх статей явно з неприязню писав про шкоду від таких ідей (Аверин, Селезнев, 1923).

відряджень міг відвозити дітей до родичів на Маріупольщину; тут Сергій і міг досліджувати фауну; ● описані О.Мигуліним зразки *Mus sergii* з с. Чермалик (2 екз. у огляді 1928 р. та 11 екз. в огляді 1938 р.) могли бути лектотипами, а с. Чермалик є імовірним типовим знаходищем *M. sergii*, і саме з цієї серії виокремлено неотип (рис. 9; Загороднюк, 2002).

Серед загадок є ще дві: 1) Селезньов 1926 і 1927 р. використовував на етикетках назву «*Mus sergii*» фактично до того, як Борис Вальх описав цей вид (Вальх, 1927); 2) Вальх так і не описав названі ним суттєвими морфологічними відмінностями нового виду (зокрема й за черепами), проте 1937 р. це зробив О.Мигулін, у якого опинилися теріологічні колекції Вальха. Маємо такий невідомий ряд дат: вид *M. sergii* описано 1927 р.; Сергія примушували відректися від батька бл. 1931–1932 р.; після 1931 р. публікацій Вальха не було; стаття Мигуліна вийшла 1937 р.; 1937 р. Вальх під загрозою репресій виїхав до Туркменістану.

Отже, стаття Б.Вальха про *Mus sergii* найімовірніше написана не пізніше 1926 р. (тобто до досліджень в Горах-Могилах), але з різних причин не була ним опублікована. Понад те, морфологічні описи цього виду були або передані ним Мигуліну для опублікування, або й зроблені разом із Мигуліним, проте через відрядження або й репресії не доведені до публікації, але Мигуліну це було важливо, тому він і зробив про те статтю (наступного 1938 р. у нього виходила монографія «Звірі УРСР», за якою він захищав докторську дисертацію). Не виключено, що Бориса Вальха було викреслено цензурою з авторів статті 1937 року, що у стосунку до згаданої монографії О.Мигуліна було показано і стосовно праць та матеріалів Богдана Волянського (†1937), і Всеволода Великанова (†1938), що з'ясовано у відповідних розвідках про цих дослідників (Загороднюк, 2013б, 2015).

Зоологічні публікації Бориса Вальха

Як і загалом для початку ХХ ст., публікації не були головним підсумком наукової праці природознавця, тому й у Вальха їх було небагато. Найвідомішими є його орнітологічні праці, що пов'язано з більшою увагою загалом до птахів, хоча Б.Вальх працював ентомологом і мав відповідні публікації, але ще потужнішими є його доробки в галузі теріології. Всього відомо 12 наукових праць Б.Вальха.

Орнітологічними працями Б. Вальха є 6 статей, які видано на початку його зоологічної кар'єри (1899, 1911 та 1913 рр.) та в її кінці (1930–1931 рр.):

- юннатська праця Бориса Вальха, підготовлена під час навчання в Павлоградській гімназії, – «Матеріали до орнітології Катеринославської губернії. Спостереження 1892–1897 років» (рос.), видана в обсязі 90 (!) стор. в перший рік його студентства у Харківському університеті (Вальх, 1899);
- поновлений огляд орнітофауни Катеринославщини у продовження своєї першої праці – «Матеріали до орнітології Катеринославської губернії. Перелік птахів, знайдених в губернії з 1892 до 1910 р.» (рос.), виданий на 30 сторінках у журналі «Орнитологический вестник» (Вальх, 1911);
- одна з перших праць «шкодочинного» циклу, присвячена птахам, що шкодять садам (Вальх, 1913), підготовлена в циклі досліджень за задачами роботи в СТАЗРі (станція захисту рослин);
- актуальна й дотепер праця «до питання про значення баклана великого в рибному господарстві Азовського моря», видана в журналі «Український мисливець та рибалка» (Вальх, 1930);
- популярна стаття про північних качок у західній Європі (Вальх, 1931а);
- цінна для аналізу змін фауни стаття «Фавна птахів Харківського університетського саду раніше і тепер», видана у академічному виданні «Вісник природознавства» (Вальх, 1931б).

Відомо про дві ентомологічні праці Бориса Вальха 1924–1925 рр., написані в стилі опису ситуації зі шкідниками та методичних рекомендацій щодо попередження шкоди від них:

- «Прусик, або італійська саранча і боротьба з нею» (рос.), опублікована двічі – як окрема брошура, видана в Бахмуті Донецькою губернською земською управою (15 стор., 1924 рік), та як агітаційний листок, виданий там само наступного 1925 року;
- «Озима совка в Донецькій губернії в сезон 1924 р.» (рос.) в журналі «Захист рослин», що був додатком до «Вісника Наркомземсправу УСРР» (Вальх, 1925).

З теріологічних праць у доробку Б.Вальха маємо три статті, доволі вагомими й опубліковані у трьох різних і поважних фахових харківських виданнях 1914–1928 років:

- до питання про мишачі пошесті й заходи з їх ліквідації – у виданні Центральної СТАЗР – «Бюллетень о вредителях сельского хозяйства...», з таблицею до визначення видів гризунів (Вальх, 1914);
- про новий вид мишей, *Mus sergii*, публікація у центральному в ті часи виданні природознавців Харківщини – «Труди Харківського товариства дослідників природи» (Вальх, 1927);
- про поселення хохулі в Серебрянському масиві, на озерах заплавної комплексу Мертвий Донець, що є ключовим місцезнаходженням виду на Дінці (Загороднюк та ін., 2002) – публікація в найвідомішому тоді зоологічному виданні України – «Український мисливець та рибалка» (Вальх, 1928).

Окрім того, в нарисі пам'яті Миколи Сомова (1861–1923) є згадка про рукопис, підготовлений В.Аверіним спільно з Б.Вальхом та М.Сомовим – «Revisio avium guberniae Charkowiensis» (Аверін, 1923). Книга так і не побачила світ, і її рукопис, ймовірно, втрачено (М.Банік, В.Бусел, особ. повід.).

Однією із загадок Вальха є невідомість його публікацій про зоонози, зокрема й малярію. Пошук показав, що в Європі (Нідерланди, Німеччина) саме в 1921–1939 рр. у темі вивчення лептоспіри, туляремії і малярії дописував «B.Walch-Sorgdrager» (інколи як B.Walch спільно з E.Walch). Деталей про ім'я та афіліацію цього дослідника не знайдено (є згадки про Amsterdam та Weltevreden, нині у складі Джакарти).

Зоологічні колекції

Одночасно з дослідженнями фауни Борис Вальх проявляє інтерес до таксидермії та зоологічних колекцій. Відомо, що за час роботи на Станції захисту рослин (1924–1937)¹⁹ Борис Вальх зібрав значну зоологічну колекцію, для утримання якої, за окремими свідченнями (Борейко, 2001), винаймав цілий будинок.

Вальх займався також обміном колекціями, а надто колекційними зразками птахів (гнізда, яйця, шкірки), для чого розміщав свої оголошення у зоологічних журналах (приклад на рис. 10).

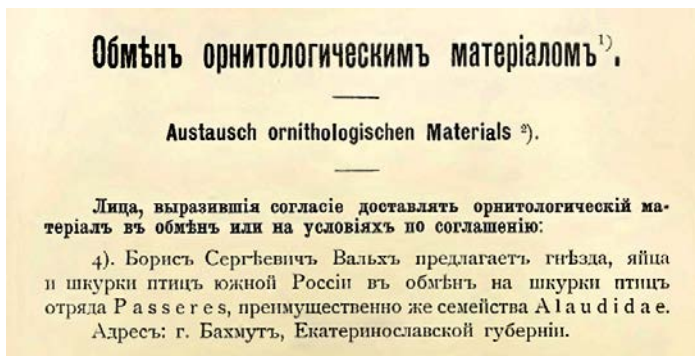


Рис. 10. Фрагмент сторінки з оголошеннями в журналі «Орнитологічеській вѣстникъ» №2 за 1911 р. (с.207) з оголошенням Б.Вальха про обмін колекційними зразками птахів

З тексту слідує, що стандартний матеріал (самі птахи) передавався у формі шкурок, а також те, що в той час Б.Вальх цікавився родиною жайворонкових (Alaudidae) [цоправда, ми не виявили жодної статті Б.Вальха про жайворонків et alij].

Всі накопичені Б.Вальхом колекції рано чи пізно було передано до різноманітних музеїв.

На час відкриття Бахмутського краєзнавчого музею «Б.С.Вальх особисто передав 133 експонати із власної приватної колекції до фондів свого музею. За рік вдалося долучити до музейного зібрання ще додатково 330 експонатів» (Принь, 2012). Згодом він передав частину колекції до Азербайджанської АН (ibid.), а опудала птахів з його колекції прийняв Артемівський краєзнавчий музей (Атемасова, Кривицкий, 1999).

Частину колекцій Борис Вальх передав до Харкова (О.Грищенко, особ. повід.). Про цю передачу автори нічого не знайшли, проте, наймовірніше, мова має йти про дрібних ссавців, які врешті опинилися в колекції ННПМ (опис колекції див. вище, гіпотезу «міграції» колекції див. далі). В огляді відомих колекторів Дарвінівського музею (Москва) вказано, що у фондах музею зберігаються «1 тушка миші хатньої та 19 тушок птахів, зібраних Б.С.Вальхом у 1915 р. в Карелії, де він проводив метеорологічні спостереження, та одне опудало сапсана з колекції Г.Дементьєва, виготовлене Б.С.Вальхом» (Фадеев, 2007).

¹⁹ Вказані роки роботи в Бахмутській СТАЗР – орієнтовні, оцінені за іншими датами: перша дата подана за першою його публікацією на тематику СТАЗР, друга – за датою виїзду з Бахмута до Азербайджану.

Є колекції Вальха і в Києві, в Академії наук, але лише ссавці і лише збори, позначені «С.Б.Вальх» (їх опис наведено вище). Як вони потрапили до Києва, не відомо. Ймовірно, їх отримав від Вальха і перевіз до Києва Олексій Мигулін: з кінця 1930-х років О.Мигулін працював в різних установах Києва (деталі цього зовсім не відомі, проте мова, очевидно, може йти про Інститут зоології УАН), а 1940 р. захистив у Київському університеті докторську дисертацію і слідом став професором в Українській сільськогосподарській академії, звідки колекції і могли би бути передані до музейних фондів АН.

Частина експозиції Бахмутського музею могла бути передана до Луганська, куди восени 1923 р. перемістився Донецький ІНО²⁰ і де слідом було створено зоологічний кабінет, яким з 1934 р. опікувався Іван Сахно (Загороднюк, 2011). Також автори припускали (виходячи із вказівок від старожилів), що частину зоологічної колекції до Луганська привезли із Сум або Глухова (Загороднюк, 2009а, 2011), проте бахмутське походження луганського вишу дозволяє припустити і бахмутські коріння його зоомузею. Окрім того, «глухівська» гіпотеза не така вже й неймовірна: в Бахмуті «У 1925 р. до керівництва музею було запрошено працівника Глухівського окружного музею І.А.Часовникова. Він працював у музеї з 1925 до 1938 р., і за його діяльності значно поповнились основні та допоміжні фонди, розширилися музейні експозиції.» (Принь, 2012). Про глухівського музейника є окремий огляд, згаданий вище (Татаринів, 2013). Тобто, луганські колекції могли мати «глухівський» акцент – від глухівського майстра, який працював у Бахмуті.

Як фахового таксидерміста Бориса Вальха запрошував до Зоологічного інституту в Петербурзі (відомий як «ЗІН») академік Петро Сушкін²¹ (Борейко, 2001). За повідомленням Олімпіади Грищенко (Вальх), основаними на переказах в родині, в колекції її діда було близько 3000 екз. тварин, проте всі вони «розійшлися». Зокрема, колекції Бориса Вальха потрапили до Азербайджану (АН Аз. РСР), про що згадано в кількох різних джерелах (напр. Борейко, 2001; Принь, 2012), щоправда, не зазначено, коли, куди і в якій кількості передано. Можливо, він там працював до свого від'їзду в 1937 р. до Туркменістану.

На наш запит, надісланий до колег із Тбілісі (А.Кандауров, Інститут зоології Університету Іллі) та Баку (Е.Аскеров та Е.Султанов, Інститут зоології Азербайджанської АН), записи про колекції Вальхів виявлено в зоологічних зібраннях Азербайджану. Зокрема, нам надіслано відомості про теріологічну колекцію в Баку (Е.Аскеров, особ. повід.), яка налічує принаймні 37 зразків мишовидих гризунів (переважно *Apodemus s. l.*) за 1909–1947 рр. з Донеччини, переважно з Бахмута (але не всі записи на фото автори змогли розшифрувати, і, можливо, там є зразки й з інших місць). Переважна їх частина позначена роками 1926–1930, окрім того є записи з «1909», «1914» та «1947», що може бути помилкою. За попередніми даними, в тому ж інституті є численні збори птахів, передані Б.Вальхом, проте колекція давно переглядалася і відомості вказані лише по пам'яті: у кожному разі мова йде про кілька тисяч зразків (Е.Султанов, особ. повід.). За попередніми даними доглядачів колекції, вона з'явилася в Баку при створенні Азербайджанської філії АН СРСР та її Інституту зоології в Баку (Е.Султанов, особ. повід.), тобто у 1935 р. Отже, можна припустити, що Б.Вальх був у Баку (і передавав свої колекції) у 1935 або наступному за ним 1936 році. Аналіз цієї колекційної серії може бути метою окремого дослідження. Там же в Баку можуть бути й ентомологічні збори (мова про усні перекази місцевих зберігачів фондів, але тепер такі відомості не доступні).

Вже в Бахмуті, у 1941–1942 роках Вальх вимушено продав частину своїх колекцій заступнику коменданта окупаційної німецької адміністрації Бахмута, про що є згадка у щоденниках С.Вальха. За повідомленням онуки, цей німець був зоологом, він був добре обізнаний у темі зоологічних колекцій і цілеспрямовано шукав у Бахмуті Б.Вальха та його колекції (О.Грищенко, особ. повід.). Очевидно, що цей німець отримав те, що шукав, і такі колекції могли бути вивезені на захід. (Той факт, що дуже скоро цей музей згорів, додає цінності всьому тому, що було вивезено німцем, але деталі цього зовсім не відомі).

У довіднику про колекторів Зоологічного музею Московського університету про Бориса Вальха є окремий запис, в якому зазначено: «... Надходження його зборів по комахах вказано у звітах Зоомузею за перші роки ХХ ст.» (Зоологический..., 2017). Відомі також зразки жуків родини листоїдів (*Chrysomelidae*), зібрані Б.Вальхом на Коробовім хуторі (околиці Донецької біостанції) влітку 1931 р. (24.06.31), які зберігаються в Зоологічному інституті в Санкт-Петербурзі: по 1 екз.

²⁰ ДІНО в Луганському було урочисто відкрито 1 січня 1924 року.

²¹ Петро Сушкін (1868–1928) – орнітолог, професор зоології Харківського університету у 1909–1919 рр. та Таврійського університету у 1919–1920 рр., з 1921 р. – завідувач відділом Зоологічного музею АН СРСР.

Donacia crassipes Fabricius, 1775 та *D. dentata* Horpe, 1795 (Беньковский, Орлова-Беньковская, 2018). Колекції бережуть і пам'ять про архангельські мандри Вальха. Зокрема, в огляді таксонів *Mus musculus* s. lato відзначено, що описаний С.Огньовим (Огнев, 1924) «*Mus musculus borealis* Ognev» має тип, здобутий 5.01.1915 Б.Вальхом в с. Ухта «Кемського повіту Архангельської губ.» (нині Кемський район Республіки Карелія) (Загороднюк, 2002).

Відомості про існуючі збори Б.Вальха в колекціях природничих музеїв узагальнено в табл. 2.

Слід зазначити, що син Бориса Вальха – Сергій – теж був знаним таксидермістом, причому його онука та дочка Сергія, Олімпіада Сергіївна, висловлювала точку зору (імовірно не свою) про те, що Сергій був навіть вправнішим в тому за батька (хоча не зовсім зрозуміло, як це можна було порівнювати, оскільки в Бахмуті нічого з колекцій Б.Вальха не збереглося). Колекція Сергія Вальха експонувалася у м. Лиман в одному з ЖЕКів, де він спільно зі своїм другом організував клуб любителів природи (рис. 11). Згодом, у кінці 1970-х він передав цю колекцію до Харківського університету (О.Грищенко, особ. повід.). В цьому зібранні, за спогадами рідних, було кілька сотень зразків, від тушканів і сойок до орла і лося.

Важливо також зазначити, що Сергій Вальх все життя пропрацював в СЕС Донецької залізниці, маючи важливі і продуктивні контакти з провідними ентомологами Києва, Харкова, Ленінграда і маючи повагу як успішний борець з малярією.

Таблиця 2.

Колекції Бориса Вальха, що збереглися в окремих зоологічних музеях або наявність яких припускається

Музей (скорочено)	Систематична група	Місцевість, роки	Кількість зразків
Національний науково-природничий музей НАН України (Київ)	різноманітні дрібні ссавці: переважно мишовиді гризуни (табл. 1); всього 17 видів	Донеччина (різні місця), переважно Бахмутський район, 1927–1930 рр.	225 зразків (майже всі – шкірки з черепами); майже всі позначені як «С.Б.Вальх»
ЗМ Луганського університету	(даних немає, припущення про прихід різних колекцій)	(не відомо)	можливо, значна частина комах* і птахів; припускається, що частина колекцій надійшла з Бахмута при створенні Донецького ІНО
Дарвінівський музей (Москва)	1 тушка миші хатньої, 19 тушок птахів, 1 опудало птаха	Карелія, 1915 р.	20 тушок, зібраних Б.С.Вальхом, та 1 опудало сапсана, виготовлене Б.С.Вальхом
ЗМ Московського університету (ЗММУ)	гризуни: типовий зразок <i>Mus musculus borealis</i> Ognev, 1924	Карелія, Кемський район (тоді «Архангельська губ.»), 1915 р.	1 екз., leg. «Б.С.Вальх»
ЗМ Московського університету (ЗММУ)	комахи: група не відома	(Донеччина?), рік?	невідомо («збори»), тобто не одиничні екз.
Інститут зоології Азерб. НАН (Баку)	гризуни мишовиді (переважно <i>Apodemus</i> s. l.)	Донеччина: Бахмут та інші місця; 1926–1930 (1909–1947?)	37 зразків; колектори, у т.ч. 1 – як «Б.С.Вальх», 28 – як «Вальх» (без ініціалів), 8 – як «С.Б.Вальх»
Інститут зоології Азерб. АН (Баку)	тушки і опудала птахів	«збори по Україні, Сибіру, Центральній Азії тощо»	деталі тепер не відомі, але за давніми інвентаризаціями мова може йти про 6–12 тис. зразків (Е.Султанов, особ. повід.)
ЗМ одного з міст Німеччини (?)	птахи (? , точних даних немає)	(Донеччина?), довоєнні збори, з Бахмутського музею	ймовірно, десятки зразків; викуплені заступником коменданта Бахмута в кінці 1941 р.
Зоологічний інститут РАН (С.-Петербург)	комахи: жуки-листоїди (<i>Chrysomelidae</i>)	Харківщина, Донецька біостанція, 1931 р.	згадано в каталогах 2 екз.; leg. «Б.С.Вальх»

* Зокрема, в колекції виявлено збори метеликів орієнтовно 1900–1920 років та джмелів 1920-х років (всі такі серії авторами описано і сфотографовано, але для опублікування таких даних потрібні додаткові розвідки).



Рис. 11. Фрагмент експозиції, зібраної з творів Сергія Вальха, що експонувалася в одному з ЖЕКів Красного Лиману у 1960–1970-х роках

Фото з родинного архіву Вальхів (отримано від О.Грищенко). Праворуч – Сергій Вальх (ст., 1905–1982) та Борис Вальх (мол., 1937–2014); фотографії зі схеми родоводу, представлені С. Вальхом (мол.).

Авторам відома також одна ентомологічна праця Сергія Вальха, який, як і батько, мав посаду ентомолога в районній СЕС, – про фауни комарів сходу України (Вальх, 1959). Сергій цілком повторив професійну «траєкторію» батька, який працював на стику ентомології і епідеміології і боровся з малярією²² та іншими зоонозами, а весь вільний час присвячував зоологічним екскурсіям у природу, таксидермії та створенню зоологічних колекцій. А на додачу вів детальні щоденники.

Фінали. Пам'ять

Дуже скоро прийшли жахливі лихоліття – комуністичних репресій 1927–1937 років та світової війни 1939–1945 років. Репресії 1930-х років торкнулися всіх, хто був у колі спілкування Бориса Вальха. Його самого рятував лише статус медика. А перші почалися ще у 1920-х: коли син Сергій вступив до одного із бахмутських інститутів (це було 1923–1924 р.), комсомольські активісти вимагали від нього написати в районній газеті зречення від батька-буржуя, проте Сергій відмовився це робити і втратив студентський квиток (О.Грищенко, особ. повід.). Зоологічні дослідження фактично було згорнуто. У ті роки вийшли дві останні публікації Б.Вальха, та й ті з давніми матеріалами, без нових оригінальних даних (Вальх, 1931а, б), і надалі він не з'являвся у наукових журналах. Це виглядає дивним після 32 років наукового стажу, судячи з крайніх дат його наукових праць (1899–1931), а реально це 40 років (1892–1931). Але це факт.

Приблизно в межах 1935–1936 рр. (роки визначено за послідовністю суміжних подій) Борис Вальх близько року працював маляріологом в Батумі (О.Грищенко, особ. повід.). Ймовірно, саме тоді він і його діти роз'їхалися з Бахмута – через початки більшовицького терору і для пошуку хлібних місць: діти до Старобільську, а Борис Вальх – до Батумі (Грузія), а згодом (1937) до Іюлотані (Туркменістан).

Зоологія Донбасу зазнала в ті роки помітних втрат. У період після «чисток» 1927–1937 років наукова діяльність багатьох центрів згасла. На початку 1930-х виїхав до Казахстану Макс Штamm (дані про Казахстан не точні); Павло Факторович (1881–1952), керівник кафедри біології в Донецькому ІНО, 1932 р. виїжджає до Самарканду; Володимир Талицький (1905 р.н.) – до Дніпра; Н.Умнов до Петербургу; у середині 1930-х втікає від арештів до Батумі та слідом і до Іюлотані Борис Вальх (Загороднюк, 2011).

З літератури відомо, що «1937 р., відчуваючи загрозу можливого арешту, як дворянина, Вальх із сім'єю переїжджає до Туркменії, де очолює Іюлотанську тропічну станцію, бореться з малярією» (Борейко, 2001)²³. Щодо «разом із сім'єю»: так колись дійсно бувало (поїздки 1914–

²² У 1934–35 роках статистика давала цифру 60% (!) населення Красного Лиману як жертв спалахів малярії, з якою боролися нарізно, зокрема й шляхом осушення та нафтизації боліт.

²³ Про той період мало що відомо, проте є тогочасні листи Вальха до Бахмута, адресовані юннату Олегу Скабічевському (Борейко, 2001). Олег Скабічевський був на 5–6 років молодший за С.Вальха, вони дружили; Олег у повоєнні роки і до кінця життя був вчителем біології в школі №11 Артемівська (О.Грищенко, особ. повід.). В ННПМ є два зразки, зібрані О.Скабічевським в Артемівську: *Sicista subtilis* №12373 (14.09.1960), *Cricetulus migratorius* №11808 (30.03.1961).

1918 рр.), проте не тепер: дружина померла 1918 р., діти з 1935 р. поїхали до Старобільська (і сім'я Сергія, і Наталія), де жили до війни (див. вище). У Бориса Вальха була нова молода дружина, але вона була в Іолотані, а не поїхала туди з ним, а звідти він раз приїжджав з нею до Старобільська, щоби провідати дітей та онуків (О.Грищенко, особ. повід.); це могло бути близько 1939–1940 р. Щодо «тропічної станції» також нічого не відомо, окрім згадки кількох приватних листів Б.Вальха до О.Скобичевського «з Іолотані в Бахмут» (Борейко, 2001). Відомо, що Йолетен (Іолотань до 1992 р.) – місто в долині р. Мургаб в Марійському велаяті Туркменістану, в районі якого були значні спалахи малярії в минулому (1891)²⁴. Загадкою є і те, як колекції Б.Вальха потрапили до Академії наук Азербайджану, про що згадано не раз, але без деталей (Борейко, 2001; Фадеєв, 2007 та ін.).

Авторам вдалося знайти й «зоологічний» доказ перебування Вальха в Іолотані: в кол. МПХУ виявлено (за сприяння Ю.Ілляхіна) чотири зразки нетопира «*Pipistrellus pipistrellus bactrianus* Satunin, 1905» з етикетками «Туркменістан, Мари (Мерв), 10.08.1938» (1 ♂) та «Туркменістан, Мари (Мерв), 17.08.1938 (2 ♂ + 1 ♀)», описані нещодавно Ю.Ілляхіним (2018). Автори припускають, що ці зразки зібрано і передано до МПХУ Борисом Вальхом, хоч на їхніх етикетках відомостей про колектора немає (первинні номери – 127, 129, 130, 132). Окрім того, в колекції ННПМ виявлено зразок іншого виду кажанів – *Eptesicus serotinus turkomanus*, зібраний І.П.Ізотовим наступного 1939 р. (14.05.1939, leg. Изотов, det. Попов, первинний номер 176, новіші 400, 2722) в «Султан-Бенш». Це місцезнаходження ми ідентифікуємо як «Stansiya Sultan Bent» (сервіс Google Map), що в 16 км на південь від Йолетена, на р. Мургаб. Про дослідження І.Ізотова (бл. 1910–1941), який зібрав цей зразок, відомо мало, але географія його зборів (Загороднюк, 2015) на диво тісно пересікається з місцями роботи Б.Вальха: не можна виключати, що описані вище теріологічні колекції Вальха потрапили до ННПМ саме завдяки його співпраці з Ізотовим.

Борис Вальх повернувся до Бахмута лише перед самою війною, 1941 р., хворим і ослабленим, з туберкульозом легень (Шакула, Сіренко, 2007). Одночасно він знову повернувся до зоологічних досліджень. Відомий його лист до Івана Підоплічки, наявний в архіві НБУВ (Київ), в якому Вальх просить сприяти у отриманні дозволу для наукового полювання на птахів. Лист написаний 12.06.1941 р., в ньому прямо сказано «повернувшись з Туркменії цими днями....». Мова в листі – про заплановані дослідження в верхів'ях Орелі, у Дніпровських плавнях, південно-західній границі колишньої Катеринославської губернії, зокрема на Інгулі й Інгульці.



Рис. 12. Один зі зразків нетопира бактрійського, *Pipistrellus bactrianus*, зібраний в Мари (66 км від Іолотані [Йолетена]) у серпні 1938 р., найімовірніше Б.Вальхом. Зразок зберігається в колекції МПХУ; праворуч – зворотна сторона тієї самої етикетки. Автор фото – Ю.Ілляхін (на прохання авторів).

²⁴ Подібні детальні описи ситуації є у книзі А.Андреева «На руїнах давнього Мерва» (1896), коли місцеві жителі вимирали цілими сім'ями (по 60 кибиток) і коли побудовані для батальйону казарми так і не було заселено.

Ясно, що ці плани вже не могли здійснитися. До початку німецько-радянської війни залишалось 10 днів. В умовах війни зоологія, краєзнавчий музей та природознавство взагалі мало кого цікавили. За повідомленням дочки (за: Шакула, Сіренко, 2007) 25 серпня 1941 р. Вальха було зараховано черговим лікарем у Другу Артемівську лікарню (це останній запис у трудовій книжці)²⁵.

Доля Бахмутського музею в ті роки мало кого цікавила. На сайті музею є такий запис: «протистояти невблаганній руці Другої світової війни Артемівський краєзнавчий не зміг – його директор Стрельцова була розстріляна, а колекція – безповоротно втрачена, частково вивезена до Німеччини, частково згинула у полум'ї пожежі 1942 р., коли будівлю музею було повністю знищено». Фактично все це сталося між 1 листопадом (вхід окупаційних військ в Бахмут) та 1 січня (пожежа під час (?) святкування Нового року); в цей час Вальх напевно не мав стосунків із музеєм (І.Корнацький, особ. повід.). Працюючи лікарем, він сам з кожним днем втрачав дедалі більше сил, страждаючи від сухоти. Навесні наступного року, 12 квітня, Борис Вальх помер. Його поховали у дворі «його» лікарні, місце поховання невідоме. Олімпіада Сергіївна, його онука, яка все життя пропрацювала в цій самій лікарні, повідомила, що коли з'явилася ідея про назву однієї з прилеглих вулиць на честь Бориса Вальха, вона виступила категорично проти, вважаючи, що суспільство не готове до такої пам'яті, а називати вулицю невідомим громаді ім'ям недоречно.

В Україні 2007 та 2010 рр. відбулися дві конференції пам'яті Бориса Вальха, організовані Петром Чегоркою, – «Вальхівські читання». Це стало не просто доброю звісткою, але й важливим стимулом до аналізу наукового надбання Бориса Вальха і звернення уваги колег на таку непересічну особистість в історії української зоології, музеології, охорони природи, епідеміології. До чергової конференції цього циклу було підготовлено невеличкий нарис (Загороднюк, 2018), надалі розвинений до цього огляду. Сподіваємося, що цей матеріал стане важливим доповненням до історії розвитку зоології та музеології на східних теренах України і доброю оцінкою наукового та краєзнавчого спадку Бориса Вальха.

Післямова

Історія приховала чимало важливих деталей життя і наукової діяльності Бориса Вальха. Важливо перелічити зоологів, з якими він напевно контактував і у спогадах або статтях яких можуть бути нові важливі деталі: Віктор Аверін, Євген Лавренко, Федір Максименко, Михайло Клоков, Іван Коваленко, Олексій Мигулін, Сергій Огньов, Іван Підолічко, Микола Селєзньов, Микола Сомов, Павло Сушкін, Валерій Талієв, Ілля Часовніков, Микола Шарлемань, Макс Штамм. Чимало інформації є в щоденниках Сергія Вальха. Важливими кроками у вивченні його біографії та наукового спадку можуть бути: 1) аналіз його діяльності в Харківському товаристві дослідників природи, 2) аналіз раніше не досліджених зоологічних колекцій та первинної етикеткової інформації, а також журналів надходження колекцій; 3) згадані тут не раз щоденники сина.

Подяки

Цей нарис сформовано після наполегливих пропозицій Петра Чегорки, натхненного дослідника природи Лівобережного Придніпров'я. Наша подяка Тетяні Атемасовій, Олександрі Байрачній, Михайлу Баніку, Павлу Белицькому, Миколі Біляшівському, Вікторії Бондаренко, Віктору Буселу, Віктору Грамі, Анатолію Климову, Вікторії Константиновій, Ігорю Корнацькому, Марині Принь, Олександрю Принь, Володимирі Тимошенкову, Миколі Товпинцю, Ользі Хорунжій за цінні обговорення та допомогу в пошуку рідкісних джерел і фактів. Дякуємо Євгенії Улюрі, Юрію Іллюхіну, Ельшаду Аскерову за допомогу при роботі з музейними колекціями ссавців та фотокопії їхніх етикеток і журнальних записів та Андрію Кандаурову за сприяння у цих пошуках. Щира подяка Борису Вальху (мол.), його синові Сергію Вальху та сестрі Олімпіаді Грищенко за численні консультації та матеріали з родинних архівів. Дякуємо Наталії Качалці за організацію електронного зв'язку з Олімпіадою Вальх та надіслані копії документів. Текст зазнав важливих редагувань після вичитки колегами – Ігорем Корнацьким, Олександром Принем та Тетяною Атемасовою, за що автори їм безмежно вдячні. Дякуємо Золтану Баркасі за редагування англомовного резюме. Матеріал підготовлено в рамках наукової теми Національного науково-природничого музею НАНУ «Музейні природничі колекції як об'єкт фундаментальних та прикладних досліджень».

²⁵ Тому трохи дивним є твердження про те, що після повернення до Артемівська він став головним лікарем (Борейко, 2001), як і подібне до радянської міфології твердження, що «в період окупації лікар Б.С.Вальх надавав допомогу пораненим червоноармійцям, лікував їх і переховував по дальніх хуторах» (ibid.).

Список літератури / References

- Аверин В.Г. Николай Николаевич Сомов (некролог) // Охота и рыболовство. – 1923. – № 5–6. – С. 29–30. /Averin V.G. Nikolay Nikolayevich Somov (obituary) // Okhota i rybolovstvo [Hunting and Fishing]. – 1923. – No. 5–6. – P. 29–30./
- Аверин В.Г., Селезнев Н.Г. Новые и редкие птицы оз. Лимана Харьковской губ. [И. Кулики] // Охота и рыболовство. – Харьков, 1923. – № 2. – С. 31–39. /Averin V.G., Seleznev N.G. New and rare bird species in Lyman Lake, Kharkiv prov. [I. Waders] // Okhota i rybolovstvo [Hunting and Fishing]. – Kharkiv, 1923. – No. 2. – P. 31–39./
- Аверин В.Г., Штамм М.Г. О нахождении ушастого ежа (*Hemiechinus auritus* Gmel.) на Украине // Труды Харківського товариства дослідників природи. – 1927. – Т.50, вип.2. – С. 51–53. /Averin V.G., Stamm M.G. About finding of the long-eared hedgehog (*Hemiechinus auritus* Gmel.) in Ukraine // Proceedings of the Kharkiv Society of Naturalists. – 1927. – Vol.50, no.2. – P. 51–53./
- Атемасова Т.А., Кривицкий И.А. Борис Сергеевич Вальх // Орнитологи Украины: Биобиблиографический справочник. – Харьков, 1999. – Вып.1. – С. 51–52. /Atemasova T.A., Krivitskii I.A. Boris Sergejevich Valkh // Ornithologists of Ukraine: bio-bibliographical reference. – Kharkiv, 1999. – Is.1. – P. 51–52./
- Атемасова Т.А. Макс Генрихович Штамм // Орнитологи Украины: Биобиблиографический справочник. – Харьков, 1999. – Вып.1. – С.115. /Atemasova T.A. Maks Henrikhovich Shtamm // Ornithologists of Ukraine: bio-bibliographical reference. – Kharkiv, 1999. – Is.1. – P.115./
- Белицкий П.В. Старі шахти Гришинського вугленосного району. Покровський район: подорож у минуле. – Львів, 2017. – С. 269–308. /Belitsky P.V. Old mines of the Grishin coal mine area. Pokrovsky Raion: a journey to the past. – Lviv, 2017. – P. 269–308./
- Беньковский А.О., Орлова-Беньковская М.Я. Каталог местонахождений листоедов (Chrysomelidae) России // ЗИН (веб-сайт), 2018. – benkat15.xls /Bienkowski A.O., Orlova-Bienkovskaja M.Ja. Catalogue of locations of leaf-beetles (Chrysomelidae) of Russia // ZIN (web-site), 2018./
- Борейко В.Е. Вальх Борис Сергеевич (27.11.1876–12.04.1942) // Словарь деятелей охраны природы. – Москва: Центр охраны дикой природы, 2001. – С. 46–48. /Boreiko V.E. Valkh Boris Sergeevich (27.11.1876–12.04.1942) // Dictionary of environmentalists. – Moscow: Wildlife Conservation Center, 2001. – P. 46–48./
- Браунеръ А.А. Степная или курганчиковая мышь // Записки Императорского общества сельского хозяйства Южной России. – Одесса, 1899. – №10. – С. 68–71. /Brauner A.A. Steppen or Mound Mouse // Notes of the Imperial Society of Agriculture of Southern Russia. – Odesa, 1899. – No. 10. – P. 68–71./
- Вальхъ Б. Матеріали для орнитології Екатеринославской губернії. Наблюдения 1892–1897 года // Труды Императорского Общества испытателей Природы при Харьковском университете. Харьковъ, 1899. – Т.34. – С. 1–90. /Valkh B. Materials for ornithology of Ekaterinoslav province. Observations of 1892–1897 // Proceedings of the Imperial Society of Naturalists at the Kharkiv University. Kharkiv, 1899. – Vol.34. – P. 1–90./
- Вальхъ Б.С. Матеріали для орнитології Екатеринославской губернії. Перечень птицъ, найденныхъ в губернії с 1892 г. по 1910 г. // Орнитологическій вѣстникъ. – 1911. – № 3–4. – С. 242–271. /Valkh B.S. Matériaux pour l'ornithologie du gouvernement d'Ekaterinoslav // Messenger Ornithologique. – 1911. – No. 3–4. – P. 242–271./
- Вальхъ Б.С. Къ вопросу о вреде птицъ в садахъ // Бюллетень о вредителяхъ сельского хозяйства и мѣрахъ борьбы съ ними. – Харьковъ, 1913. – №4. – С. 13–14. /Valkh B.S. To the question of the harmfulness of birds in the gardens // Bulletin on Pests of Agriculture and Measures to Combat Them. – Kharkiv, 1913. – No. 4. – P. 13–14./
- Вальхъ Б.С. Къ вопросу объ ожидаемомъ нашествіи мышей и мѣрахъ къ ихъ уничтоженію (съ определительной таблицей) // Бюллетень о вредителяхъ сельского хозяйства и мѣрахъ борьбы съ ними. – Харьковъ, 1914. – №2. – С. 33–44. /Valkh B.S. To the question of the expected invasion of mice and measures for pest control (with identification table) // Bulletin on Pests of Agriculture and Measures to Pest Control. – Kharkiv, 1914. – No. 2. – P. 33–44./
- Вальх Б.С. Озимая совка в Донецкой губернии в сезон 1924 г. // Захист Рослин. – 1925. – Ч. 3–4. – С. 51–53. (Додаток до «Вісника Наркомземсправу УСРР») /Valkh B.S. The turnip moth in the Donetsk province in the season of 1924 // Plant Protection. – 1925. – Pt. 3–4. – P. 51–53./
- Вальх Б.С. О новом виде мыши (*Mus sergii sp. nova*) // Труды Харківського товариства дослідників природи. – 1927. – Т.50, вип.2. – С. 49–50. /Valkh B.S. About a new species of mouse (*Mus sergii sp. nova*) // Proceedings of the Kharkiv Society of Naturalists. – 1927. – Vol.50, is.2. – P. 49–50./
- Вальх Б.С. Выхухоль в Сребрянском лесном массиве Артемовского округа // Український мисливець та рибалка. – Харків, 1928. – №4. – С. 19–21. /Valkh B.S. Desman in the Serebrianka forest massif of Artemivsk district // Ukrainian Hunter and Fisherman. – Kharkiv, 1928. – No. 4. – P. 19–21./
- Вальх Б.С. [«Д-р Валох»]²⁶. К вопросу о значении большого баклана в рыбном хозяйстве Азовского моря // Український мисливець та рибалка. – 1930. – № 11–12. – С. 39–42. /Valkh B.S. To the question of the value of the great cormorant in the fishery of the Azov Sea // Ukrainian Hunter and Fisherman. – Kharkiv, 1930. – No. 11–12. – P. 39–42./

²⁶ Очевидна помилка при наборі, через певну подібність накреслення літер «ь» та «о».

- Вальх Б.С. О северных утках в Западной Европе // Охотник. – Москва, 1931а. – Т.8, №6. – С. 20–21. /Valkh B.S. About northern ducks in Western Europe // Okhotnik [Hunter (magazine)]. – Moscow, 1931. – Vol.8, No. 6. – P. 20–21./
- Вальх Б.С. Фауна птахів Харківського «університетського саду» раніш і тепер // Вісник природознавства. – 1931б. – № 1–2. – С. 46–49. /Valkh B.S. The fauna of birds of the Kharkiv "University Garden" earlier and now // Bulletin of Natural Science. – 1931. – No. 1–2. – P. 46–49./
- Вальх С.Б. К познанию фауны Culicidae востока Украины // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 1959. – Т.28, вып.6. – С. 687–695. /Valkh S.B. To the knowledge of the fauna of Culicidae of the East of Ukraine // Medical Parasitology and Parasitic Diseases. – 1959. – Vol.28, No. 6. – P. 687–695./
- Домбровська Г., Панів Л. (упоряд.) Збірник пам'яті українського бібліографа Федора Максименка. – Львів, 2008. – 364с. /Dombrovska G., Paniv L. (compilers). Collection to memory of ukrainian bibliographer Fedir Maksymenko. – Lviv, 2008. – 364p./
- Екатеринославскій адресь-календарь 1915 годъ. – Екатеринославъ: Издание губернской типографіи, 1915. – 595с. /Ekaterynoslav Address-Calendar 1915. – Ekaterynoslav: Publ. House of Province Typogr., 1915. – 595p./
- Загороднюк И.В. Таксономическая ревизия и диагностика грызунов рода *Mus* из Восточной Европы. Сообщение 1 // Вестник зоологии. – 1996. – Т.30, № 1–2. – С. 28–45. /Zagorodniuk I.V. Taxonomic revision and diagnostics of the rodent genus *Mus* from Eastern Europe. Communication 1 // Vestnik Zoologii. – 1996. – Vol.30, no. 1–2. – P. 28–45./
- Загороднюк І., Кондратенко О. Огляд поширення *Mus spicilegus* у Донецько-Донських степах // Ссавці відкритих просторів: Матеріали VIII Теріологічної школи. – Київ, 2001. – С. 37–38. (Novitates Theriologicae; Pars 5). /Zagorodniuk I., Kondratenko O. Review of *Mus spicilegus* distribution in the Donets-and-Don steppes // Mammals of Open Terrains: Proceedings of VIII Theriological School. – Kyiv, 2001. – P. 37–38./
- Загороднюк И.В. Таксономическая ревизия и диагностика грызунов рода *Mus* из Восточной Европы. Сообщение 2 // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – Асканія-Нова, 2002. – Т.4. – С. 130–140. /Zagorodniuk I.V. Taxonomic revision and diagnostics of the rodent genus *Mus* from Eastern Europe. Communication 2 // News Biosphere Reserve "Askania-Nova". – 2002. – Vol.4. – P. 130–140./
- Загороднюк І., Кондратенко О., Домашлінець В. та ін. Хохуля (*Desmana moschata*) в басейні Сіверського Дінця. – Київ, 2002. – 64с. (Праці Теріологічної школи; вип.4). /Zagorodniuk I., Kondratenko O., Domashlinets V., et al. Russian Desman (*Desmana moschata*) in the Siversky Donets Basin. – Kyiv, 2002. – P. 1–64. (Proceedings of the Theriological School; issue 4)/
- Загороднюк І., Коробченко М. Раритетна теріофауна східної України: її склад і поширення рідкісних видів // Раритетна теріофауна та її охорона. – Луганськ, 2008. – С. 107–156. (Серія: Праці Теріологічної школи; вип.9). /Zagorodniuk I., Korobchenko M. Rare fauna of eastern Ukraine: composition and distribution of rare species // Rarity Mammal Fauna and Its Protection. – Luhansk, 2008. – P. 107–156. (Series: Proceedings of the Theriological School; issue 9)/
- Загороднюк И.В. Зоологический музей Луганского национального университета: история, научная и образовательная ценность // Известия Музейного фонда им. А.А.Браунера. – Одесса, 2009а. – Т.6, №4. – С. 1–8. /Zagorodniuk I.V. Zoological Museum of the Luhansk National University: history, scientific and educational values // News of the A.A.Brauner Museum Fund. – Odessa, 2009a. – Vol.6, no. 4. – P. 1–8./
- Загороднюк І.В. Поширення і чисельність *Lagurus* (Mammalia) в Україні // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – 2009б. – Т.11. – С. 77–91. /Zagorodniuk I.V. Distribution and abundance of *Lagurus* (Mammalia) in Ukraine // News Biosphere Reserve "Askania Nova". – 2009b. – Vol.11. – P. 77–91./
- Загороднюк І.В. Иван Сахно та розвиток зоології й музейної справи на Луганщині: історичні розвідки // Вісник Національного науково-природничого музею. – 2011. – №9. – С. 69–89. /Zagorodniuk I.V. Ivan Sakhno and development of zoology and museology in Luhansk region: historical investigations // Proceedings of the National Museum of Natural History. – 2011. – No. 9. – P. 69–89./
- Загороднюк І.В., Ємельянов І.Г. Таксономія і номенклатура ссавців України // Вісник Національного науково-природничого музею. – 2012. – Т.10. – С. 5–30. /Zagorodniuk I.V., Emelianov I.G. Taxonomy and nomenclature of mammals of Ukraine // Proceedings of the National Museum of Natural History. – 2012. – Vol.10. – P. 5–30./
- Загороднюк І.В. Історія формування кафедри зоології (1922–1941) // Факультет природничих наук: шляхами зростання. – Луганськ: Елтон-2, 2013а. – С. 142–149. /Zagorodniuk I.V. History of the Formation of the Department of Zoology (1922–1941) // Faculty of Natural Sciences: by ways of growth. – Luhansk: Elton-2 Publ., 2013. – P. 142–149./
- Загороднюк І. Всеволод Великанів — дослідник фауни України 1920–1930-х років: біографія, колекції, публікації // Вісник Національного науково-природничого музею. – 2013б. – Т.11. – С. 115–134. /Zagorodniuk I. Vsevolod Velykaniv as investigator of fauna of Ukraine in 1920–1930s: biography, collections, publications // Proceedings of the National Museum of Natural History. – 2013. – Vol.11. – P. 115–134./
- Загороднюк І.В. Зоологічні колекції як джерело біографічної інформації: до історії досліджень Анатолія Аргіропула та Бориса Попова // Практичні питання природничої музеології. – Київ: ННПМ НАН України, 2013в. – С. 15–16. /Zagorodniuk I.V. Zoological collections as source of biographical information: towards

- history of investigations of Anatol Argyropulo and Boris Popov // Practical Topics of Natural Museology. – Kyiv: Natl. Mus. Nat. Hist., NAS Ukraine, 2013. – P. 15–16./
- Загороднюк І. Богдан Волянський — яскрава постать української зоології 1920–1930-х років // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2015. – Вип.69. – С. 3–19. /Zagorodniuk I. Bohdan Voliansky as bright person in Ukrainian zoology of 1920–1930s // Visnyk of the Lviv University. Series Biology. – 2015. – Is.69. – P. 3–19./
- Загороднюк І. Колектори теріологічних колекцій Національного науково-природничого музею НАН України 1930-х років // Внесок натуралістів-аматорів у вивчення біологічного різноманіття: Матер. Міжнар. конф. – Берегове: Закарп. угорськ. ін-т ім. Ференца Ракоці II, 2015. – С. 299–305. /Zagorodniuk I. Collectors of Mammological Collection of the National Museum of Natural History NAS of Ukraine during 1930th // Contribution of amateur naturalists into biological diversity studies. International Scientific Conference. – Berehove, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, 2015. – P. 299–305./
- Загороднюк І. Борис Вальх як дослідник ссавців (сторінки з історії розвитку зоології на сході України) // Птахи степового Придніпров'я / Ред. П.Чегорка (Матеріали Третіх Вальхівських читань). – Дніпро, 2018. – С. 5–9. /Zagorodniuk I. Boris Valkh as investigator of mammals (pages from history of development of zoology in the East of Ukraine) // Birds of Steppe Dnipro Region / Ed. P.Chegoroka (Proceedings of the Third Valkh's Readings). – Dnipro, 2018. – P. 5–9./
- Зоологический музей Московского университета в лицах // Зоологический музей МГУ (веб-сайт), 2017. /Zoological Museum of Moscow University in persons // Zoological Museum of MGU (web-site), 2017./
- Ільяхін Ю. Представники ряду Chiroptera в колекції Музею природи Харківського національного університету ім. В.Н.Каразіна // Theriologia Ukrainica. – 2018. – Т.16. – С. 77–84. /Ilyukhin Yu. Representatives of the order Chiroptera in the collection of the Museum of Nature at V.N.Karazin Kharkiv National University // Theriologia Ukrainica. – 2018. – Vol.16. – P. 77–84./
- Климов А. Сторінки історії Луганського національного університету // Климов А. Історичні краєзнавчі розвідки. – Луганськ: ЛНУ ім. Т. Шевченка, 2010. – С. 219–278. /Klimov A. The pages of the history of the Luhansk National University // Klimov A. Historical exploration of local history. – Luhansk: Taras Shevchenko LNU, 2010. – P. 219–278./
- Коваленко І.П. Заповідники на Маріупольщині // Охорона пам'яток природи на Україні. – Харків, 1928. – Вип.2. – С. 68–85. /Kovalenko I.P. Reserves in the Mariupol region // Protection of nature monuments in Ukraine. – Kharkiv, 1928. – Is.2. – P. 68–85./
- Корнацкий И. Из глубины двадцатых... // Вперед-плюс (газета). – Артемовск, 2003. – №57. – С. 2. /Kornatsky I. From the depth of the twentieth ... // Vpered-PLUS (newspaper). – Artiymovsk, 2003. – No. 57. – P. 2./
- Кочергін І.О. Потомственні дворяни Олександрівського повіту Катеринославської губернії напередодні селянської реформи 1861 р. (за статистичними матеріалами «Збірки Я.Новицького») // Історія і культура Придніпров'я: Невідомі та маловідомі сторінки. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип.7. – С. 69–97. /Kochergin I.O. The hereditary nobles of the Aleksandrovsky district of Ekaterinoslav province on the eve of the Emancipation reform of 1861 (according to the statistical material from "Collections of Y. Novitsky") // History and culture of the Dnipro region: unknown and little-known pages. – Dnipropetrovsk, 2010. – Is.7. – P. 69–97./
- Кризов П.А. Географічне поширення шкідливих гризунів УРСР // Збірник праць Зоологічного музею. – Київ, 1936. – Вип.16. – С. 33–91. /Kryzhov P.A. Geographical distribution of harmful rodents of the Ukrainian SSR // Collection of Works of the Zoological Museum. – 1936. – Is.16. – P. 33–91./
- Максименко Ф. Матеріали до краєзнавчої бібліографії України 1847–1929 // Всенародня бібліотека України при Всеукраїнській академії наук. – Київ, 1930. – 264с. /Maksymenko F. Materials to the local history bibliography of Ukraine, 1847–1929 // National Library of Ukraine at the All-Ukrainian Academy of Sciences. – Kyiv, 1930. – 264p./
- Межжерин С.В., Загороднюк И.В. Морфологические, кариологические и генетические различия домово́й (*Mus musculus musculus*) и курганчиково́й (*Mus musculus hortulanus*) мышей // Домовая мышь. – Москва, 1989. – С. 99–114. /Mezhzherin S.V., Zagorodnyuk I.V. Morphological, karyological and genetic divergences of the house (*Mus musculus musculus*) and mound-building mice (*Mus musculus hortulanus*) // House Mice. – Moscow, 1989. – P. 99–114./
- Мигулин А.А. Обзор грызунов Украины // Захист рослин. – Харків, 1928. – № 3–4. – С. 1–15 (пагінація відбитку, не журналу). /Migulin A.A. Conspectus glirium of Ukraine // Plant Protection. – Kharkiv, 1928. – No. 3–4. – P. 1–15 (pagination of reprint)./
- Мигулін О.О. Курганчикова миша (*Mus sergii* Valch) як вид // Збірник праць Зоологічного музею. – 1937. – №20. – С. 115–120. /Migulin O.O. Mound mouse (*Mus sergii* Valch) as a species // Collection of Works of the Zoological Museum. – 1937. – No. 20. – P. 115–120./
- Мигулін О.О. Звірі УРСР (матеріали до фауни). – Київ: Вид-во АН УРСР, 1938. – 426с. /Migulin O.O. Mammals of the Ukrainian SSR (Materials to the Fauna). – Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1938. – 426p./
- Огнев С.И. Грызуны Северного Кавказа. – Ростов: Госиздат, 1924. – 64с. /Ognev S.I. Rodents of the Northern Caucasus. – Rostov: Gosizdat, 1924. – 64p./

- Праці наукового товариства на Донеччині. – Луганське: Видання наук. тов-ва, 1928. – №1. – 100с. /Proceedings of the Scientific Society in the Donetsk Region. – Luhansk: The Publication of the Scientific Society, 1928. – No. 1. – 100p./
- Принь М.О. Створення та діяльність Артемівського окружного музею в 1920-х на початку 1930-х років // Актуальні питання історії науки і техніки: Матеріали 11-ї Всеукраїнської наукової конференції. – Київ: Центр пам'яткознавства НАН України, 2012. – С. 81–84. /Pryn M.O. Creation and activity of the Artemivsk District Museum in the 1920s and early 1930s // Topical Issues in the History of Science and Technology: Materials of the 11th All-Ukrainian Scientific Conference. – Kyiv: Center for Heritage Research, NAS of Ukraine, 2012. – P. 81–84./
- Принь М.О. Питання музейної та пам'яткоохоронної роботи на сторінках часопису «Просвещение Донбасса» на початку 1920-х років // Українське пам'яткознавство: сучасні проблеми та тенденції. V Всеукраїнські Зарембівські наукові читання: зб. наук. пр. – Київ, 2015а. – С. 210–214. /Pryn M.O. Issues of museum and memorial work on the pages of the magazine "Enlightenment of Donbass" in the early 1920's // Research on Ukrainian Heritage: Current Problems and Trends. V All-Ukrainian Zarembo Scientific Readings: a collection of scientific works. – Kyiv, 2015a. – P. 210–214./
- Принь М.О. Питання музейної справи та пам'яткоохоронної роботи на сторінках місцевих часописів на Луганщині та Донеччині в 1920-х – на початку 1930-х років // Праці Центру пам'яткознавства. – 2015б. – Вип.28. – С. 25–36. /Pryn M.O. Issues of museology and memorial work on the pages of local journals in Luhansk and Donetsk regions in the 1920s and early 1930s // Proceedings of the Center for Heritage Research. – 2015b. – Is.28. – P. 25–36./
- Принь О.В. Чи існувала науково-дослідна кафедра донбасознавства ДІНО у м. Луганську? // Українське пам'яткознавство: сучасні проблеми та тенденції: Четверті Всеукраїнські Зарембівські наукові читання: зб. наук. праць. – Київ, 2013а. – С. 128–131. /Pryn O.V. Was there a scientific research department of donbasology at DINO in Luhansk city? // Research on Ukrainian Heritage: Current Problems and Trends. IV All-Ukrainian Zarembo Scientific Readings: a collection of scientific works. – Kyiv, 2013a. – P. 128–131./
- Принь О.В. Наукове товариство на Донеччині: міфи та реалії ХХ століття // Праці Центру пам'яткознавства. – Київ, 2013б. – Вип.24. – С. 214–221. /Pryn O. V. Scientific society in the Donetsk region: myths and realities of the twentieth century // Proceedings of the Center for Heritage Research. – 2013. – Is.24. – P. 214–221./
- Списокъ студентовъ Императорскаго Харьковскаго университета на 1896/7 академич. годъ. – Харьковъ, Университетская типографія, 1896. – 278с. /The list of students of the Imperial Kharkiv University of 1896/7 academic year. – Kharkiv, University typography, 1896. – 278p./
- Таранова Н. До питання про класифікацію топонімів // Історія та методологія географії. Наукові записки. – 2015. – №2. – С. 15–20. /Taranova N. To the question of the classification of place names // History and Methodology of Geography. Proceedings. – 2015. – No. 2. – P. 15–20./
- Татаринов С.Й., Тутова Н.О. Нариси історії самоврядування в Бахмуті і повіті у XVIII–XX століттях. – Артемівськ, 2008. – 153с. /Tatarinov S.Y., Tutova N.O. Essays on the history of self-government in Bahmut and its district in the XVIII–XX centuries. – Artemivsk, 2008. – 153p./
- Татаринов С.Й. «Глухівець» І.А.Часовников у Артемівському окружному музеї у 20–30-х роках // Сіверщина в історії України: збірник наукових праць. – Київ, Глухів, 2013. – Вип.6. – С. 525–528. /Tatarynov S.J. «Hlukhivets» I.A.Chasovnikov in the Artemivsk regional museum in the 20–30-s years // Siverschyna in Ukrainian History: collection of scientific works. – Kyiv, Hlukhiv, 2013. – Vol.6. – P. 525–528./
- Татаринов С.Й., Тутова Н.О., Тутов П.М. Бахмутський край – видатні сторінки історії. Історико-краєзнавчий нарис. – Харків: Мачулін, 2013. – 408с. /Tatarinov S.Yu., Tutova N.O., Tutov P.M. Bahmut Region as prominent pages of history. Historical and ethnographic essay. – Kharkiv: Machulin Press, 2013. – 408p./
- Умнов Н. Очерк фауны прямокрылых Луганского округа // Праці наукового товариства на Донеччині. – Луганське: Вид. наук. тов-ва, 1928. – №1. – С. 58–62. /Umnov N. Essay on the fauna of orthopterans of the Luhansk district // Proceedings of the Scientific Society of the Donetsk region. – Luhansk: Publishing House of the Scientific Society, 1928. – No. 1. – P. 58–62./
- Фадеев И.В. Коллекторы ГДМ // Труды Государственного Дарвиновского музея. – Москва, 2007. – Вып.10. – С. 23–66. /Fadееv I.V. Collectors of SDM // Proceedings of the State Darwin Museum. – Moscow, 2007. – Is.10. – P. 23–66./
- Шакула О.А., Сиренко В.О. До ювілею зоолога та лікаря-епідеміолога Бориса Сергійовича Вальха // Птахи степового Придніпров'я: минуле, сучасне, майбутнє: Матеріали Перших Вальхівських читань. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 4–7. /Shakula O.A., Sirenko V.O. To the jubilee of the zoologist and doctor-epidemiologist Boris Sergiyovych Valkh // Birds of the Prydniprov'sk Steppe: past, present, future: Materials of the First Valkh Readings. – Dnipropetrovsk, 2007. – P. 4–7./
- Шевченко Л.С., Золотухина С.И. Млекопитающие. Вып.1. Мышиные – Muridae. – Киев: Зоологический музей ННПМ НАН Украины, 2002. – 217с. /Shevchenko L.S., Zolotukhina S.I. Mammals. Is.1. Mice – Muridae. – Kyiv: Zoological Museum of the NMNH, NAS of Ukraine, 2002. – 217p./
- Штамм М.Г. До відомостей про поширення хохулі (*Desmana moschata* L.) в басейні р. Дінця // Труды Донецької наукової експедиції. – Харків: Всеукраїнська спілка мисливців та рибалок. – 1930. – №1. – С. 41–44. /Shtamm M. G. To the data on the distribution of desman (*Desmana moschata* L.) in the basin of the Donets

river // Proceedings of the Donetsk scientific expedition. – Kharkiv: All-Ukrainian Union of Hunters and Fishermen. – 1930. – No. 1. – P. 41–44./

Nordmann A. Observations sur la Faune Pontique. Mammalia // Voyage dans la Russie meridionale et la Crimée / Ed. M.A.Demidoff. – Paris: E.Bourdin et al., 1840. – T.3. – P. 1–65.

Victorian Portrait Gallery – 1880 Clothing // Historical Emporium (web-site), 2018.

Представлено: П.Т.Чегорка / Presented by: P.T.Chegorka

Рецензент: Т.А.Атемасова / Reviewer: T.A.Atemasova

Подано до редакції / Received: 11.08.2018

About the authors: I.Zagorodniuk – National Museum of Natural History, National Academy of Sciences of Ukraine, Bogdana Khmelnytskogo Str., 15, Kyiv, Ukraine, 01601, zoozag@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0523-133X>

V.Parkhomenko – National scientific agricultural library, National Academy of Agrarian sciences of Ukraine, Geroiv oborony Str., 10, Kyiv, Ukraine, 01127, fullmetalekolog@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3206-3199>

Про авторів: І.Загороднюк – Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, Україна, 01601, zoozag@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0523-133X>

В.Пархоменко – Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН, вул. Героїв оборони, 10, Київ, Україна, 03127, fullmetalekolog@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3206-3199>

Об авторах: И.Загороднюк – Национальный естественнонаучный музей НАН Украины, ул. Богдана Хмельницкого, 15, Киев, Украина, 01601, zoozag@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0523-133X>

В.Пархоменко – Национальная научная сельскохозяйственная библиотека НААН, ул. Героев обороны, 10, Киев, Украина, 03127, fullmetalekolog@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3206-3199>

УДК: 576.893.1

Паразитичні найпростіші промислових риб гирла річки Кури С.Н.Мамедова, Ш.Р.Ібрагімов

У 2014–2016 роках методом повного паразитологічного розтину досліджено 202 екз. риб, що були виловлені у гирлі річки Кури і належать до таких 14 видів: каспійська звичайна кілька – *Clupeonella delicatula caspia*, каспійський пузанок – *Alosa caspia caspia*, чорноспинка – *A. kessleri kessleri*, каспійська вобла – *Rutilus rutilus caspius*, кутум – *R. frisii kutum*, червоногубий жерех – *Aspius aspius taeniatus*, курина шема – *Chalcalburnus chalcoides*, закавказька густера – *Blicca bjoerkna transcaucasica*, яц – *Abramis brama orientalis*, каспійський рибець – *Vimba vimba persa*, сазан – *Cyprinus carpio*, сом – *Silurus glanis*, судак – *Sander lucioperca*, окунь – *Perca fluviatilis*. В результаті проведених досліджень виявлено 21 вид паразитичних найпростіших, що належать до 5 типів, 7 класів, 7 рядів і 8 родин: джугутиконосці *Trypanosoma carassii*, *Cryptobia borelli*, *Costia necatrix*, кокцидія *Eimeria carpelli*, мікроспори́дія *Pleistophora siluri*, мікроспори́дії *Myxobolus bliccae*, *M. bramae*, *M. cyprini*, *M. dispar*, *M. ellipsoides*, *M. muelleri*, *M. musculi*, *M. oviformis*, *M. pseudodispar*, *M. rotundus*, інфузорії *Chilodonella hexasticha*, *Ch. piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina caspialosae*, *T. jadratica*, *Trichodinella epizootica*. Найбільш частим органом локалізації виявлених нами паразитів є зябра, в їх тканинах було виявлено 7 видів мікроспори́дій, а на їх поверхні 1 вид джугутиконосців і 6 видів інфузорій. З інших органів в нирках відзначено 9, в селезінці – 7, м'язах – 6, на поверхні тіла, на шкірі і в сечовому міхурі – по 5, в печінці – 4, на поверхні плавників, в кров'яному руслі, стінках кишечника і в жовчному міхурі – по 2 види, у серці, підшкірній сполучній тканині, очах і головному мозку – по 1 виду паразитичних найпростіших. У складі протофауни ендопаразити (14 видів) значно переважають над ектопаразитами (7 видів), а форми, що розвиваються зі зміною господарів (12 видів), над формами, що мають простий цикл розвитку (9 видів). Більшість виявлених паразитів має прісноводне походження, тому у риб, виловлених в сильно опрісненій ділянці гирла Кури, констатовано більше видів паразитів, ніж на ділянках з більш мінералізованою водою. Встановлено, що, на відміну від ектопаразитів, прісноводні ендопаразити, зараження якими відбувається в прісній воді, в організмі риб переносяться і на більш мінералізовані ділянки. Серед усіх виявлених найпростіших 7 видів є збудниками захворювань риб. Однак, у зв'язку з не дуже високою зараженістю риб, патогенні явища, викликані цими паразитами, не спостерігалися.

Ключові слова: паразити, найпростіші, риби, річка Кура, Каспійське море.

Parasitic protozoans of commercial fishes of the Kura river estuary S.N.Mamedova, Sh.R.Ibrahimov

In 2014–2016 complete parasitological autopsy was used to examine 202 individuals of the Kura River estuary fish, belonging to the following 14 species: Caspian common sprat – *Clupeonella delicatula caspia*, Caspian shad – *Alosa caspia caspia*, black-backed shad – *A. kessleri kessleri*, Caspian roach – *Rutilus rutilus caspius*, kutum – *R. frisii kutum*, asp – *Aspius aspius taeniatus*, Kura shemaya – *Chalcalburnus chalcoides*, Transcaucasian silver bream – *Blicca bjoerkna transcaucasica*, bream – *Abramis brama orientalis*, Caspian vimba – *Vimba vimba persa*, carp – *Cyprinus carpio*, catfish – *Silurus glanis*, pike – *Sander lucioperca*, perch – *Perca fluviatilis*. As a result of the research there were found following 21 species of parasitic protozoa belonging to 5 phyla, 7 classes, 7 orders and 8 families: flagellates *Trypanosoma carassii*, *Cryptobia borelli*, *Costia necatrix*, coccidia *Eimeria carpelli*, microsporidium *Pleistophora siluri*, myxosporeans *Myxobolus bliccae*, *M. bramae*, *M. cyprini*, *M. dispar*, *M. ellipsoides*, *M. muelleri*, *M. musculi*, *M. oviformis*, *M. pseudodispar*, *M. rotundus*, infusorians *Chilodonella hexasticha*, *Ch. piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina caspialosae*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina caspialosae*, *Trichodinella epizootica*. The most frequent organ of localization of the parasites were the gills, in their tissues 7 species of myxosporeans, and on their surface 1 species of flagellates and 6 species of infusorians were found. In each of the remaining organs there were noted following numbers of species of parasitic protozoans: in the kidneys – 9 species, in the spleen – 7 species, in the muscles of the body – 6 species, in the skin and bladder – 5 species, in the liver – 4 species, on the surface of fins, in the bloodstream, intestinal walls and gall bladder – 2 species, in the heart, subcutaneous connective tissue, eyes and brain – 1 species. In the composition of protofauna, endoparasites (14 species) significantly prevailed over ectoparasites (7 species), and the forms that develop with a change of hosts (12 species), prevailed over forms that have a simple development cycle (9 species). Most of the parasites are of freshwater origin, so more species of parasites were found in fish caught in the highly desalinated part of the Kura estuary than in areas with more mineralized water. It has been established that, in contrast to ectoparasites, freshwater endoparasites, the infection by which occurs in fresh water, in the body of fish are also transferred to more mineralized sites. Among all discovered protozoa 7 species are

the causative agents of fish diseases. However, due to not very high infection of fish, no pathogenic phenomena caused by these parasites were observed.

Key words: *parasites, protozoa, fish, Kura River, Caspian Sea.*

Паразитические простейшие промысловых рыб устья реки Куры С.Н.Мамедова, Ш.Р.Ибрагимов

В 2014–2016 годах методом полного паразитологического вскрытия исследовано 202 экз. рыб, выловленных в устье реки Куры, относящихся к следующим 14 видам: каспийская обыкновенная килька – *Clupeonella delicatula caspia*, каспийский пузанок – *Alosa caspia caspia*, черноспинка – *A. kessleri kessleri*, каспийская вобла – *Rutilus rutilus caspius*, кутум – *R. frisii kutum*, красногубый жерех – *Aspius aspius taeniatus*, курункая шема – *Chalcalburnus chalcoides*, закавказская густера – *Blicca bjoerkna transcaucasica*, лещ – *Abramis brama orientalis*, каспийский рыбец – *Vimba vimba persa*, сазан – *Cyprinus carpio*, сом – *Silurus glanis*, судак – *Sander lucioperca*, окунь – *Perca fluviatilis*. В результате проведенных исследований обнаружен 21 вид паразитических простейших, относящихся к 5 типам, 7 классам, 7 отрядам и 8 семействам: жгутиконосцы *Trypanosoma carassii*, *Cryptobia borelli*, *Costia necatrix*, кокцидия *Eimeria carpelli*, микроспоридия *Pleistophora siluri*, микроспоридии *Myxobolus bliccae*, *M. braelae*, *M. cyprini*, *M. dispar*, *M. ellipsoides*, *M. muelleri*, *M. musculi*, *M. oviformis*, *M. pseudodispar*, *M. rotundus*, инфузории *Chilodonella hexasticha*, *Ch. piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina caspialosae*, *T. jadratica*, *Trichodinella epizootica*. Наиболее частым органом локализации обнаруженных нами паразитов являются жабры, в их тканях было обнаружено 7 видов микроспоридий, а на их поверхности 1 вид жгутиконосцев и 6 видов инфузорий. Из остальных органов в почках отмечено 9, в селезенке – 7, мышцах – 6, на поверхности тела, на коже и в мочевом пузыре – по 5, в печени – 4, на поверхности плавников, в кровяном русле, стенках кишечника и в желчном пузыре – по 2 вида, в сердце, подкожной соединительной ткани, глазах и головном мозгу – по 1 виду паразитических простейших. В составе протофауны эндопаразиты (14 видов) значительно преобладали над эктопаразитами (7 видов), а формы, развивающиеся со сменой хозяев (12 видов), над формами, имеющими простой цикл развития (9 видов). Большинство обнаруженных паразитов имеет пресноводное происхождение, поэтому у рыб, выловленных в сильно опресненном участке устья Куры, констатировано больше видов паразитов, чем на участках с более минерализованной водой. Установлено, что, в отличие от эктопаразитов, пресноводные эндопаразиты, заражение которыми происходит в пресной воде, в организме рыб переносятся и на более минерализованные участки. Среди всех обнаруженных простейших 7 видов являются возбудителями заболеваний рыб. Однако, в связи с не очень высокой зараженностью рыб патогенных явлений, вызванных этими паразитами, не наблюдалось.

Ключевые слова: *паразиты, простейшие, рыбы, река Кура, Каспийское море.*

Введение

Кура является самой большой рекой Кавказа, ее длина 1515 км, а площадь водосбора 188000 км². Она берет начало в Турции и, пройдя через территории Грузии и Азербайджана, впадает в Южный Каспий. Дельта Куры имеет протяженность 20 км в юго-восточном направлении, ее ширина около 15 км, а площадь 15 тыс. га. Она состоит из нескольких небольших и двух основных рукавов, по которым протекает до 85% всего потока. В составе грунта дельты преобладают песок, илистый песок и ил, здесь сильно развита высшая растительность. В зоопланктоне отмечено 34 вида, а в зообентосе 83 вида беспозвоночных. В ихтиофауну входит большинство видов, обитающих в Куру, за исключением нескольких форм, характерных для горных участков этой реки. Здесь нерестятся такие полупроходные промысловые рыбы, как вобла, кутум, рыбец, жерех, лещ, сазан, сом и судак. Из амфибий здесь обитают зеленая жаба, квакша и озерная лягушка, из рептилий – каспийская и болотная черепахи, водяной уж. Дельта является местом обитания большого количества водоплавающих птиц, в том числе и рыбоядных. К дельте Куры прилегает сильно опресненное устье этой реки, где минерализация воды колеблется в пределах 2–7‰. Здесь обитают как пресноводные, так и некоторые морские виды рыб (Potential Ramsar sites ..., 2000; Ismayilov, 2005).

Несмотря на то, что изучение паразитов, в том числе простейших, рыб этих акваторий имеет большое практическое и теоретическое значение, в отличие от других районов Каспийского моря (Ибрагимов, 2012), а также других водоемов Азербайджана (Микаилов, 1975; Микаилов, Ибрагимов, 1980; Шакаралиева, 2018; Ibrahimov, Shakaraliyeva, 2017), до проведенных нами работ они оставались не исследованными. Поэтому целью нашего исследования было выявление фауны паразитических простейших рыб устья реки Куры и ее экологический анализ.

Материал и методика

В 2014–2016 гг. нами методом полного паразитологического вскрытия (Быховская-Павловская, 1985; Пронина, Пронин, 2007) были исследованы выловленные в устье реки Куры 202 экз. рыб, относящихся к следующим 14 видам: каспийская обыкновенная килька – *Clupeonella delicatula caspia* (Svetovidov), каспийский пузанок – *Alosa caspia caspia* (Eichwald), черноспинка – *A. kessleri kessleri* (Grimm), вобла – *Rutilus rutilus caspius* Jakowlev, кутум – *R. frisii kutum* (Kamensky), красногубый жерех – *Aspius aspius taeniatus* (Eichwald), куриная шемая – *Chalcalburnus chalcoides* (Guldenstadt), закавказская густера – *Blicca bjoerkna transcaucasica* Berg, лещ – *Abramis brama orientalis* Berg, каспийский рыбец – *Vimba vimba persa* (Pallas), сазан – *Cyprinus carpio* L., сом – *Silurus glanis* L., судак – *Sander lucioperca* (L.), окунь – *Perca fluviatilis* (L.). Видовая принадлежность рыб определялась по монографии Ю.А.Абдурахманова (1962). Идентификация обнаруженных видов паразитов производилась по соответствующим определителям паразитов рыб (Определитель ..., 1975, 1984).

Полученный материал в виде постоянных препаратов хранится на кафедре медицинской биологии и генетики Азербайджанского медицинского университета. Карта-схема районов исследования и расположения пунктов сбора материала приведена на рис. 1.



Рис. 1. Карта-схема района исследования и расположение пунктов сбора материала

Результаты

В результате исследования рыб устья Куры нами был обнаружен 21 вид простейших, относящихся к различным таксономическим группам подцарства Protozoa. Ниже приводится таксономический обзор этих видов с указанием хозяев, экстенсивности инвазии (%) и локализации.

Подцарство ПРОСТЕЙШИЕ – PROTOZOA

Тип ЖГУТИКОНОСЦЫ – MASTIGOPHORA Diesing, 1866

Класс КИНЕТОПЛАСТИДЫ – KINETOPLASTOMONADA Honigberg, 1963

Отряд TRYPANOSOMAMODIDA Kent, 1880

Семейство TRYPANOSOMIDAE Doflein, 1911

Trypanosoma carassii (Mitrophanov, 1883)

Хозяин: вобла (11,8%).

Локализация: кровяное русло.

Семейство BODONIDAE Stein, 1878

Cryptobia borelli (Laveran et Mesnil, 1901)

Хозяин: вобла (5,9%).

Локалізація: кров'яне русло.

Costia necatrix (Henneguy, 1884)

Хозяин: сазан (13,3%).

Локалізація: кожа, жабры.

Тип СПОРОВИКИ – SPOROZOA Leuckart, 1872,

emend. Krylov, Dobrovolsky, 1980

Класс КОКЦИДИИ – COCCIDIOMORPHA Doflein, 1901

Отряд COCCIDIDA Labbe, 1889, emend. Krylov, 1980

Семейство Eimeridae Léger, 1911

Eimeria carpelli Léger et Stankovitch, 1921

Хозяин: сазан (20,0%).

Локалізація: стінки кишечника и желчного пузыря.

Тип МИКРОСПОРИДИИ – MICROSPORIDIA Balbiani, 1882

Класс МИКРОСПОРИДИИ – MICROSPORIDEA Corliss et Levine, 1963

Отряд GLUGEIDA Issi, 1983

Семейство GLUGEIDAE Gurley, 1893

Pleistophora siluri Gasimagomedov et Issi, 1970

Хозяин: сом (33,3%).

Локалізація: стінки кишечника.

Тип МИКСОСПОРИДИИ – MYXOZOA

Класс MYXOSPORIDIA Bütschli, 1881

Отряд BIVALVULEA Schulman, 1959

Семейство MYXOBOLIDAE Thélohan, 1892

Myxobolus bliccae Donec et Tozyjakova, 1984

Хозяин: густера (20,0%).

Локалізація: жабры.

M. bramae Reuss, 1906

Хозяева: вобла (35,3%), кутум (20,0%), жерех (15,4%), густера (10,0%), лещ (21,4%), рыбец (25,0%), сазан (66,7%).

Локалізація: кожа, жабры, почки, селезенка, сердце, мышцы, желчный и мочевой пузыри.

M. cyprini Doflein, 1898

Хозяева: вобла (17,7%), сазан (40,0%).

Локалізація: почки, селезенка, мышцы.

M. dispar Thélohan, 1895

Хозяева: кутум (6,7%), сазан (13,3%).

Локалізація: жабры, мышцы, почки, мочевой пузырь.

M. ellipsoides Thélohan, 1892

Хозяин: рыбец (12,5%).

Локалізація: жабры, почки, печень, селезенка.

M. muelleri Bütschli, 1882

Хозяева: вобла (23,5%), кутум (13,3%), густера (20,0%), сазан (33,3%), судак (16,6%).

Локалізація: жабры, подкожная соединительная ткань, печень, почки, селезенка, желчный и мочевой пузыри, глаза.

M. musculi Keysselitz, 1908

Хозяева: вобла (29,4%), шемая (16,7%), рыбец (18,8%), сазан (26,7%).

Локалізація: мышцы, селезенка, печень, почки, мочевой пузырь, головной мозг.

M. oviformis Thélohan, 1882

Хозяева: вобла (11,8%), рыбец (6,3%).

Локалізація: жабры, мышцы, почки, селезенка.

M. pseudodispar Gorbunova, 1936

Хозяева: вобла (5,9%), кутум (6,7%), рыбец (12,5%), сазан (20,0%).

Локалізація: жабры, мышцы, почки, печень, селезенка.

M. rotundus Nemeček, 1911

Хозяин: лещ (14,3%).

Локалізація: почки, мочевой пузырь.

Тип РЕСНИЧНЫЕ – CILIOPHORA Doflein, 1901
Класс ЦИРТОСТОМАТА – Cyrtostomata Jankowski, 1978
Отряд HYPOSTOMATIDA Schewiakoff, 1896
Семейство CHILODONELLIDAE Deroux, 1970
Chilodonella hexasticha (Kiernik, 1909)

Хозяин: окунь (21,4%).

Локализация: поверхность жабр и кожи.

Ch. piscicola (Zacharias, 1894)

Хозяин: окунь (14,3%).

Локализация: поверхность жабр, кожи и плавников.

Класс ПЛЕНЧАТОРОТЫЕ – HYMENOSTOMATA Delage et Hérouard, 1896

Отряд TETRAHYMENIDA Fauré-Fremiet, 1956

Семейство OPHRYOGLENIDAE Kent, 1882

Ichthyophthirius multifiliis Fouquet, 1876

Класс КРУГОРЕСНИЧНЫЕ – Peritricha Stein, 1859

Хозяин: окунь (28,6%).

Локализация: поверхность жабр, кожи и плавников.

Отряд PERITRICHIDA Stein, 1859

Семейство TRICHODINIDAE Claus, 1874

Trichodina caspialosae Dogiel, 1940

Хозяин: килька (31,6%), пузанок (43,8%), черноспинка (36,4%).

Локализация: поверхность жабр, кожи и плавников.

T. jadratica Raabe, 1958

Хозяин: шемая (11,1%), сом (8,3%).

Локализация: поверхность тела и жабр.

Trichodinella epizootica (Raabe, 1950)

Хозяин: окунь (14,3%).

Локализация: поверхность жабр.

Как видно из приведенных данных, среди перечисленных паразитов миксоспоридия *Myxobolus brahamae* отмечена у семи, *M. muelleri* – у пяти, *M. musculi* и *M. pseudodispar* – каждый у четырех, *Trichodina caspialosae* – у трех, *Myxobolus cyprini*, *M. dispar*, *M. oviformis* и *Trichodina jadratica* – каждый у двух видов рыб. Каждый из остальных видов паразитов констатирован только у одного вида рыб. Наиболее частым органом локализации обнаруженных нами паразитов являются жабры, в их тканях было обнаружено 7 видов миксоспоридий, а на их поверхности 1 вид жгутиконосцев и 6 видов инфузорий. Из остальных органов в почках отмечено 9, в селезенке – 7, мышцах – 6, на поверхности тела, на коже и в мочевом пузыре – по 5, в печени – 4, на поверхности плавников, в кровяном русле, стенках кишечника и в желчном пузыре – по 2 вида, в сердце, подкожной соединительной ткани, глазах и головном мозгу – по 1 виду паразитических простейших.

В числе зарегистрированных нами паразитов 7 видов (жгутиконосец *Costia necatrix* и все инфузории) являются эктопаразитами, остальные 14 видов (жгутиконосцы *Trypanosoma carassii* и *Cryptobia borelli*, кокцидия *Eimeria carpelli*, микроспоридия *Pleistophora siluri* и все миксоспоридии) – эндопаразиты. В составе протофауны несколько преобладают виды, развивающиеся со сменой хозяев, к ним относятся 12 видов (жгутиконосцы *Trypanosoma carassii* и *Cryptobia borelli*, все миксоспоридии¹), формы, имеющие простой цикл развития, представлены 9 видами.

Среди исследованных нами рыб наибольшим числом (8) видов паразитических простейших были заражены вобла и сазан. У первой были найдены *Trypanosoma carassii* (11,8%), *Cryptobia borelli* (5,9%), *Myxobolus brahamae* (35,3%), *M. cyprini* (17,7%), *Myxobolus muelleri* (23,5%), *M. musculi* (29,4%), *M. oviformis* (11,8%), *M. pseudodispar* (5,9%), у второго – *Costia necatrix* (13,3%), *Eimeria carpelli* (20,0%), *Myxobolus brahamae* (66,7%), *M. cyprini* (40,0%), *M. dispar* (13,3%), *Myxobolus muelleri* (33,3%), *M. musculi* (26,7%), *M. pseudodispar* (20,0%). За ними по числу видов обнаруженных паразитов (5)

¹ Долгое время считалось, что миксоспоридии имеют простой жизненный цикл (Шульман, 1966), однако в конце прошлого и начале этого столетия многочисленные эксперименты, результаты которых описаны в различных работах (Bartholomew et al., 1997; Ибрагимов, 2007; Okamura et al., 2015 и др.), показали, что эти паразиты развиваются с использованием промежуточного хозяина, в частности олигохет.

следует рыбц: *Myxobolus bramae* (25,0%), *M. ellipsoides* (12,5%), *M. musculi* (18,8%), *M. oviformis* (6,3%), *M. pseudodispar* (12,5%). Далее по числу видов паразитов (4) идут кутум и окунь. У первого отмечены *Myxobolus bramae* (20,0%), *M. dispar* (6,7%), *Myxobolus muelleri* (13,3%), *M. pseudodispar* (6,7%), у второго – *Chilodonella hexasticha* (21,4%), *Ch. piscicola* (14,3%), *Ichthyophthirius multifiliis* (28,6%), *Trichodinella epizootica* (14,3%). У густеры констатированы следующие 3 вида простейших: *Myxobolus bliccae* (20,0%), *M. bramae* (10,0%), *M. muelleri* (20,0%). У шемаи и сома найдено по 2 вида паразитов: у первого – *M. musculi* (16,7%) и *Trichodina jadratica* (11,1%), у второго – *Pleistophora siluri* (33,3%) и *Trichodina jadratica* (8,3%). У остальных видов рыб обнаружено по одному видов простейших: *Trichodina caspialosae* – у кильки (31,6%), пузанка (43,8%) и черноспинки (36,4%), *Myxobolus muelleri* – у судака (16,6%).

Таблица 1.

Количество видов паразитических простейших, обнаруженных у рыб на участках с различной степенью минерализации воды

Названия видов паразитов	2–3 ‰	4–5 ‰	6–7 ‰
<i>Trypanosoma carassii</i>	1	1	
<i>Cryptobia borelli</i>	1		
<i>Costia necatrix</i>	1		
<i>Eimeria carpelli</i>	1	1	
<i>Pleistophora siluri</i>	1	1	
<i>Myxobolus bliccae</i>	1		
<i>M. bramae</i>	1	1	1
<i>M. cyprini</i>	1	1	1
<i>M. dispar</i>		1	
<i>M. ellipsoides</i>	1		
<i>M. muelleri</i>	1	1	1
<i>M. musculi</i>	1	1	1
<i>M. oviformis</i>	1	1	
<i>M. pseudodispar</i>	1	1	1
<i>M. rotundus</i>	1	1	1
<i>Chilodonella hexasticha</i>	1		
<i>Ch. piscicola</i>	1		
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	1		
<i>Trichodina jadratica</i>		1	
<i>T. caspialosae</i>		1	1
<i>Trichodinella epizootica</i>	1		
Число обнаруженных видов	18	13	7

Подавляющее большинство найденных нами паразитических простейших относится к пресноводным формам, в различной степени приспособленным к изменениям минерализации внешней водной среды. Исключением является только инфузория *Trichodina caspialosae* – специфичный паразит сельдевых, которые являются типично морскими рыбами. Пункты сбора материала в устье реки Куры мы условно разделили на три участка: с минерализацией воды 2–3 ‰, 4–5 ‰ и 6–7 ‰. В табл. 1 показано распределение паразитических простейших рыб по различным, по степени минерализации воды, участкам устья Куры. Из приведенных в ней данных видно, что у рыб, выловленных из наиболее опресненного участка (2–3 ‰) устья, отмечено 18, у рыб из промежуточного, по степени минерализации воды, участка (4–5 ‰) – 13, а у рыб из наиболее солоноватоводного участка (6–7 ‰) – 7 видов паразитов. Естественно, что эктопаразиты, непосредственно соприкасаясь с внешней водной средой, подвергаются большему ее воздействию и, если они не обладают достаточной эвригалинностью, не переносят больших колебаний минерализации воды. По этой причине такие типично пресноводные стеногалинные эктопаразиты, как *Costia necatrix*, *Chilodonella hexasticha*, *Ch. piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis* и *Trichodinella epizootica*, найдены только у тех рыб, которые выловлены из участка с наименьшей минерализацией

воды. Первый из них обнаружен у сазана, а все остальные – у окуня, выловленных в сильно опресненном участке устья Куры. В отличие от них, пресноводный эктопаразит *Trichodina jadratica* обладает несколько большей эвригалинностью (Ибрагимов, 2012) и обнаружен нами на участке с минерализацией воды 4–5 ‰. Инфузория *Trichodina caspialosae*, характерная для морских сельдевых, отмечалась на участках со сравнительно повышенной минерализацией воды (4–5 ‰ и 6–7 ‰) и только на своих специфичных хозяевах – кильке, пузанке и черноспинке.

Иначе обстоит дело с эндопаразитами, к которым среди найденных нами паразитов относятся жгутиконосцы, паразитирующие в крови, кокцидии, микроспоридии и миксоспоридии. Заражение этими простейшими происходит преимущественно в пресноводной воде. В частности, переносчиками кровепаразитов *Trypanosoma carassii* и *Cryptobia borelli* являются пресноводные кровососущие пиявки. Попадая в организм рыб, все эти паразиты могут заноситься и в более солоноватоводные акватории. Следует отметить, что и при этом условии не все эти эндопаразиты одинаково широко распространены в исследованном нами районе. Так, среди миксоспоридий во всех трех участках с различной степенью минерализации воды были отмечены только *Myxobolus bramae*, *M. cyprini*, *M. muelleri* и *M. musculi*, которые инвазировали большее, чем другие миксоспоридии, число видов рыб, и зараженность которыми была выше, чем зараженность другими миксоспоридиями.

Среди обнаруженных нами паразитических простейших имеются 7 видов – жгутиконосец *Costia necatrix*, кокцидия *Eimeria carpelli*, миксоспоридия *Myxobolus muelleri*, инфузории *Chilodonella hexasticha*, *Ch. piscicola*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodinella epizootica*, которые являются патогенными для рыб (Бауер и др., 1977; Головина и др., 2003). В связи с тем, что зараженность исследованных нами рыб этими паразитами была не очень высокой, патогенных явлений, вызванных ими, мы не наблюдали. Однако наличие этих возбудителей все же следует учитывать при проведении рыбохозяйственных мероприятий.

Заключение

В результате паразитологических исследований 202 экз. рыб, относящихся к 14 видам, проведенных в 2014–2016 годах в устье реки Куры, выявлен 21 вид паразитических простейших, относящихся к 5 типам, 7 классам, 7 отрядам и 8 семействам. В составе протофауны эндопаразиты (14 видов) значительно преобладали над эктопаразитами (7 видов), а формы, развивающиеся со сменой хозяев (12 видов), над формами, имеющими простой цикл развития (9 видов). Большинство обнаруженных паразитов имеет пресноводное происхождение, поэтому у рыб, выловленных в сильно опресненном участке устья Куры, констатировано больше видов паразитов, чем на участках с более минерализованной водой. Установлено, что, в отличие от эктопаразитов, пресноводные эндопаразиты, заражение которыми происходит в пресной воде, в организме рыб переносятся и на более минерализованные участки. Среди всех обнаруженных простейших 7 видов являются возбудителями заболеваний рыб. Однако, в связи с не очень высокой зараженностью рыб, патогенных явлений, вызванных этими паразитами, не наблюдалось.

Список литературы

- Абдурахманов Ю.А. Рыбы пресных вод Азербайджана. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1962. – 405с. /Abdurakhmanov Yu.A. Freshwater fish of Azerbaijan. – Baku: Publishing House of the Academy of Sciences of Azerbaijan SSR, 1962. – 405p./
- Бауер О.Н., Мусселиус В.А., Николаева В.М., Стрелков Ю.А. Ихтиопатология. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 431с. /Bauer O.N., Musselius V.A., Nikolayeva V.M., Strelkov Yu.A. Ichthyopathology. – Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1977. – 431p./
- Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 122с. /Bykhovskaya-Pavlovskaya I.Y. Parasites of fish. Study guide. – Leningrad: Nauka, 1985. – 122p./
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н. Ихтиопатология. – М.: Мир, 2003. – 448с. /Golovina N.A., Strelkov Yu.A., Voronin V.N. Ichthyopathology. – Moscow: Mir, 2003. – 448p./
- Ибрагимов Ш.Р. Современные представления о жизненном цикле миксоспоридий // Матер. IV Международ. школы по теорет. и морской паразитологии. – Калининград, 2007. – С. 14–18. /Ibragimov Sh.R. Modern ideas about the life cycle of myxosporeans // Materials of IV International school on theoretical and marine parasitology. – Kaliningrad, 2007. – P. 14–18./
- Ибрагимов Ш.Р. Паразиты и болезни рыб Каспийского моря (эколого-географический анализ, эпизоотологическая и эпидемиологическая оценка). – Баку: Элм, 2012. – 400с. /Ibragimov Sh.R. Parasites and diseases of fish of the Caspian Sea (ecological and geographical analysis, epidemiological and epidemiological assessment). – Baku: Elm, 2012. – 400p./

- Микаилов Т.К. Паразиты рыб водоемов Азербайджана (систематика, динамика и происхождение). – Баку: Элм, 1975. – 299с. /Parasites of fish of water bodies of Azerbaijan (systematics, dynamics and origin). – Baku: Elm, 1975. – 299p./
- Микаилов Т.К., Ибрагимов Ш.Р. Экология и зоогеография паразитов рыб водоемов Ленкоранской природной области. – Баку: Элм, 1980. – 115с. /Mikailov T.K., Ibragimov Sh.R. Ecology and zoogeography of parasites of fish of water bodies of the Lenkoran natural area. – Baku: Elm, 1980. – 115p./
- Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т.1. Паразитические простейшие. – Л.: Наука, 1984. – 428с. /Key to identification of the parasites of freshwater fish of the fauna of the USSR. –Vol.1. Parasitic protozoa. – Leningrad: Nauka, 1984. – 428p./
- Определитель паразитов позвоночных Черного и Азовского морей. – Киев: Наукова думка, 1975. – 551с. /Key to identification of the parasites of vertebrates of the Black and Azov Seas. – Kiev: Naukova dumka, 1975. – 551p./
- Пронина С.В., Пронин Н.М. Методическое пособие по гидропаразитологии (Часть 1. Техника паразитологических исследований и паразитические простейшие). – Улан-Удэ, 2007. – 52с. /Pronina S.V., Pronin N.M. Methodological manual on hydroparasitology (Part 1. Technique of parasitological research and parasitic protozoa). – Ulan-Ude, 2007. – 52p./
- Шакаралиева Е.В. Трематоды рыб пресноводных водоемов Азербайджана. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – Баку, 2018. – 40с. /Shakaraliyeva Ye.V. Trematodes of fish of freshwater reservoirs of Azerbaijan. Author's abstract of dissertation for the degree of Doctor of Sciences, Biology. – Baku, 2018. – 40p./
- Шульман С.С. Микоспоридии фауны СССР. – М.-Л.: Наука, 1966. – 507с. /Shulman S.S. Myxosporidia of the fauna of the USSR. Moscow-Leningrad: Nauka, 1966. – 507p./
- Bartholomew J.L., Whipple M.J., Stevens D.G., Fryer J.L. The life cycle of *Ceratomyxa shasta*, a myxosporean parasite of salmonids, requires a freshwater polychaete as an alternate host // Am. J. Parasitol. – 1997. – Vol.83. – P. 859–868.
- Ibrahimov Sh.R., Shakaraliyeva Y.V. The ecological peculiarities of circulation of the fish trematodes in the water bodies of Azerbaijan // Proceedings of the “Man and biosphere” (MaB UNESCO) Azerbaijan National Committee / Ecological Civilization, Sustainable Development, Environment. – 2017. – Vol.12. – P. 31–38.
- Ismayilov Ch. Ecology of the Caspian Sea and adjacent territories. – Baku: Ayna, 2005. – 127p.
- Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L. Myxozoan evolution, ecology and development. – Springer International Publishing, Switzerland, 2015. – 441p.
- Potential Ramsar sites of Azerbaijan / Ed. E.Sultanov et al. – Baku: Wetland International Publication, 2000. – 152p.

Представлено: М.М.Ахундов / Presented by: M.M.Akhundov

Рецензент: С.Ю.Утевський, М.Ю.Шрестха / Reviewer: S.Yu.Utevsky, M.Yu.Shrestkha

Подано до редакції / Received: 19.10.2018

About the authors: S.N.Mamedova – Azerbaijan Medical University, Rashid Behbudov Str., 134, Baku, Azerbaijan, AZ1014, seva_mam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3682-5915>
Sh.R.Ibrahimov – Institute of Zoology, Azerbaijan National Academy of Sciences, A.Abbas-zadeh Str., passage 1128, block 504, Baku, Azerbaijan, AZ1004, shaig.ib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9040-3000>

Про авторів: С.Н.Мамедова – Азербайджанський медичний університет, вул. Рашида Бейбутова, 134, Баку, Азербайджан, AZ1014, seva_mam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3682-5915>
Ш.Р.Ібрагімов – Інститут зоології НАН Азербайджану, вул. А.Аббасзаде, проїзд 1128, квартал 504, Баку, Азербайджан, AZ1004, shaig.ib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9040-3000>

Об авторах: С.Н.Мамедова – Азербайджанский медицинский университет, ул. Рашида Бейбутова, 134, Баку, Азербайджан, AZ1014, seva_mam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3682-5915>
Ш.Р.Ибрагимов – Институт зоологии НАН Азербайджана, ул. А.Аббасзаде, проезд 1128, квартал 504, Баку, Азербайджан, AZ1004, shaig.ib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9040-3000>

УДК: 576.895.122

**Гельмінтофауна свійських водоплавних птахів (гуска – *Anser anser dom.*
і качка – *Anas platyrhynchos dom.*) Нахчіванської АР**
М.І.Сеїдбейлі, С.Г.Магеррамов

Гельмінти, викликаючи різні захворювання, негативно впливають на якість м'яса, несучість, продуктивність та інші характеристики свійських водоплавних птахів, які є продуктами харчування. Для запобігання вищеперелічених явищ вперше з 2014 по 2018 рр. в усіх районах Нахчіванської АР (Бабек, Джулфа, Шарур, Кенгерлі, Шахбуз, Ордубад і Седерек) були проведені комплексні гельмінтологічні дослідження і повний гельмінтологічний розтин 359 свійських водоплавних птахів, у яких було виявлено 14 видів гельмінтів (3 види цестод – *Fimbriaria fasciolaris*, *Tschertkovilepis setigera*, *Drepanidotaenia lanceolata*, 2 види трематод – *Notocotylus attenuatus*, *Hypoderaeum conoideum* і 9 видів нематод – *Amidostomum anseris*, *Trichostrongylus tenius*, *Capillaria obsignata*, *Ganguleterakis dispar*, *Tetrameres fissispina*, *Heterakis gallinarum*, *Ascaridia galli*, *Porraceum crassum*, *Thominx contorta*). З них 11 видів було відзначено у свійських гусей, 12 видів у свійських качок. Спільними і для гусей, і для качок є 9 видів (3 види цестод, 2 види трематод і 4 види нематод). Наявність такої великої кількості загальних видів паразитів для обох видів птахів можна пояснити утриманням цих птахів в однакових умовах з аналогічним харчуванням в одних і тих самих господарствах. Відсоток зараженості гельмінтами гусей і качок звагалі по Нахчіванській АР становить 46,5%. Окремо відсоток зараженості в АР у гусей 45,1%, а у качок 48,0%. Найбільшу кількість видів паразитів по районах було відзначено: Бабек – 12 видів, Шарур – 9 видів і Кенгерлі – 8 видів. З 14-ти видів гельмінтів, зазначених на території Нахчіванської АР, 3 види (*Ganguleterakis dispar*, *Amidostomum anseris*, *Trichostrongylus tenius*) були зафіксовані у всіх 7 районах з високою екстенсивністю й інтенсивністю інвазії. Знаходження цих всіх 3 видів нематод в різних районах, які відрізняються один від одного екологічними умовами, та їх широке поширення у цих хазяїв можна пояснити тим, що у них простий цикл розвитку, і головне, що всі вони є специфічними паразитами свійських водоплавних птахів.

Ключові слова: Нахчіванська АР, *Anser anser dom.*, *Anas platyrhynchos dom.*, гельмінтофауна.

**Helminth fauna of domestic waterfowl (goose – *Anser anser dom.* and
duck – *Anas platyrhynchos dom.*) of Nakhchivan AR**
M.I.Seyidbeyli, S.H.Maharramov

Helminths, causing various diseases, have a negative impact on the quality of meat, egg production, productivity and other characteristics of domestic waterfowl that is an important source of a number of ration components. To prevent the above facts, for the first time from 2014 to 2018, complex helminthological studies were carried out in all regions of the Nakhchivan AR (Babek, Julfa, Sharur, Kengerli, Shahbuz, Ordubad and Sederek) and 359 domestic waterfowl hosts were subjected to complete helminthological autopsy to find 14 helminth species (three species of cestodes – *Fimbriaria fasciolaris*, *Tschertkovilepis setigera*, *Drepanidotaenia lanceolata*, two species of trematodes – *Notocotylus attenuatus*, *Hypoderaeum conoideum* and 9 nematode species – *Amidostomum anseris*, *Trichostrongylus tenius*, *Capillaria obsignata*, *Ganguleterakis dispar*, *Tetrameres fissispina*, *Heterakis gallinarum*, *Ascaridia galli*, *Porraceum crassum* and *Thominx contorta*). Of these, 11 species were observed in domestic geese and 12 species in domestic ducks. Common for both geese and ducks are 9 species (3 species of cestodes, 2 species of trematodes and 4 species of nematodes). The presence of such a large number of common species of parasites for both species of birds can be explained by keeping these birds under identical conditions with similar nutrition in the same farms. The percentage of helminth infection of geese and ducks in general for the Nakhchivan AR is 46.5%. Separately, the percentage of infection in the AR in geese is 45.1%, and in ducks 48.0%. The largest number of species of parasites by regions was recorded: Babek – 12 species, Sharur – 9 species and Kengerli – 8 species. Of the 14 species of helminths recorded on the territory of the Nakhchivan Autonomous Republic, three species (*G. dispar*, *A. anseris*, *T. tenius*) were recorded in all 7 regions with high prevalence and intensity of infection. The finding of these all 3 species of nematodes in different regions differing from each other in ecological conditions and their widespread distribution in these hosts can be explained by the fact that they have a simple cycle of development, and most importantly, that all of them are specific parasites of domestic waterfowl.

Key words: Nakhchivan AR, *Anser anser dom.*, *Anas platyrhynchos dom.*, helminth fauna.

Гельмінтофауна домашніх водоплаваючих птахів (гусь – *Anser anser dom.* і утка – *Anas platyrhynchos dom.*) Нахчыванскої АР М.И.Сеїдбейлі, С.Г.Магеррамов

Гельмінти, викликаючи різні захворювання, викликають негативний вплив на якість м'яса, яйценоскість, продуктивність і інші характеристики домашніх водоплаваючих птахів, які є продуктами харчування. Для запобігання вищепереліченим явищам вперше з 2014 по 2018 рр. у всіх районах Нахчыванскої АР (Бабек, Джульфа, Шарур, Кенгерлі, Шахбуз, Ордубад і Седерек) були проведені комплексні гельмінтологічні дослідження і підтвержені повністю гельмінтологічному виявленню 359 домашніх водоплаваючих птахів, у яких було виявлено 14 видів гельмінтів (3 види цестод – *Fimbriaria fasciolaris*, *Tschertkovilepis setigera*, *Drepanidotaenia lanceolata*, 2 види трематод – *Notocotylus attenuatus*, *Hypoderaeum conoideum* і 9 видів нематод – *Amidostomum anseris*, *Trichostrongylus tenuis*, *Capillaria obsignata*, *Ganguleterakis dispar*, *Tetrameres fissispina*, *Heterakis gallinarum*, *Ascaridia galli*, *Porraceum crassum*, *Thominx contorta*). З них 11 видів було відзначено у домашніх гусей, 12 видів у домашніх уток. Общими і для гусей, і для уток є 9 видів (3 види цестод, 2 види трематод і 4 види нематод). Наявність такого великого числа загальних видів паразитів для обох видів птахів можна пояснити змістом цих птахів в однакових умовах з аналогічним харчуванням в одних і тих же господарствах. Відсоток зараженості гельмінтами гусей і уток в цілому по Нахчыванскої АР становить 46,5%. По окремості відсоток зараженості в АР у гусей 45,1%, а у уток 48,0%. Найбільше кількість видів паразитів по районах було відзначено: Бабек – 12 видів, Шарур – 9 видів і Кенгерлі – 8 видів. З 14-ти видів гельмінтів, відзначених на території Нахчыванскої АР, 3 види (*G. dispar*, *A. anseris*, *T. tenuis*) були зафіксовані во всіх 7 районах з високою екстенсивністю і інтенсивністю інвазії. Знаходження цих всіх 3 видів нематод в різних районах, відрізняються одне від одного екологічними умовами, і їх широке поширення у цих господарств можна пояснити тим, що у них простий цикл розвитку, і головне, що всі вони є специфічними паразитами домашніх водоплаваючих птахів.

Ключові слова: Нахчыванська АР, *Anser anser dom.*, *Anas platyrhynchos dom.*, гельмінтофауна.

Введення

Повищення якості продуктів харчування, а також м'яса птахів зберігає свою актуальність, а, відповідно, на порядку дня все ще стоїть питання вивчення захворювань, причин їх виникнення, підготовки профілактичних заходів і заходів боротьби з гельмінтами. Метою науково-дослідницьких робіт в цьому напрямку в першу чергу є виявлення видового складу гельмінтів, які є збудителями захворювань в районах, включених в дослідження. Фауна паразитів (гельмінтів), викликаючи різні захворювання, викликаючи негативний вплив на якість м'яса, яйценоскість, продуктивність і інші характеристики домашніх водоплаваючих птахів (*Anser anser dom.*, *Anas platyrhynchos dom.*), які є продуктами харчування, була і раніше вивчена в різний час в різних районах Азербайджану. Вперше на території Азербайджанської Республіки гельмінтологічні дослідження домашніх водоплаваючих птахів були проведені М.К.Джавадовим в 1934–1935 рр. (Джавадов, 1935). В наступні роки була виконана об'ємна робота в формі докторської дисертації З.М.Шахтахтинської (1959), в якій були досліджені домашні утки в Азербайджані і показано, що 96,1% всіх досліджуваних птахів були заражені гельмінтами: *E. recurvatum*, *H. conoideum*, *H. setigera*, *D. coronula*, *D. collaris*, *D. lanceolata*, *A. boschadis*, *G. dispar*. Окреме крупномасштабне дослідження, присвячене гельмінтозам і гельмінтофауні домашніх водоплаваючих птахів, було проведено Н.М.Шириновим (1961). В ході роботи дослідник відзначив, що зараженість домашніх водоплаваючих птахів паразитами становить 98,7% (утки – 98,2%). У гусей і уток в Азербайджані було відзначено 46 видів паразитів, з яких 38 видів були виявлені у уток. У домашніх уток було знайдено і описано 2 нові види паразитів (*Psilochasmus gaibova nov. sp.*, *Psilorchis caspicus nov. sp.*). Відповідно до результатів досліджень С.М.Вахідової (1978), 85% досліджуваних уток були заражені гельмінтами, і у них було знайдено 34 види паразитів. В останні роки широкомасштабні дослідження гельмінтофауни домашніх водоплаваючих птахів були проведені Ф.Г.Рзаєвим (2007–2016 рр.), який брав участь в численних експедиціях по різних районах Азербайджану (Абшерон, Шабран, Хідат, Джалилабад, Кюрдамир, Ленкорань, Агсу, Кедабек) і, дослідивши велику кількість домашніх водоплаваючих птахів, встановив у них 19 видів гельмінтів (5 видів цестод, 4 види трематод, 10 видів нематод)

(Рзаев, 2008, 2011, 2015).

Несмотря на то, что на территории Азербайджанской республики в различные годы в различных районах велись научно-исследовательские работы по изучению гельминтофауны домашних водоплавающих птиц, на территории Нахчыванской АР до настоящего времени такие исследования не проводились. Именно поэтому проведение на данной территории в общем и по различным районам в частности исследовательских работ имеет огромное и теоретическое, и практическое значение. Целью данной работы было изучение гельминтофауны домашних водоплавающих птиц в различных районах Нахчыванской АР.

Материал и методика

Исследовательская работа проводилась в 2014–2018 гг. на основе гельминтологического материала, полученного из домашних гусей и уток, выращенных в частных птицеводческих хозяйствах, расположенных на территории Нахчыванской АР в районах Бабек (Гузнут (39°07'53.0"N 45°32'19.7"E), Чешмебасар (39°07'45.6"N 45°31'07.9"E), Вайхыр (39°21'05.4"N 45°28'00.4"E), Култепе (39°16'30.2"N 45°27'11.0"E), Алибад (39°28'24.4"N 45°36'15.4"E), Гошадизе (39°10'18.2"N 45°26'25.6"E), Пайыз (39°24'37.1"N 45°23'01.2"E), Джехри (39°21'05.6"N 45°24'52.3"E), Бузгов (39°31'03.3"N 45°24'15.6"E), Хал-хал (39°20'05.4"N 45°27'35.8"E), Сираб (39°17'35.1"N 45°30'36.5"E), Шихмахмуд (39°15'10.2"N 45°25'43.3"E), Юхары Узуноба (39°17'29.7"N 45°26'37.0"E), Бадашган (39°12'45.9"N 45°26'41.9"E), Тумбул (39°10'15.1"N 45°25'22.0"E), Зейннадин (39°15'05.9"N 45°28'18.8"E), Гарачуг (39°11'20.7"N 45°22'36.4"E), Булган (39°10'53.4"N 45°22'56.3"E), Дидивар (39°18'20.6"N 45°25'58.1"E), Гюльшенабад (39°22'18.9"N 45°23'49.6"E), Незерабад (39°18'44.0"N 45°25'55.0"E), Джулфа (Кырна (39°08'21.5"N 45°39'23.1"E), Милах (39°16'19.0"N 45°44'36.4"E), Бененияр (39°08'51.1"N 45°38'45.8"E), Яйчы (39°56'53.9"N 45°44'03.6"E) и т.д.), Шарур (Дугенде (39°34'31.8"N 44°59'36.1"E), Тумаслы (39°28'09.3"N 45°00'20.7"E), Йенгидже (39°32'51.4"N 44°57'27.0"E), Дашарх (39°29'47.3"N 45°01'01.9"E), Кенгерли (Гывраг (39°24'02.0"N 45°07'05.6"E), Гарабаглар (39°25'45.8"N 45°11'39.9"E), Керки (39°18'36.9"N 45°12'56.3"E) и т.д.), Шахбуз (Биченек (39°30'09.7"N 45°45'51.8"E) и т.д.), Ордубад (Бист (39°08'58.5"N 45°52'53.6"E) и т.д.) и Седерек (39°42'35.0"N 44°53'14.5"E) (рис. 1).

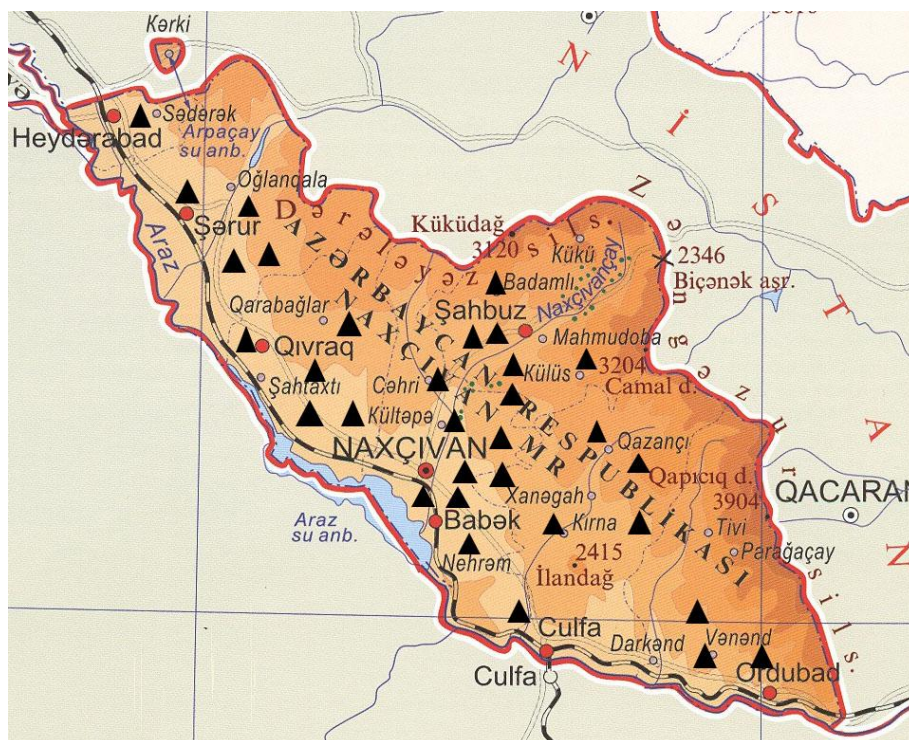


Рис. 1. Обозначенные на карте пункты сбора материала из различных районов Нахчыванской АР

Из вышеуказанных районов было исследовано и подвержено полному паразитологическому вскрытию 359 экземпляров домашних водоплавающих птиц (*Anas platyrhynchos dom.* – 175 экземпляров и *Anser anser dom.* – 184 экземпляров) различного возраста (1–2 года) и разных полов (самки, самцы) (Дубинина, 1971) (табл. 1). Собранные паразиты были зафиксированы в 4% формалине или в 70% этиловом спирте, окрашены (кармин), обезвожены и из них были приготовлены постоянные препараты в канадском бальзаме. Препараты были просмотрены под биноклем МВС-9, исследованы под световым микроскопом, сфотографированы. Определение видов проводилось с помощью определителя К.М.Рыжикова (1967).

Таблица 1.

Количество домашних водоплавающих птиц, исследованных из различных районов Нахчыванской АР

	Бабек	Джулфа	Шарур	Кенгерли	Шахбуз	Ордубад	Седерек	Всего
Домашние гуси	57	18	38	22	16	17	16	184
Домашние утки	53	18	33	19	17	19	16	175
Всего	110	36	71	41	33	36	32	359

Результаты и обсуждение

В 2014–2018 гг. нами впервые были проведены комплексные гельминтологические исследования во всех районах Нахчыванской АР: Бабек, Джулфа, Шарур, Кенгерли, Шахбуз, Ордубад и Седерек. В общем на территории Нахчыванской АР было подвержено полному паразитологическому вскрытию 359 экземпляров домашних водоплавающих птиц (*Anas platyrhynchos dom.* – 175 экземпляров и *Anser anser dom.* – 184 экземпляров) различного возраста (1–2 года) и различного пола (самка, самец). У них было выявлено 14 видов гельминтов (3 вида цестод, 2 вида трематод – и 9 видов нематод) (названия видов приведены в табл. 2). Из них 11 видов было отмечено у домашних гусей (3 вида цестод, 2 вида трематод и 6 видов нематод), 12 видов у домашних уток (3 вида цестод, 2 вида трематод и 7 видов нематод) (рис. 2).

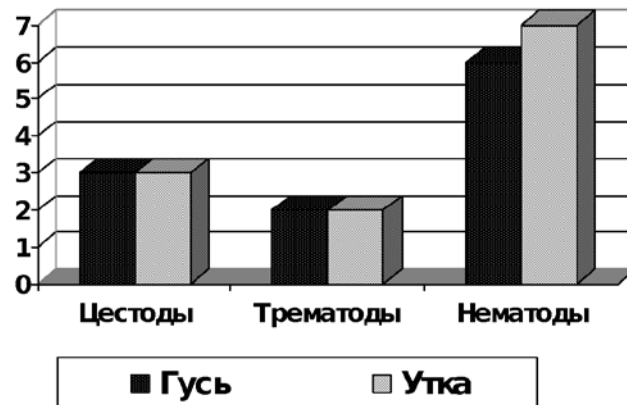


Рис. 2. Количество видов гельминтов у гусей и уток в Нахчыванской АР

Как видно из рис. 2, на территории республики доминирующими являются нематоды. Развитие отмеченных цестод и трематод происходит с участием промежуточных хозяев, что означает, что они являются биогельминтами, то есть паразитами со сложным циклом развития. С этой точки зрения для завершения цикла их развития необходимо присутствие в данном биотопе и промежуточных, и основных хозяев. Большинство найденных нематод являются геогельминтами (кроме 2 видов – *T. fisispina*, *P. crassum*), то есть их развитие предполагает наличие только одного

хозяина. Поэтому доминирование в паразитофауне нематод можно объяснить именно этим фактом. Еще одна группа гельминтов – скребни, которые также являются биогельминтами. Во время исследования гельминтофауны домашних водоплавающих птиц они не были отмечены.

Таблица 2.
Гельминты, отмеченные у домашних уток и гусей на территории Нахчыванской АР и их распределение по районам

Районы		Бабек		Джулфа		Шарур		Кенгерли		Шахбуз		Ордубад		Седерек	
Виды		гусь	утка	гусь	утка	гусь	утка	гусь	утка	гусь	утка	гусь	утка	гусь	утка
Цестоды															
1	<i>Fimbriaria fasciolaris</i>	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
2	<i>Tschertkovilepis setigera</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
3	<i>Drepanidotaenia lanceolata</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Трематоды															
4	<i>Notocotylus attenuatus</i>	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5	<i>Hypoderaeum conoideum</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
Нематоды															
6	<i>Amidostomum anseris</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+
7	<i>Trichostrongylus tenius</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
8	<i>Capillaria obsignata</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	<i>Ganguleterakis dispar</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
10	<i>Tetrameres fissispina</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
11	<i>Heterakis gallinarum</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
12	<i>Ascaridia galli</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
13	<i>Porraceum crassum</i>	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
14	<i>Thominx contorta</i>	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Общими и для гусей, и для уток являются 9 видов (3 вида цестод – *F. fasciolaris*, *Tsch. setigera*, *D. lanceolata*, 2 вида трематод – *N. attenuatus*, *H. conoideum* и 4 вида нематод – *A. anseris*, *T. tenius*, *C. obsignata*, *G. dispar*). То, что из 14 обнаруженных видов гельминтов большинство (9 видов) – общие для обоих видов птиц, можно объяснить содержанием этих птиц в одинаковых условиях с аналогичным питанием в одних и тех же хозяйствах (табл. 2), так как у птиц, содержащихся вместе, очень часты случаи реинвазии. За время проведения исследований в Нахчыванской АР наиболее высокой интенсивностью встречаемости, по сравнению с другими паразитами, обладают 4 вида гельминтов (*G. dispar* И.И. – 1–103 экземпляров, *A. anseris* И.И. – 1–76 экземпляров, *T. tenius* И.И. – 1–45 экземпляров, *H. gallinarum* И.И. – 12–221 экземпляр). Все вышеуказанные виды являются нематодами и наряду с этим все они геогельминты. Помимо этого, все виды, кроме *H. gallinarum*, являются специфическими паразитами домашних водоплавающих птиц. Поэтому то, что они встречаются с высокой интенсивностью именно у гусей и уток, вполне объяснимо.

Процент зараженности гельминтами гусей и уток в общем по Нахчыванской АР составляет 46,5%. По отдельности процент зараженности в АР у гусей 45,1%, а у уток 48,0%.

Количество всех гельминтов, собранных от домашних водоплавающих птиц из всех районов Нахчыванской АР, показано на рис. 3. Наибольшая зараженность гельминтами отмечена в Бабекском районе – 12 видов (7 видов у гусей, 9 видов у уток), Шарур – 9 видов (6 видов у гусей, 7 видов у уток) и Кенгерли – 8 видов (5 видов у гусей, 6 видов у уток). В остальных районах зараженность относительно небольшая.

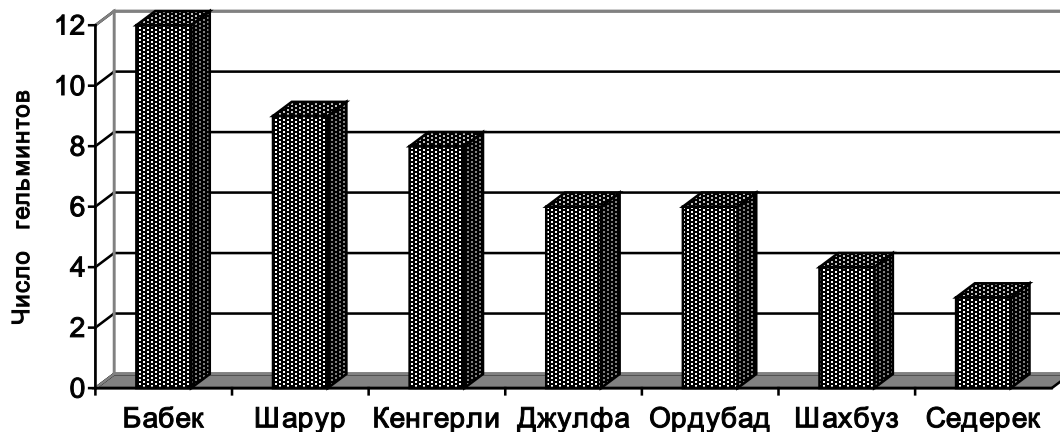


Рис. 3. Распределение видов гельминтов домашних водоплавающих птиц по районам Нахчыванской АР

Экстенсивность зараженности домашних водоплавающих птиц гельминтами выглядит следующим образом: район Бабек в общем – 49,1%, гуси – 49,1%, утки – 49,0%; район Шарур в общем – 54,93%, гуси – 47,37%, утки – 63,63%; район Кенгерли в общем – 48,78%, гуси – 45,45%, утки – 52,63%; район Джульфа в общем – 47,22%, гуси – 44,44%, утки – 50,00%; район Ордубад в общем – 47,22%, гуси – 52,94%, утки – 42,10%; район Седерек в общем – 28,12%, гуси – 31,28%, утки – 25,00%. Анализ вышеприведенных данных показывает, что наиболее высокая интенсивность заражения встречается именно на тех территориях, где отмечено наибольшее количество видов паразитов. Из 14 видов гельминтов, отмеченных на территории Нахчыванской АР, 3 вида (*G. dispar*, *A. anseris*, *T. tenius*) были отмечены с высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии. Тот факт, что перечисленные выше 3 вида гельминтов встречаются в районах с различным экологическим фоном и у различных хозяев, можно объяснить тем, что они имеют простой цикл развития и, что немаловажно, являются специфическими паразитами домашних водоплавающих птиц.

Выводы:

1. Впервые, с 2014 по 2018 гг., во всех районах Нахчыванской АР (Бабек, Джульфа, Шарур, Кенгерли, Шахбуз, Ордубад и Седерек) были проведены комплексные гельминтологические исследования и подвержены полному гельминтологическому вскрытию 359 домашних водоплавающих птиц, у которых было выявлено 14 видов гельминтов (3 вида цестод, 2 вида трематод и 9 видов нематод). Из них 11 видов было отмечено у домашних гусей, 12 видов у домашних уток.

2. Процент зараженности гельминтами гусей и уток в общем по Нахчыванской АР составляет 46,5%. По отдельности процент зараженности в АР у гусей 45,1%, а у уток 48,0%.

3. Наибольшая зараженность гельминтами отмечена в Бабекском районе – 12 видов, Шарур – 9 видов и Кенгерли – 8 видов.

4. Из 14 видов гельминтов, отмеченных на территории Нахчыванской АР, 3 вида (*G. dispar*, *A. anseris*, *T. tenius*) были отмечены с высокой интенсивностью и экстенсивностью инвазии во всех исследованных районах (7 районов).

Список литературы / References

- Вахидова С.М. Гельминты птиц Азербайджана. – Баку: Элм, 1978. – 237с. /Vakhidova S.M. Helminths of birds of Azerbaijan. – Baku, Elm. – 237p./
- Джавадов М.К. К изучению паразитических червей домашних гусей Азербайджана // Труды Аз. НИВИ Баку. – 1935. – Сб.2. – С. 43–45. /Dzhavadov M.K. To the study of parasitic worms of domestic geese of Azerbaijan // Proceedings of the Azerbaijan Scientific Research Veterinary Institute, Baku. – 1935. – Vol.2. – P. 43–45./
- Дубинина М.Н. Паразитологическое исследование птиц. – Ленинград: Наука, 1971. – 140с. /Dubinina M.N. Parasitological study of birds. – Leningrad: Nauka, 1971. – 140p./
- Рзаев Ф.Г. Влияние некоторых экологических факторов на гельминтофауну домашних водоплавающих птиц и на ее современное состояние // Новости НАНА. Биологические науки. – 2008. – Т.65, № 5–6. – С. 114–120. /Rzayev F.H. Influence of some ecological factors on the helminth fauna of domestic waterfowl and its current state // Proceedings of ANAS. Biological Sciences. – 2008. – Vol.65, no. 5–6. – P. 114–120./
- Рзаев Ф.Г. Изучение механизма влияния местных растительных препаратов на патогенных червей домашних водоплавающих птиц Азербайджана. Дисс. ... канд. биол. наук. – Баку, 2011. – 205с. /Rzayev F.H. Study of the mechanism of the effects of local plant preparations on pathogenic worms of domestic waterfowl of Azerbaijan. PhD Thesis. – Baku, 2011. – 205p./
- Рзаев Ф.Г. Сравнительная характеристика гельминтофауны домашних водоплавающих птиц юго-восточной части Азербайджана // Экологический вестник. – 2015. – №2 (32). – С. 101–106. /Rzayev F.H. Comparative characteristics of the helminth fauna of domestic waterfowl in the southeastern part of Azerbaijan // Ekologicheskiy vestnik. – 2015. – No. 2 (32). – P. 101–106./
- Рыжиков К.М. Определитель гельминтов домашних водоплавающих птиц. – Москва: Наука, 1967. – 262с. /Ryzhikov K.M. The determinant of helminths of domestic waterfowl. – Moscow: Nauka, 1967. – 262p./
- Шахтактинская З.М. Гельминты домашних и охотничье-промысловых водоплавающих птиц в Азербайджанской ССР // Работы по гельминтологии к 80-летию акад. К.Н.Скрябина (ВИГИС). – М., 1959. – С. 197–202. /Shakhtaktinskaya Z.M. Helminths of domestic and hunting-commercial waterfowl in the Azerbaijan SSR // Works on helminthology for the 80th anniversary of Academician K.N.Scryabin (WIGIS). – Moscow, 1959. – P. 197–202./
- Ширинов Н.М. Гельминтофауна и гельминтозы домашних водоплавающих птиц Азербайджанской ССР и испытание пиперазин-сульфата при гангулетеракидозе. Дис... канд. вет. наук. – Баку, 1961. – 206с. /Shirinov N.M. Helminthofauna and helminthiases of domestic waterfowl of the Azerbaijan SSR and the test of piperazine-sulphate in case of ganguleterakidosis. PhD Thesis. – Baku, 1961. – 206p./

Представлено: І.Б.Мамедов / Presented by: I.B.Mamedov

Рецензент: С.Ю.Утевський / Reviewer: S.Yu.Utevsky

Подано до редакції / Received: 25.07.2018

About the authors: M.I.Seyidbeyli – Nakhchivan State University, University campus, Nakhchivan, Azerbaijan Republic, AZ7012, m.seyidbeyli@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3458-5222>
S.H.Maharramov – Nakhchivan State University, University campus, Nakhchivan, Azerbaijan Republic, AZ7012, salehmaharramov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0576-6561>

Про авторів: М.І.Сеїдбейлі – Нахчіванський державний університет, Університетське містечко, Нахчіван, Азербайджан, AZ7012, m.seyidbeyli@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3458-5222>
С.Г.Магеррамов – Нахчіванський державний університет, Університетське містечко, Нахчіван, AZ7012, salehmaharramov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0576-6561>

Об авторах: М.И.Сеидбейли – Нахчыванский государственный университет, Университетский городок, Нахчыван, Азербайджан, AZ7012, m.seyidbeyli@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3458-5222>
С.Г.Магеррамов – Нахчыванский государственный университет, Университетский городок, Нахчыван, Азербайджан, AZ7012, salehmaharramov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0576-6561>

UDC: 599.323.6

Особливості біології, живлення та будови нір сліпака звичайного (*Spalax microphthalmus*) на території регіонального ландшафтного парку «Великобурлуцький степ»**Н.В.Токарська**

Представлені нові дані про біологію сліпака звичайного на території регіонального ландшафтного парку «Великобурлуцький степ» (Харківська область, Україна), що стосуються харчування, структури нір, соціальних зв'язків. Протягом року у сліпака звичайного буває тільки один виводок, що складається з 1–3 дитинчат. Всупереч загальній думці про те, що сліпаки ведуть одиночний спосіб життя, нами встановлено спільне проживання самки, самця і цьоголіток на трьох з семи нами досліджених ділянках. Молоді сліпаки розселюються в кінці червня – початку липня. Їх досить часто можна зустріти в цей час на поверхні. У популяції звичайного сліпака з регіонального ландшафтного парку «Великобурлуцький степ» самці характеризуються довжиною тіла 220–260 мм, довжиною задньої ступні 27–30 мм, масою тіла 219–520 гр. Для дорослих самок характерна середня довжина тіла 200–250 мм, довжина задньої ступні 26–30 мм, маса тіла коливається від 284 до 409,6 гр. У багатьох екземплярів сліпака на лобі або потилиці є специфічна світла пляма (жовтувато-біла) або біла поздовжня смуга, за якою ми можемо ідентифікувати особин при повторному відлові. Харчуючись підземними частинами рослин, сліпак проробляє дуже довгі ходи, риючи їх горизонтально і близько від поверхні і викидаючи уздовж них великі купи землі (до 0,5 м в діаметрі). Земляні викиди, які відзначають кормові ходи, мають діаметр в основі до 50–60 см. У гніздовій частині нори число житлових камер і камер для запасів досягає 10, розміщуючись на глибині до 3,5 м. Риюча активність сліпаків підвищується в кінці березня – початку квітня і восени в кінці вересня – початку жовтня. Ми неодноразово відзначали появу викидів в зимовий період під час відлиг. Сліпак шкодить землеробству своєю риючою діяльністю (псує оброблені ділянки, підриває рослини та ін.); крім того, місцями сліпаки безпосередньо поїдають бульби картоплі, цибулю та коренеплоди інших рослин. Загальна вага їх запасів може сягати 16 кг. В одній з нір, розкопаних нами біля городів місцевих жителів с. Нестерівка Великобурлуцького району Харківської обл., було виявлено 8 кг картоплі, 4 кг моркви, 3 кг коренів лопуха справжнього, 0,6 кг коріння пирію повзучого.

Ключові слова: сліпак звичайний, популяція, просторова структура, чисельність, будова нори, живлення.

Biological characteristics, feeding and structure of tunnels of the greater mole-rat (*Spalax microphthalmus*) in the area of the regional landscape park “Velikoburlutskiy Steppe”**N.V.Tokarskaya**

New data on the greater mole-rat's biology in the territory of the Regional landscape park «Velikoburlutskiy steppe» (Kharkiv region, Ukraine) concerning nutrition, burrow structure and social structure are presented. The greater mole-rat has only one litter consisting of 1–3 pups during the year. Contrary to the prevailing general opinion that mole-rats lead solitary way of life we have found cohabitation of a female, a male and their young of the current year at three of the seven areas of our study. Young mole-rats settle in a new place at the end of June – early July. They can be found above ground often at this time. In the greater mole-rat population from the Regional Park “Velikoburlutskiy steppe” males are characterized by the body length of 220–260 mm, by hind foot length of 27–30 mm, by the body weight of 219–520 g. For adult females the average body length is 200–250 mm, the hind foot length is about 26–30 mm, the body weight ranges from 284 to 409.6 g. Many greater mole-rat specimens on the forehead or occiput have an individual light spot (yellowish-white) or a white longitudinal strip by which we can identify individuals at repeated catching. Eating the underground parts of plants, the mole-rat makes very long tunnels conducting by them horizontally and closely to the surface and throwing along them the large piles of soil (up to 0.5 m in diameter). Soil emissions marking feeding tunnels had a base diameter of up to 50–60 cm. In the nest part of the hole the number of habitable chambers and chambers for stocks can be up to 10, and they are located at the depth of 3.5 m. Digging activity of the mole-rat grows in late March – early April and in the autumn at the end of September – early October. We have repeatedly noted the appearance of emissions in the winter during the thaw. Mole-rats harm the agriculture with their digging activity (damage cultivated areas, digging under the plants and so on); in addition, mole-rats sometimes directly eat potato tubers, onion and other root vegetables. The total weight of one mole-rat stock can reach 16 kg. In one of burrows excavated by us near the vegetable gardens of

locals in Nesterivka village of Velikoburluiskyi district in Kharkiv region we found 8 kg of potatoes, 4 kg of carrots, 3 kg of greater burdock roots, 0.6 kg of couch grass roots.

Key words: *greater mole-rat, population, spatial structure, number, burrow structure, feeding.*

**Особенности биологии, питания и строения нор обыкновенного слепыша (*Spalax microphthalmus*) на территории регионального ландшафтного парка «Великобурлукская степь»
Н.В.Токарская**

Представлены новые данные о биологии обыкновенного слепыша на территории регионального ландшафтного парка «Великобурлукская степь» (Харьковская область, Украина), касающиеся питания, структуры нор, социальных связей. У обыкновенного слепыша в течение года бывает только один выводок, состоящий из одного-трех детенышей. Вопреки принятому общему мнению о том, что слепыши ведут одиночный образ жизни, нами установлено совместное проживание самки, самца и сеголеток на трех из семи нами исследованных участках. Молодые слепыши расселяются в конце июня – начале июля. Их довольно часто можно встретить в это время на поверхности. В популяции обыкновенного слепыша из регионального ландшафтного парка «Великобурлукская степь» самцы характеризуются длиной тела 220–260 мм, длиной задней ноги 27–30 мм, массой тела 219–520 гр. Для взрослых самок характерна средняя длина тела 200–250 мм, длина задней ноги 26–30 мм, масса тела колеблется от 284 до 409,6 гр. У многих экземпляров слепыша на лбу или затылке есть специфическое светлое пятно (желтовато-белое) или белая продольная полоса, по которой мы можем идентифицировать особей при повторном отлове. Питаясь подземными частями растений, слепыш проделывает очень длинные ходы, ведя их горизонтально и близко от поверхности и выбрасывая вдоль них большие кучи земли (до 0,5 м в диаметре). Земляные выбросы, отмечающие кормовые ходы, имеют диаметр основания до 50–60 см. В гнездовой части норы число жилых камер и камер для запасов может достигать 10, размещаясь на глубине до 3,5 м. Роющая активность слепышей повышается в конце марта – начале апреля и осенью в конце сентября – начале октября. Мы неоднократно отмечали появление выбросов в зимний период во время оттепелей. Слепыши вредят земледелию своей роющей деятельностью (порча возделанных участков, подрывание растений и пр.); кроме того, местами слепыши непосредственно поедают клубни картофеля, лук и корнеплоды других растений. Общий вес их запасов может достигать 16 кг. В одной из нор, раскопанной нами возле огородов местных жителей с. Нестеривка Великобурлукского р-на Харьковской обл., было обнаружено 8 кг картофеля, 4 кг моркови, 3 кг корней лопуха большого, 0,6 кг корней пырея ползучего.

Ключевые слова: *обыкновенный слепыш, популяция, пространственная структура, численность, строение норы, питание.*

Introduction

Types of mammals that form the basis of the steppe faunal complex are a very vulnerable part of the modern biodiversity of the steppes of eastern Ukraine. To them it is possible to attribute fully mole-rat (*Spalax microphthalmus*). This grounded the aim of our study: to study feeding habits of the greater mole-rat both in the virgin steppe areas and agricultural fields in the territory of Kharkiv region. In the past the greater mole-rat skins appeared in small amounts in the fur manufacturing (Vinogradov, Gromov, 1952), but now due to the labor-intensive inputs this species is not used for fur. In historical times in some parts of the range it became rare or even extinct, but elsewhere extended its occurrence. In the northern part of the range and in the Volga Region is occurs in small isolated populations and is considered rare. These populations are threatened by habitat loss (ploughing of major habitats). In the southern part of the range (Stavropol Region) in the 1950s, population and range declines occurred because of ploughing. Population density differs significantly in different parts of the range. Maximum densities are found in Central Black Earth Region (Russia) adjacent to Ukrainian territories. Population density there is on the average 3–10 individuals per hectare, however, locally it could reach up to 20. In the southern part of the range the density may be lower, as the arid climate of the steppes is less favorable. Populations are stable and do not undergone periodical fluctuations (Tsytulina, 2008).

Mole-rats harm the agriculture with their digging activity (damage the cultivated areas, digging under the plants and so on); in addition mole-rats sometimes directly eat potato tubers, onions and other root vegetables. We present new data on the species biology in the territory of the Regional landscape park «Velikoburluiskyi steppe» concerning feeding, burrow structure and morphometric characteristics.

Material and methods

For each habitat type, the records were conducted 3–15 times in trial areas of 1 hectare. At the same time all the emissions generated till the time of registration during a given year were taken into the account. Holes excavations were carried out in the territory in May–June 2001–2017. While carrying out excavations we took into the account the number of emissions per the hole, we also determined the depth of the tunnel passage, the diameter and the total length of the hole. Before the registration all the inhabitants of the holes were caught out. During the period of investigations 7 holes were excavated entirely (about 1.5 km in length totally).

For the entire period, 13 individuals were extracted, 8 of them were females, 4 males, 1 – unknown. In addition, measurements of 2 samples were taken, which are stored in the Museum of Natural History of V.N.Karazin Kharkiv National University. Because of a small sample of mined animals, we did not do statistical analysis.

The species composition of plants used by the mole rat as a food was also determined.

Results and discussion

The common fur color tone of a greater mole-rat is buff grayish-brown; it is highly variable between individuals and also depends on the degree of fur shabbiness. The head is relatively lighter than other body parts, gray shades dominate on the belly, and sometimes there are 1–2 white spots of irregular shape (partial albinism). From the nose through the sides of the head there are brushes of not long wiry whiskers, covered by yellowish-white or whitish hairs. Hairs sit compactly on the clearly expressed ridge. The hairs around the mouth are noticeably lighter than ones on the cheeks. The length of hairs on the back is about 10–14 mm. In young individuals' coloration the gray tones dominate. The other mole-rats species may differ in coloration from described for the greater mole-rat either by predominance of dark brown tones, or by the lighter gray or silver shades (Ovchinnikova, 1971).

Many specimens on the forehead or occiput have an individual light spot (yellowish-white) or a white longitudinal strip by which we can identify individuals at repeated catching (Fig. 1).



Fig. 1. Many greater mole-rat specimens have an individual light spot (yellowish-white) or a white longitudinal strip on the forehead or occiput

The greater mole-rat belongs to massive (big) species of the family, yielding in this respect, to the giant mole-rat (*Spalax giganteus*), to the Ural mole-rat (*Spalax uralensis*), and possibly sandy mole-rat (*Spalax arenarius*). According to Ognev (1947), male body length is 203–267 mm, female body length is 197–227 mm and the hind foot length is 23.8–30 mm and 24.1–27.3 mm in males and females respectively. According to Topachevsky (1969) the mole-rat body length reaches 290 mm (232 mm on average), the hind foot length is up to 30 mm (26.3 mm on average). For the mole-rats from Voronezh

region (Russian Federation) there are some other data: the adult body length is 260–315 mm (287 mm on average), the hind foot length is 26–33 mm (29.4 mm on average) (Ovchinnikova, 1971).

The average weight of the animals is 537 g (406–818 g). A female is usually 30–40 % smaller than a male. According to Puzachenko observations (Kursk region, Russian Federation) the average body length for females of 3 years old and older is about 214.4 mm (190–247 mm), the hind foot length is about 27.1 mm (21.5–30.2 mm), the body weight ranges from 120 g to 500 g (359 g on average). In males, the body length is 234 mm on average (200–280 mm), the hind foot length is about 28.6 mm (26.4–30.8 mm), the average body weight is 488.6 g (243–780 g). So, the overall size of the species individuals may vary considerably from place to place. In addition, it has been shown (at the example of one population) that there is a stable polymorphism in body weight and size among males that is less manifested in females (Puzachenko, 2001).

In the greater mole-rat population from the Regional landscape park «Velikoburlutskiyi steppe» males are characterized by the body length of 220–260 mm, by hind foot length of 27–30 mm, by the body weight of 219–520 g. For adult females the average body length is 200–250 mm, the hind foot length is about 26–30 mm, the body weight ranges from 284 to 409.6 g (Table 1).

Table 1.

Morphometric parameters of mole rats

№	Name	Sex	Date of sample	Place	Weight (g)	Lt (cm)	Pl (cm)
1	4	f	04.04.2017	v. Serednii Burluk	409.6	25	2.9
2	11	f	09.04.2017	v. Serednii Burluk	420.5	26	3.0
3	12	f	24.05.2017	v. Serednii Burluk	403.0	27	2.9
4	1	f	04.05.2017	v. Serednii Burluk	284	22	2.8
5	3	f	04.04.2017	v. Serednii Burluk	370	23.5	2.7
6	5	f	-	v. Serednii Burluk	348	20	3
7	6	f	-	v. Nesterivka	370	21	2.6
8	8	f	04.04.2017	v. Nesterivka	335.6	26	3
9	2	m	04.04.2017	v. Serednii Burluk	219	22	2.8
10	7	m	16.06.2009	v. Vvedenki	235	25	3
11	9	m	07.07.2015	v. Nesterivka	520	26	3
12	10	m	16.06.2013	v. Nesterivka	355	25	2.8
13	0	-	12.07.1956	v. Lyptsi	350	22	2.7
14	45 (2596)	m	15.04.1950	Dubovskiy district, Rostovska oblast		24	2.6
15	40 (2600)	m	21.06.1937	Donetska oblast		26	2.9

There are contradictory data about the social structure of mole-rat populations in the literature (Ovchinnikova, 1971a; Topachevsky, 1969). Most authors agree that all adults live separately in independent burrow systems. The research results allowed concluding that social organization of the greater mole-rat is more complex than it was previously thought. The basis of this species population is the family groups of one, or rarely two females and one male. Within the group individuals burrow systems are either joined or in immediate proximity to each other. The individual male lot is usually larger than the female one (excluding feeding tunnels dug by youngsters). The described structure is stable in time and space and breaks up only with the death of one of the partners, or its displacement from the family group area. Some animals (about the half of males) live alone and, that is important, virtually excluded from reproduction (Puzachenko, Vlasov, 1993; Dukelskaya, 1932). The greater mole-rat, like other species of the family, exhibits strong aggression toward relatives. If one of adult opponents does not have the possibility to retreat, then the scuffle is almost always accompanied by death. During the scuffle they usually bite each other's nose, rostrum or ears. Young animals are also exposed to the aggression of adults. At that, young mole-rats start to let out the squeak, which is not used by adults under no circumstances, leading to the halt aggression.

During the year there is only one litter consisting of 1–3 pups. Contrary to the prevailing general opinion that mole-rats lead solitary way of life we have found cohabitation of a female, a male and their young of the current year at three of the seven areas of our study. Young mole-rats settle in a new place at the end of June – early July. They often can be found above ground at this time.

While eating the underground parts of plants the mole-rat makes very long tunnels, sometimes in several tiers. Forage tunnels are placed horizontally and closely to the surface. In this case mole-rats eject large hills (up to 0.5 m in diameter) of soil onto the surface of the earth. These molehills form chains, sometimes reaching 170 meters in length, along the tunnels. The total length of the surface tunnels (with branches) of one mole-rat can reach 300 meters. The nesting site of the hole has a depth of 3.5 m; at this part of barrow, except the nest itself, there are larders for winter stocks storage, and several galleries, connecting different parts of the hole. The scheme of larders localization is in Fig. 2.

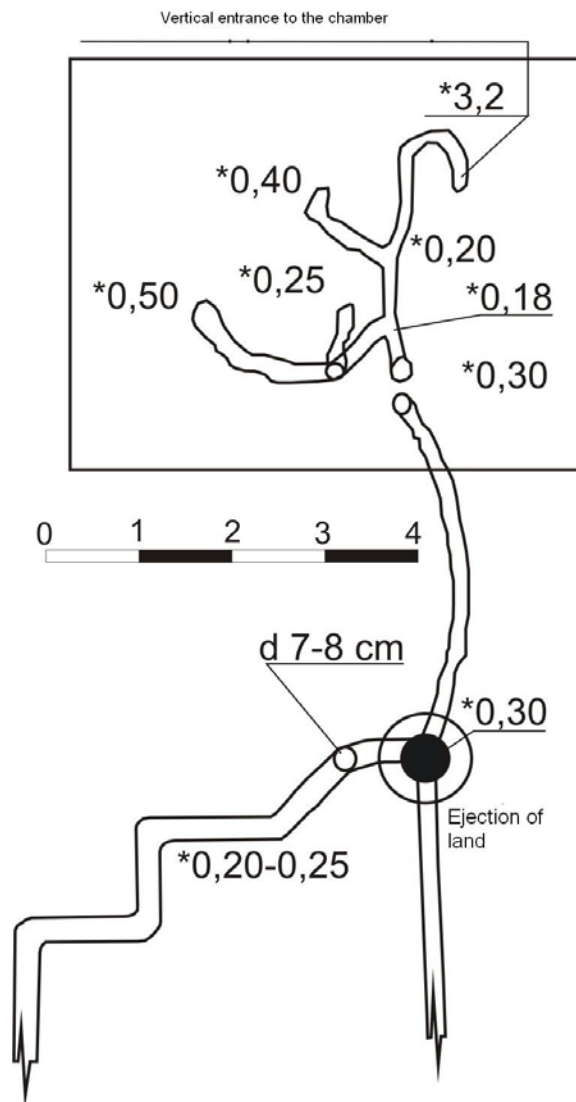


Fig. 2. The scheme of the nesting site of the greater mole-rat hole

As shown by the results of our research the nest chamber is located at a depth of 100–150 cm, usually 2 turns from the socket, which in turn branch out and lead to the main moves, which are at a depth of 15–20 cm from the surface of the earth. Cameras with stocks are near the nest. Sometimes, the mole rat burrow goes deep down to a depth of 3–3.5 m.

The basis of the mole-rat nutrition are the underground parts of plants (rhizomes, tubers, bulbs), of steppe grasses mainly. In spring, April–May, both youngsters and adults prefer the above-ground organs (leaves and stems). Since mid-summer, the underground parts dominate in the diet. The range of fodder plants includes several tens of species and depends on the frequency of particular species occurrence in phytocoenosis. The basis of the mole-rat nutrition in the Central Black Earth region constitutes the

species from Asteraceae, Umbelliferae and Fabaceae families (Ovchinnikova, 1971a). Locally mole-rats harm the cultivated plants, directly eating potato tubers, onions and other edible roots.

S.L.Ovchinnikova (1969) notes that mole-rats are active all the year round making large larders and placing them in different parts of the hole system, primarily in the area of wintering nests. The weight of stored plants is about 10 kg or more per the individual. Up to 13–14 kg of potatoes and sugar beet can be detected in their larders. In summer the mole-rat eats a lot of food per day, the total eaten mass roughly equals to its own mass (about 0.5 kg).



Fig. 3. The stock of forage excavated by us from the greater mole-rat hole near the vegetable gardens of locals in Nesterivka village of Velikoburlutskyi district in Kharkiv region

A.A.Migulin (1938) cites data that in the pantry mall there are only up to 2 kg of different roots. Such as: dandelion, tuberous pea, etc. Our research has shown that the total weight of the stock can be up to 16 kg.

As shown by the results of our research in one camera of one of the holes excavated by us near the vegetable gardens of locals in Nesterivka village of Velikoburluksky district in Kharkiv region it was found 8 kg of potatoes, 4 kg of carrots, 3 kg of burdock roots (*Arctium lappa*), 0.6 kg of couch grass roots (*Elytrigia repens*). As we can see in those cases when the mole-rats settle near the vegetable gardens or directly on them cultivated plants are present in their main diet (Fig. 3).

In Kharkiv region mole-rats are considered to be the pests of agriculture. They spoil mowing grounds and damage the crops of permanent grasses, making impossible their mechanical harvesting. They harm corn crops, as well as onions, potatoes and other root crops. The favorite food of the mole-rat are the underground parts of the dandelion (*Taraxacum sp.*), cow-parsnip (*Heracleum maximum*), wild chicory (*Cichorium intybus*), meadowsweet (*Filipendula ulmaria*), salsify (*Tragopogon sp.*).

It is clear that such stocks are not enough for the mole-rat for whole winter. One can assume that periodically this species falls into hibernation, and eats food resources only when awaking during the winter thaw. We have repeatedly found fresh soil emissions of mole-rat in winter. But this assumption, as well as many other questions of the mole-rat biology, remains open.

Conclusions

1. The greater mole-rat has only one litter consisting of 1–3 pups during the year. Contrary to the prevailing general opinion that mole-rats lead solitary way of life we have found cohabitation of a female, a male and their young of the current year at three of the seven areas of our study. Young mole-rats settle in a new place at the end of June – early July. They can be found above ground often at this time.

2. In the greater mole-rat population from the Regional Park "Velikoburlujskaya steppe" males are characterized by the body length of 220–260 mm, by hind foot length of 27–30 mm, by the body weight of 219–520 g. For adult females the average body length is 200–250 mm, the hind foot length is 26–30 mm, the body weight ranges from 284 to 409.6 g.

3. Many greater mole-rat specimens on the forehead or occiput have an individual light spot (yellowish-white) or a white longitudinal strip by which we can identify individuals at repeated catching.

4. Sometimes, the mole rat burrow goes deep down to a depth of 3–3.5 m; except the nest itself, here there are larders (up to 10) for winter stocks storage, and several galleries, connecting different parts of the hole.

5. The total weight of one mole-rat stock can reach 16 kg. In one of burrows excavated by us near the vegetable gardens of locals in Nesterivka village of Velikoburlujsky district in Kharkiv region we found 8 kg of potatoes, 4 kg of carrots, 3 kg of greater burdock roots, 0.6 kg of couch grass roots.

References

- Dukelskaya N.M. The mole-rat biology and testing of different ways to control them // Plant Protection Proceedings. – 1932. – Vol. 4, issue 2. – P. 23-46. (in Russian)
- Migulin A.A. Animals of URSR. – Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of URSR, 1938. – P.312. (in Ukrainian)
- Ognev S.I. Animals of the USSR and adjacent countries. Vol. 5. – Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1947. – P. 558–641. (in Russian)
- Ovchinnikova S.L. The distribution of a greater mole-rat (*Spalax microptbalmus* Guld.) in the south-east part of Central Black Earth Region // Proceedings of Voronezh University. – 1971. – Issue 93. – P. 80–83. (in Russian)
- Ovchinnikova S.L. The features of the individual life of a greater mole-rat *Spalax microptbalmus* Guld. in the conditions of Central Black Earth Region // Some problems of biology and soil science. – Voronezh, 1969. – P. 54–57. (in Russian)
- Ovchinnikova S.L. The greater mole-rat (*Spalax microphthalmus* Guld.) in the south-east part of Central Black Earth Region (ecology, biological bases of control). Thesis of Candidate of Science in biology. – Voronezh, 1971a. – 17p. (in Russian)
- Puzachenko A.Yu. Intrapopulation variability of the greater mole-rat *Spalax microphthalmus* (Spalacidae, Rodentia) skull. 1. Methods of data analysis. Non-age variability of males // Zoology Journal. – 2001. – Vol. 80, issue 3. – P. 1–15. (in Russian)
- Puzachenko A.Yu., Vlasov A.A. The digging activity of greater mole-rat *Spalax microphthalmus* Guld (Spalacidae, Rodentia) // Zoology Journal. – 1993. – Vol. 72, issue 11. – P. 91–103. (in Russian)
- Topachevsky V.A. Mole rats // Fauna of the USSR. Mammals. Vol. 3, no. 3. – Leningrad: Nauka, 1969. – P. 1–248. (in Russian)
- Tsytsulina K., Formozov N., Zagorodnyuk I., Sheftel B. *Spalax microphthalmus* // IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. – International Union for Conservation of Nature, 2008.
- Vinogradov B.S., Gromov I.M. Rodents fauna of the USSR. – Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1952. – P. 175–177. (in Russian)

Представлено: І.В.Дикий / Presented by: I.V.Dykyu

Рецензент: О.В.Брандлер / Reviewer: O.V.Brandler

Подано до редакції / Received: 17.04.2018

About the author: N.V.Tokarskaya – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, n.tokarskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2655-9294>

Про автора: Н.В.Токарська – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, n.tokarskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2655-9294>

Об авторе: Н.В.Токарская – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, n.tokarskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2655-9294>

••• ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН ••• ••• PHYSIOLOGY OF HUMAN AND ANIMALS •••

УДК: 616.2-022

Лікарсько-індуковані інтерстиціальні ураження легень О.С.Більченко, К.О.Красовська, О.В.Веремєнко, Т.Ю.Хіміч

Лікарсько-індуковані інтерстиціальні ураження легень (ЛІУЛ) є однією з найбільш частих форм лікарських пневмопатій, становлять близько 3% в структурі всієї інтерстиціальної патології легень. Лікарські засоби індукують різні варіанти ураження паренхіми легень, які нерідко поєднують кілька патогістологічних патернів. Діагностика ЛІУЛ представляє великі проблеми, оскільки відсутні специфічні клінічні, клініко-морфологічні зміни і специфічні маркери. Діагноз залежить від хронологічної залежності між прийомом препарату і розвитком симптомів та підтверджується поліпшенням загального стану пацієнтів після відміни лікування. Метою даної роботи було вивчення впливу різних препаратів на розвиток ЛІУЛ, клінічних діагностичних критеріїв, характерних рентгенологічних і КТ ознак, а також прогнозу подальшого перебігу захворювань. Ми спостерігали 12 хворих з ЛІУЛ, які були розділені на 2 групи: 1 групу склали 4 хворих з аміодароновою легенею, 2 групу – 8 хворих, у яких при комп'ютерній томографії органів грудної клітки (КТ ОГК) було виявлено інтерстиціальне ураження легеневої тканини у вигляді «матового скла», це дало нам підстави діагностувати ЛІУЛ у хворих, яким КТ ОГК було зроблено в зв'язку з передбачуваною у 3-х хворих бронхокарциномою, у 3-х хворих – затяжною пневмонією і у 2-х хворих – хронічним обструктивним захворюванням легень з лихоманкою. Усі хворі приймали тривалий час антибіотики різних груп, інгібітори АПФ, бета-блокатори. Діагноз ЛІУЛ поставлений на підставі анамнезу хворих, даних КТ дослідження, а також позитивної динаміки загального стану пацієнтів після скасування вищезазначених препаратів. Труднощі діагностики нерідко обумовлені пізньою клініко-рентгенологічною маніфестацією або відсутністю поліпшення стану після припинення прийому потенційно «винного» препарату. Однак діагностика ЛІУЛ є надзвичайно важливою, оскільки в багатьох випадках скасування препарату сприяє припиненню патологічного процесу.

Ключові слова: лікарсько-індуковані інтерстиціальні ураження легень, аміодаронова легеня, інгібітори АПФ, діагностичні помилки.

Drug-induced interstitial lung lesions O.S.Bilchenko, K.O.Krasovska, O.V.Veremeenko, T.U.Khimich

Drug-induced interstitial lung lesions (DIILL) are one of the most common forms of drug pneumopathy. DIILL account is about 3% in the structure of the entire interstitial lung pathology. Drugs induce various types of lesions of the lung parenchyma, often combining several histopathological patterns. Diagnostics of DIILL deals with many problems, since there are no specific clinical, morphological changes and specific markers. The diagnosis depends on the chronological dependence between taking the drug and the development of symptoms, and is confirmed by an improvement in the general condition of the patients after discontinuation of treatment. The aim of the work was to study the effect of various drugs on the development of DIILL, clinical diagnostic criteria, characteristic CT (computed tomography) and X-ray features, as well as the prognosis of the future course of the disease. We observed 12 patients with DIILL, which were divided into 2 groups: 1st group consisted of 4 patients with amiodarone lung, 2nd group of 8 patients, in which CT of the chest organs revealed an interstitial lesion of the lung tissue in the form of "frosted glass". This gave us a reason to diagnose DIILL in patients who had CT scan in connection with suspected bronchocarcinoma in 3 patients, prolonged pneumonia in 3 patients and chronic obstructive pulmonary disease in 3 patients with fever. All patients took antibiotics of different groups a long time, ACE inhibitors, beta-blockers. The diagnosis of DIILL was made on the basis of the anamnesis of the patients, the CT data, as well as the positive dynamics of the general condition of the patients after the cancellation of the above medication. Diagnostic difficulties are often caused by late clinical and radiological manifestations or the lack of improvement after stopping the potentially "guilty" drug. However, timely diagnosis of DIILL is extremely important, since in many cases, the cancellation of the medication contributes to the resolution of the pathological process.

Key words: drug-induced interstitial lung lesions, amiodarone lung, ACE inhibitors, diagnostic errors.

Лекарственно-индуцированные интерстициальные поражения легких
О.С.Бильченко, Е.А.Красовская, О.В.Веремеенко, Т.Ю.Химич

Лекарственно-индуцированные интерстициальные поражения легких (ЛИИПЛ) – одна из наиболее частых форм лекарственных пневмопатий, составляют около 3% в структуре всей интерстициальной патологии легких. Лекарственные средства индуцируют разные варианты поражения паренхимы легких, нередко сочетающие несколько патогистологических паттернов. Диагностика ЛИИПЛ представляет большие проблемы, так как отсутствуют специфические клинические, клинико-морфологические изменения и специфические маркеры. Диагноз зависит от хронологической зависимости между приемом препарата и развитием симптомов, и подтверждается улучшением общего состояния пациентов после отмены лечения. Целью работы было изучение влияния различных препаратов на развитие ЛИИПЛ, клинических диагностических критериев, характерных рентгенологических и КТ признаков, а также прогноза дальнейшего течения заболеваний. Мы наблюдали 12 больных с ЛИИПЛ, которые были разделены на 2 группы: 1 группу составили 4 больных с амиодароновым легким, 2 группу – 8 больных, у которых при компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) было обнаружено интерстициальное поражение легочной ткани в виде «матового стекла», это дало нам основания диагностировать ЛИИПЛ у больных, которым КТ ОГК было сделано в связи с предполагаемой у 3-х больных бронхокарциномой, у 3-х больных – затяжной пневмонией и у 2-х больных – хроническим обструктивным заболеванием легких (ХОЗЛ) с лихорадкой. Все больные принимали длительное время антибиотики разных групп, ингибиторы АПФ, бета-блокаторы. Диагноз ЛИИПЛ поставлен на основании анамнеза больных, данных КТ исследования, а также положительной динамики общего состояния пациентов после отмены вышеперечисленных препаратов. Трудности диагностики нередко обусловлены поздней клинико-рентгенологической манифестацией или отсутствием улучшения состояния после прекращения приема потенциально «виновного» препарата. Однако диагностика ЛИИПЛ является чрезвычайно важной, т.к. во многих случаях отмена препарата способствует прекращению патологического процесса.

Ключевые слова: *лекарственно-индуцированные интерстициальные поражения легких, амиодароновое легкое, ингибиторы АПФ, диагностические ошибки.*

Вступ

Лікарська хвороба, яку виділив Є.М.Тарєєв в 1955 році (Тарєєв, 1955), як самостійна нозологічна одиниця, отримує в наш час все більшого поширення. При цьому досить велика кількість побічних реакцій лікарської терапії припадає на ураження легень. Вперше лікарське ураження легень описано W.Osler 1882 р. у хворого на некардіогенний набряк легень, в якого він розвинувся внаслідок прийому опіатів. Без сумніву, проблема вивчення ускладнень, викликаних лікарськими засобами, з'явилася з моменту початку масового промислового виробництва і використання лікарських препаратів. Так, наприклад, у 1937 р. в США в результаті застосування сульфаніламідів, розчиненого в токсичній речовині діетиленгліколі, загинули 107 хворих. Схожа ситуація повторилася через 60 років в Гаїті, де 109 дітей отримали отруєння різного ступеня тяжкості при прийомі сиропу ацетамінофену, що містить домішки діетиленгліколю. При цьому 88 дітей загинули через розвиток гострої ниркової недостатності. У Франції в 1954 р. отруєння препаратом сталінол призвело до загибелі 100 осіб, в результаті талідомідової трагедії постраждали тисячі новонароджених (Астахова, Лепяхин, 2008; Бабанов і др., 2011).

Точні статистичні дані про захворюваність ЛІІПЛ у всьому світі відсутні. Кілька досліджень показують, що токсичні впливи препаратів на легені недооцінюються в усьому світі.

Справжня частота лікарського ураження легень (ЛУЛ) значно вище за наступних причин: недоповідомлення («знаю, але мовчу»), ЛУЛ нагадують традиційні ураження легень, відсутні специфічні маркери ЛУЛ. Так, понад 2 млн випадків побічних реакцій на препарати відбуваються щорічно в Сполучених Штатах Америки, включаючи 100 000 смертей (Spear et al., 2002; Lazarou et al., 1998; Weijer, de Blaey, 2002). За даними епідеміологічних досліджень, побічні ефекти лікарської терапії в США і Канаді займають 5–6-е місце в структурі смертності. Частота розвитку їх досягає 17% у госпіталізованих хворих і 4–6% у амбулаторних пацієнтів. У роботі (Hitchen, 2006) вказано, що несприятливі лікарські реакції є причиною 250 000 госпіталізацій на рік у Великобританії. Шведське дослідження показало, що несприятливі лікарські реакції є 7-мою найбільш поширеною причиною смерті (Wester et al., 2008). До 10% пацієнтів, які отримують хіміотерапевтичні препарати, мають несприятливі лікарські реакції (Limper, Rosenow, 1996). Показники статистичних розрахунків в Нідерландах свідчать, що близько 430 млн євро можна було б заощадити щороку при зменшенні

побічних ефектів лікарських препаратів (Beijer, de Blaeu, 2002). Глобальна захворюваність на інтерстиціальні легеневі хвороби незрозуміла, але 2,5–3 % випадків індукуються лікарськими засобами (ЛЗ) (Coultas et al., 1994; Thomer et al., 2001).

За останні 10 років з фармацевтичного ринку Європейського союзу з причин, пов'язаних із недостатньою безпекою, було відкликано 120 препаратів, причому 33% з них – в перші 2 роки продажу. До теперішнього часу цей перелік ЛЗ, здатних викликати лікарську хворобу, надзвичайно широкий і включає близько 700 препаратів (Samus, Bonniaud, 2013). Легені є однією з найбільш частих мішеней лікарських уражень, поступаючись за частотою лише шкірі і травній системі (Samus, Rosenow, 2010). Важливо відзначити, що поняття лікарсько-індукованих уражень виключає патологічні процеси, пов'язані з передозуванням ЛЗ та їх неправильним застосуванням (Ben-Noun, 2000). З одного боку, інтерстиціальний легеневий процес є найбільш частим проявом ЛІУЛ, досягаючи 70% від усіх форм лікарської пневмопатії (Samus et al., 2004), з іншого боку, на частку ЛІУЛ припадає близько 3% в структурі всієї інтерстиціальної патології легень, і це вимагає такого ж діагностичного підходу, як і при інтерстиціальних захворюваннях легень іншого ґенезу або ідіопатичних інтерстиціальних пневмоніях (Schwaiblmair et al., 2012).

Метою даної роботи було вивчення впливу різних препаратів на розвиток ЛІУЛ, клінічних діагностичних критеріїв, характерних рентгенологічних і КТ ознак, а також прогнозу подальшого перебігу захворювань.

Об'єкти і методи дослідження

Ми спостерігали 12 хворих, які були розподілені на 2 групи: 4 хворих з аміодароною легенею і 8 хворих з ЛІУЛ, що діагностоване при КТ ОГК. У пацієнтів 1 групи двоє хворих приймали аміодарон 2 роки по 200 мг з приводу персистуючої форми фібриляції передсердь, двоє хворих по 400 мг більше 6 місяців. Клініка відповідала прогресуючій дихальній недостатності, скарги: на прогресуючу задишку, малопродуктивний кашель, загальну слабкість. Об'єктивно: акроціаноз, у 1-го хворого блакитний колір шкіри обличчя і шиї, ЧДР становила 26–28 у хв, над легенями ослаблене везикулярне дихання, сухі хрипи нижче кутів лопатки, акцент II тону над аортою, ЧСС – від 96 до 102 уд. в хв (в середньому – 99 уд. за хв), УЗД серця: серцевий викид достатній 60%, ознаки підвищення тиску в а. *pulmonalis* – більше 30 мм рт. ст. ФЗД: порушення функції легеневої вентиляції по рестриктивному типу на рівні середніх і дрібних бронхів (ЖЄЛ: 38%, ОФВ1: 42%), на рентгенограмі: двобічний дисемінований процес у нижніх відділах легень, легеневий малюнок посиленний. При КТ дослідженні у всіх хворих відзначалася багатофокусна інфільтрація легеневої тканини, посилення, деформація дрібнокоміркова перебудова легеневого малюнка з поліморфними вогнищеподібними тінями по обидва боки зі зниженням пневматизації легеневої тканини у вигляді «матового скла». Серед пацієнтів 2 групи у 8 хворих ЛІУЛ діагностовано при КТ ОГК, яка проводилася у зв'язку з передбачуваною у 3-х хворих бронхокарциномою, у 3-х хворих – затяжною пневмонією, у 2-х – хронічним обструктивним захворюванням легень з лихоманкою. Всі хворі приймали тривалий час (не менше 3-х тижнів) антибіотики різних груп. 4 хворих приймали інгібітори АПФ протягом тривалого часу. На КТ: багатофокусна інфільтрація легеневої тканини, посилення, деформація, дрібнокоміркова перебудова легеневого малюнка з поліморфними вогнищеподібними тінями по обидва боки. Об'єктивно: задишка, акроціаноз, над легенями хрипи, ЧДР: 26 у хв, ЧСС: 100 у хв, ФЗД: рестриктивний тип (ЖЄЛ: 41%, ОФВ1: 45%), на рентгенограмі: інфільтрація легеневої тканини в нижніх відділах. У 3-х хворих бронхокарцинома виключена після проведення КТ з контрастуванням.

Результати та обговорення

Лікарські засоби, що викликають ЛІУЛ

Фактори, що зумовлюють високий відсоток розвитку ускладнень медикаментозного лікування: підвищений прийом лікувальних препаратів населенням, широке поширення самолікування внаслідок доступності ліків (можливість придбання їх без рецептів), недостатність або запізнювання медичної інформації про побічну дію лікарських засобів, поліпрагмація.

Лікарські засоби, що викликають ЛІУЛ:

* алкілюючі цитостатики та імуносупресори – хлорбутин, циклофосфан, метотрексат, міелосан, меркаптопурин, азатиоприн, 5-фторурацил;

* протипухлинні антибіотики – блеоміцин, мітоміцин;

- * протипухлинні препарати інших класів – прокарбазин, нітрозометилсечовина, урацил-мастард;
- * нітрофурани – фурадонін, фуразолідон і сульфаніламід;
- * вазоактивні препарати, що діють на серцеву систему, – аміодарон, пропранолол, новокаїнамід;
- * протидіабетичні засоби – хлорпропамід;
- * аноректичні препарати – меноцил.

Найбільш часто серед них реєструються аміодарон, нітрофурани, антибактеріальні засоби, цитостатики, нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП), b-блокатори, інгібітори ангіотензинперетворюючого ферменту (ІАПФ) і ін. У розвитку лікарських уражень легень певну роль відіграють такі фактори, як: спадковість, особливості конституції, супутні захворювання, шкідливі звички, поєднання різних методів діагностики і лікування. До можливих причин розвитку ЛІУЛ слід віднести особливості хвороби, з приводу якої приймався ЛЗ, навколишні фактори, які можуть підвищувати шкідливий респіраторний ефект ЛЗ, або професія медичного працівника, інактивація та детоксикація метаболізму ЛЗ, системні реакції на прийом лікарських засобів з боку печінки, порушення функції печінки і/або нирок, алергічні реакції в анамнезі, особливо гормональних реакцій, поліпрагмазія і безладне призначення ЛЗ, небезпечні поєднання ЛЗ або комбінація хіміо- і рентгенотерапії, нераціональна комбінація пневмотоксичних ЛЗ, що призводить до несподіваного токсичного впливу на легені, неоднакові рівні ризику розвитку лікарських уражень у різних індивідуумів. Патоморфологічні причини, що сприяють виникненню ЛІУЛ: порушення балансу в системі оксиданти-антиоксиданти з подальшим зростанням накопичення продуктів перекисного окислення і пошкодженням ліпідних мембран клітин і базальної мембрани судин, порушення балансу в протеазноінгібіторній системі з ростом рівня протеаз, імунні механізми, порушення в системі утворення колагену, його гіперпродукція (блеоміцин і Д-пеніциламін), порушення в системі сурфактанту – знижується його синтез, що сприяє розвитку легеневого фіброзу (аміодарон). Якщо узагальнити, то відбуваються суттєві порушення гомеостазу, що призводять до розвитку фіброзу і легеневої недостатності.

Важливим і поки далеким від вирішення залишається питання, чому не у всіх пацієнтів, які приймають препарати з відомою легеневою токсичністю, розвивається ЛІУЛ. Для більшості ЛЗ, що обумовлюють легеневі ураження, не мають значення доза і тривалість їх застосування. Лише для деяких препаратів (аміодарон, блеоміцин) відзначений дозозалежний ефект, коли низькі дози розглядаються як безпечні. Серед інших факторів ризику ЛІУЛ обговорюються попередні реакції дихальної системи на прийом ЛЗ і деякі захворювання, з приводу яких призначається препарат. Наприклад, ревматоїдний артрит або неспецифічний виразковий коліт збільшують ризик ЛІУЛ. Зокрема, у хворих на ревматоїдний артрит зростає число випадків «метотрексатової» легені і туберкульозу легень внаслідок використання анти-TNF-препаратів. Розглядаються як фактори ризику і деякі професійні дії. Так, наприклад, контакт з азбестом збільшує частоту ЛІУЛ. Разом з тим, незважаючи на деякі перераховані і ряд інших чинників ризику, що стосуються особливостей активації, метаболізму і фармакокінетики ЛЗ, індивідуальний прогноз ЛІУЛ в більшості випадків залишається непередбачуваним, що ускладнює профілактику та ранню діагностику. Висока сприйнятливості легень до лікарського впливу визначається їх морфологічними особливостями і високим рівнем метаболізму, в процесі якого відбувається активне утворення і вивільнення вільних радикалів. Серед механізмів лікарського пошкодження легень важливе значення надається оксидантному стресу, безпосередній токсичній дії ЛЗ на альвеолокапілярний бар'єр, відкладенню ліпідних сполук в клітинах – фосфоліпідоз, утворенню легеневих антитіл і імунних комплексів. ЛІУЛ частіше протікають ізольовано, однак лікарські пневмопатії можуть бути і частиною системних патологічних процесів, індукованих ЛЗ. Серед останніх в літературі виділяється кілька варіантів: 1) вовчаковий синдром, що зустрічається, наприклад, при прийомі гідралазину, b-блокаторів, НПЗП; 2) синдром гіперчутливості із залученням серцево-судинної і травної систем, головного мозку, лімфатичних вузлів, кісткового мозку, що зустрічається при використанні протисудомних препаратів; 3) альвеолярно-геморагічний синдром з нирковою недостатністю, що розвивається у пацієнтів, що приймають пеніциламін; 4) поліангії із залученням легеневих капілярів і утворенням нейтрофільних цитоплазматичних антитіл (ANCA) при застосуванні антитіреоїдних ЛЗ; 5) синдром Churg–Strauss при використанні аспірину, макролідів. Слід зазначити, що характерних клінічних, гістологічних та

рентгенологічних особливостей ЛІУЛ не існує. Основний діагностичний критерій ЛІУЛ – хронологічна залежність між прийомом ЛЗ і виникненням клінічних проявів.

Біологічна терапія як причина ЛІУЛ

Терапевтичний потенціал при лікуванні важких ревматологічних та інших аутоімунних захворювань в останні десятиліття підвищився з впровадженням препаратів, що блокують ФНО- α (етанерцепт, інфліксимаб, адалімумаб), блокатора інтерлейкіну-1 (анакінри), анти В-клітинних моноклональних антитіл (ритуксимабу) та інших біологічних препаратів. Разом з тим, біологічна терапія демонструє не тільки значний клінічний ефект, а й випадки ураження легень, асоційовані із застосуванням зазначених препаратів. Так, за даними британського реєстру пацієнтів, які отримують біологічні препарати (більше 8000 пацієнтів), ймовірність летального результату в цій категорії пацієнтів значно вище (ВШ – 4,4: 95% ДІ 1,8–10,7) при наявності попереднього інтерстиціального захворювання легень (Oua et al., 2006).

Діагностика ЛІУЛ

Своєчасна діагностика ЛІУЛ є надзвичайно важливою, оскільки в багатьох випадках скасування препарату сприяє купіруванню патологічного процесу. Основним діагностичним критерієм ЛІУЛ є часова залежність між прийомом ЛЗ і виникненням клінічних проявів. Хронологічний зв'язок може бути встановлений також на підставі аналізу рентгенографії легень до початку прийому препарату або поліпшення клініко-рентгенологічних симптомів після його відміни. Діагностичні труднощі нерідко обумовлені, з одного боку, пізньою клініко-рентгенологічною маніфестацією (тривалий період часу від початку прийому ЛЗ або після його відміни), з іншого – відсутністю поліпшення стану після припинення прийому ЛЗ. Інший діагностичною складністю є відсутність досить специфічних ознак ЛІУЛ для більшості ЛС. Клінічні ознаки лікарських пневмопатій представлені широким спектром: від малосимптомних «летючих» інфільтратів до життєзагрозливих станів – важкого респіраторного дистрес-синдрому (РДС). ЛІУЛ може протікати по типу гострих, підгострих або хронічних патологічних процесів. Клінічна картина гострого ЛІУЛ характеризується лихоманкою, кашлем, задишкою, можливий розвиток гіпоксемічної гострої дихальної недостатності (ГДН). На комп'ютерній томограмі легень при ранніх стадіях захворювання виявляються лінійні тіні, потовщення міждолькового і внутрішньодолькового інтерстицію, симптом «матового скла» або міліарний патерн тіней. Гострі форми ЛІУЛ необхідно диференціювати від інфекційних уражень легень, що мають близьку імідж-картину. В діагностиці гіперчутливого пневмоніту й еозинофільної пневмонії допомагає аналіз рідини бронхоальвеолярного лаважу (БАЛ), в якій зазначається збільшення рівня лімфоцитів, еозинофілів і альвеолоцитів 2-го типу. Крім того, БАЛ дозволяє виключити інфекційний процес в легенях у пацієнтів, що приймають імуносупресивну терапію. Для більшості випадків ЛІУЛ характерний підгострий або хронічний перебіг, що супроводжується субфебрилітетом, непродуктивним кашлем, помірною задишкою, різко вираженою гіпоксемією, неоднорідною легеневою інфільтрацією. Інфільтрати мають дифузний або локалізований характер з переважним залученням середньнижніх відділів і вкрай рідко – апікальних зон легень. Плевральний випіт, медіастинальна лімфаденопатія не характерні і зустрічаються дуже рідко. Рестриктивні порушення дихання і вираженість гіпоксемії корелюють з широтою залучення легеневої паренхіми. БАЛ дозволяє виключити інфекційний процес і характеризується переважанням лімфоцитів (CD4+ або CD8+), тоді як переважання нейтрофілів і/або еозинофілів зустрічається значно рідше. При дослідженні функції зовнішнього дихання (ФЗД) відзначається рестриктивний тип порушення вентиляції і зниження дифузійної здатності легень, збільшення числа нейтрофілів (до 10–15 %) і поява еозинофілів у бронхоальвеолярному лаважі, гістологічно виявляється некроз ендотелію капілярів і пневмоцитів 1-го типу, гіперплазія і метаплазія пневмоцитів 2-го типу, набряк і транссудація плазми в альвеоли, мікроателектази. На КТ легень: зміни за типом «матового скла» – незначне підвищення щільності легеневої тканини при збереженні видимості судин і стінок бронхів в зоні патологічного процесу (лінійні тіні потовщення міждолькового і внутрішньодолькового інтерстицію). Зазвичай скасування «винного» препарату і призначення системних кортикостероїдів (СКС) супроводжуються зворотним розвитком патологічного процесу, в зв'язку з чим необхідність легеневої біопсії для верифікації ЛІУЛ виникає рідко (Muller et al., 2004).

Клінічні варіанти ЛІУЛ

Загальноприйнятою класифікації ЛІУЛ не існує. Залежно від рівня ураження респіраторної системи виділяють різні варіанти лікарських пневмопатій. ЛІУЛ можуть протікати із залученням до патологічного процесу бронхів (астмоподібний синдром і кашель), дрібних дихальних шляхів

(бронхіоліт), інтерстицію (інтерстиціальні пневмонії), плеври (плеврит, пневмоторакс), судин (васкуліт).

Ураження повітряних шляхів

Лікарський кашель і бронхоспазм можуть виникати на тлі прийому β -блокаторів, що найбільш часто спостерігається у пацієнтів з бронхообструктивними захворюваннями. Розвиток бронхіальної обструкції, в тому числі і дуже важкої, можливий при прийомі аспірину або нестероїдних протизапальних засобів у осіб з непереносимістю ацетилсаліцилової кислоти. У структурі ятрогенного кашлю на частку інгаляційних препаратів, ІАПФ і β -блокаторів припадає 75%. Серед хворих, які приймають ІАПФ, непродуктивний кашель розвивається в 5–20 % випадків. Передбачається, що в патогенезі кашльового синдрому на тлі прийому ІАПФ провідну роль відіграють такі прозапальні медіатори, як брадикінін, субстанція Р, простагландини, що накопичуються в легеневій тканині і різко підвищують кашльовий рефлекс. У хворих на астму брадикінін може викликати не тільки кашель, а й епізоди бронхіальної обструкції, чим пояснюється можливе зниження контролю над перебігом захворювання. Крім того, ІАПФ здатні збільшувати продукцію NO в дихальних шляхах, що також може стимулювати кашльовий рефлекс і бронхоспазм. У частини пацієнтів кашель виникає вже через кілька годин після прийому першої дози ІАПФ, у інших – через тижні і місяці. Оскільки не існує клінічних або лабораторних предикторів кашлю у зв'язку з прийомом даних ЛЗ, діагноз лікарського кашлю має розглядатися в якості ймовірного у кожного пацієнта, який має скарги на кашель в період прийому ІАПФ. Важким варіантом лікарського ураження малих дихальних шляхів є розвиток облітеруючого бронхіоліту (ОБ). Лікарсько-індукований ОБ описаний в зв'язку з прийомом нітрофуранів, сульфаніламідів, пеніцилінів, наркотичних препаратів, цитостатиків, солей золота, аспірацією мінеральних олій. Близько 25% всіх випадків лікарського ОБ доводиться на аміодарон. ОБ властива незворотня перебудова дихальних шляхів з формуванням важкої бронхіальної обструкції, емфіземи і пневмосклерозу. Необхідно відзначити, що навіть своєчасне скасування причинно-значимих ЛЗ при облітеруючому бронхіоліті, як правило, не супроводжується відновленням морфофункціональних порушень органів дихання. У більшості випадків при лікарському ОБ має місце погана відповідь на терапію СКС, цитостатиками і, відповідно, несприятливий прогноз (Cottin, Cordier, 1996).

Інтерстиціальні захворювання легень

Інтерстиціальний легеневий процес є найбільш частим проявом ЛІУЛ і вимагає такого ж діагностичного підходу, як і при інтерстиціальних легневих захворюваннях іншого ґенезу. ЛІУЛ зустрічаються приблизно в 3% випадків від усієї інтерстиціальної легеневої патології. Під впливом ЛЗ формуються різні варіанти ураження легеневого інтерстицію: звичайна інтерстиціальна пневмонія, неспецифічна інтерстиціальна пневмонія, десквамативна інтерстиціальна пневмонія, лімфоцитарна інтерстиціальна пневмонія, еозинофільна пневмонія. Як правило, інтерстиціальний процес при ЛІУЛ відповідає кільком патогістологічним патернам, включаючи інтерстиціальні пневмонії, ураження альвеол і легеневий васкуліт, що супроводжуються легневими інфільтратами, які складно диференціювати методами імідж-діагностики. БАЛ також не завжди дозволяє відрізнити ЛІУЛ від інших інтерстиціальних пневмоній нелікарського ґенезу. Деякі лікарські засоби (нітрофурані, НПЗП) викликають, як правило, досить стереотипні легеневі реакції у вигляді неспецифічної інтерстиціальної або еозинофільної пневмонії. Крім уже зазначених ЛЗ, еозинофільна пневмонія може розвиватися на тлі багатьох інших медикаментозних препаратів: антибіотиків, сульфаніламідів, туберкулостатиків, ІАПФ, амітриптиліну, інтерлейкіну-2, триптофану. У цих випадках при комп'ютерній томографії легень виявляються щільні двобічні лінійні або альвеолярні затемнення, які можуть поєднуватися з двобічним плевральним випотом, може мати місце лімфаденопатія.

Діагноз «еозинофільна пневмонія» підтверджується еозинофілією в крові, рідині БАЛ і легеневій тканині. Легенева біопсія при еозинофільній пневмонії виконується рідко, оскільки аналіз рідини БАЛ є при цій формі ЛІУЛ основним методом діагностики. Еозинофільна пневмонія, як правило, швидко усувається на тлі скасування «винного» препарату і призначення СКС, але при повторному призначенні препарату можливий рецидив. Більшість же медикаментозних препаратів викликає розвиток різних патогістологічних патернів. Так, наприклад, опис гістологічних препаратів «аміодаронової» легені може включати скупчення пінистих макрофагів в альвеолах, ознаки організуючої і неспецифічної інтерстиціальної пневмонії, інтерстиціальний легеневий фіброз, дифузне альвеолярне пошкодження як ізольовані патоморфологічні варіанти або їх поєднання.

Іншими прикладами різних сполучень морфологічних ознак ЛІУЛ можуть бути організована і еозинофільна пневмонія, дифузне альвеолярне пошкодження, набряк легень і/або альвеолярні геморагії. Зазначені особливості ЛІУЛ в значній мірі ускладнюють визначення домінуючого типу ураження, коли доступний лише маленький зразок легеневої паренхіми, що отримується при трансbronхіальній біопсії. У зв'язку з цим при необхідності перевага віддається відеоторакоскопічній біопсії. Характеризуючи інтерстиціальні форми ЛІУЛ, необхідно відзначити і групу лікарських пневмопатій, обумовлених хіміотерапевтичними препаратами (блеоміцин, циклофосфамід, метотрексат, 6-меркаптопурин, азатіоприн та ін.). Ці ЛЗ здатні викликати важкі ураження легень, що розвиваються під час їх застосування або незабаром після припинення хіміотерапії.

Слід зазначити, що ризик ЛІУЛ зростає на тлі високих доз цитостатичних препаратів і поліхіміотерапії. Додатковими факторами ризику ЛІУЛ у даної категорії хворих є супутня променева і оксигенотерапія, а також повторні курси хіміотерапії. Для уражень легень, викликаних хіміотерапевтичними ЛЗ, характерні такі патогістологічні патерни, як дифузне альвеолярне пошкодження, набряк легень, ранній фіброз, облітеруючий бронхіоліт. Основною клінічною ознакою є задишка, що швидко досягає ступеня важкої дихальної недостатності. При рентгенологічному дослідженні та комп'ютерній томографії визначаються дифузні легеневі інфільтрати, відзначається синдром «матового скла». В цілому ураження легень при хіміотерапії мають погану відповідь на терапію СКС і несприятливий прогноз (Інтерстициальные болезни легких..., 2007).

Аміодаронова легеня

Аміодарон – антиаритмічний препарат з доведеною легеневою токсичністю. Остання обумовлена порушенням нормального метаболізму ендогенних фосфоліпідів, які на тлі тривалого прийому аміодарону накопичуються в легеневій тканині. Особливості фармакокінетики аміодарону обумовлюють характерний для нього профіль легеневої токсичності, що багато в чому пов'язано з дуже тривалим періодом напіввиведення – протягом 6–12 міс. Тому для «аміодаронової» легені в переважній більшості випадків типовий повільний початок, уповільнене поліпшення після скасування препарату, можливий розвиток або рецидив симптомів після припинення прийому. Хоча гостре пошкодження легень при прийомі аміодарону в цілому не характерно, воно може розвинути через кілька днів після внутрішньовенного введення високих доз препарату. Випадки гострої «аміодаронової» легені описані після оперативних втручань на серці або легенях. Наркоз, оксигенотерапія і механічна вентиляція є додатковими факторами ризику гострої «аміодаронової» легені. Для даного патологічного стану характерні задишка, важка гіпоксемія, картина гострого РДС, дифузні альвеолярні та інтерстиціальні затемнення. Смертність при гострій «аміодаронової» легені досягає 40–50 %, незважаючи на скасування препарату і кортикостероїдну терапію. Хронічна форма «аміодаронової» легені розвивається приблизно у 0,1% пацієнтів, які отримують низькі дози, і близько 50% хворих, що використовують високі дози препарату. Ураження легень, викликане аміодароном, розвивається в часовому інтервалі від декількох тижнів до декількох років терапії цими ЛЗ (в середньому через 18–24 міс.). Зазвичай «аміодаронова» легеня маніфестує задишкою, сухим кашлем, втратою маси тіла, нездужанням, помірною лихоманкою і іноді – плевральним больовим синдромом. При аускультатії часто виявляються крепітація і вологі хрипи в легенях. Серед лабораторних показників можуть мати місце лейкоцитоз і збільшення рівня лактатдегідрогенази, що може навіть попереджати клінічні симптоми. У якості диференціального діагностичного критерію «аміодаронової» легені і кардіогенного набряку легень, що часто зустрічається у даної категорії хворих, може використовуватися рівень мозкового натрійуретичного пептиду. Імідж-діагностика характеризується білатеральними, часто асиметричними інтерстиціальними або альвеолярними інфільтратами, які можуть залучати всі легеневі поля, включаючи апікальні зони.

Комп'ютерна томографія дозволяє візуалізувати виражену щільність і зменшення обсягу частіше верхньої частки правої легені, а також контралатеральне зниження прозорості. Іноді можуть зустрічатися поодинокі або множинні субплевральні ділянки ураження легеневої тканини і відповідне їм потовщення плеври. Рідше зустрічаються двосторонні апікальні утворення за типом формування неоднорідних вузлів. Імовірність діагнозу значно зростає при наявності задокументованої нормальної рентгенографії легень до призначення препарату і розвитку легеневого фіброзу на тлі терапії аміодароном або після її припинення. Безумовно, при цьому повинні бути виключені й інші потенційні причини легневих змін. Цитологічний склад рідини БАЛ при «аміодаронової» легені широко варіює від нормальних показників до високого вмісту нейтрофілів і/або лімфоцитів. Однак виявлення в цитограмі БАЛ пінистих макрофагів з високим ступенем ймовірності вказує на діагноз

«аміодаронової» легені. Більшість авторів вважають за необхідне призначення СКС, які позитивно впливають на припинення патологічного процесу, оскільки тільки відміна препарату в більшості випадків не супроводжується позитивною динамікою легеневих змін.

Тривалі легеневі порушення, обумовлені аміодароном, як правило, трансформуються в незворотній пневмофіброз. З урахуванням фармакокінетичних особливостей аміодарону тривалість терапії СКС повинна становити кілька місяців з подальшим поступовим зниженням їх дози. Рецидив «аміодаронової» легені при швидкій відміні СКС може мати більш тяжкий перебіг і погану відповідь на повторну терапію СКС. В цілому летальність при «аміодаронової» легені становить менше 10% у амбулаторних пацієнтів і буває значно вище (20–23 %) у госпіталізованих хворих з пізнім діагнозом. З метою профілактики та ранньої діагностики у хворих, які отримують аміодарон, рентгенографія органів грудної клітки має бути виконана до призначення препарату і регулярно проводиться кожні 4–12 міс. в залежності від дози препарату. Крім того, необхідно проводити моніторинг функції зовнішнього дихання, включаючи оцінку дифузійної здатності легень, особливо в перші місяці прийому препарату. Зниження дифузійної здатності легень з наростанням за короткий період є найбільш ранньою функціональною ознакою «аміодаронової» легені (Ernawati et al., 2008).

Таким чином, діагностичні помилки у хворих з ЛІУЛ становлять 75–80 %, що обумовлено: малою обізнаністю лікарів, недостатньою технічною оснащеністю медичних центрів (КТ і ПЕТ), труднощами диференціальної діагностики у зв'язку з відсутністю патогномічних ознак хвороби. Для діагностики ЛІУЛ важливо виключити всі можливі причини інтерстиціального ураження легень. Діагноз залежить від хронологічної залежності між прийомом препарату і розвитком симптомів. Характерних клінічних симптомів немає. Своєчасна і точна верифікація ЛІУЛ надзвичайно важлива для запобігання можливого несприятливого результату. Золотим фондом діагностики є біопсія. Зазвичай скасування «винного» препарату і призначення системних кортикостероїдів (СКС) супроводжуються зворотним розвитком патологічного процесу.

Список літератури / References

- Астахова А.В., Лепакhin В.К. Лекарства. Неблагоприятные побочные реакции и контроль безопасности. – М.: Эксмо, 2008. – 256с. /Astakhova A.V., Lepakhin V.K. Drugs. Adverse reactions and safety control. – Moscow: Eksmo, 2008. – 256p./
- Бабанов С.А., Косарева О.В., Осокин Д.О. Осложнения фармакотерапии. Гериатрическая фармакотерапия. – Самара: Волга-Бизнес, 2011. – 216с. /Babanov S.A., Kosareva O.V., Osokin D.O. Complications of pharmacotherapy. Geriatric pharmacotherapy. – Samara: Volga-Business, 2011. – 216p./
- Интерстициальные болезни легких: практическое руководство / Под ред. Н.А.Мухина. – М.: Литтерра, 2007. – 432с. /Interstitial lung diseases: a practical guide / Ed. N.A.Mukhin. – Moscow: Litterra, 2007. – 432p./
- Тареев Е.М. Лекарственная болезнь – аналог сывороточной болезни // Советская медицина. – 1955. – №3. – С. 3–10. /Tareyev Ye.M. Drug disease – an analogue of serum sickness // Soviet Medicine. – 1955. – No. 3. – P. 3–10./
- Beijer H., de Blaey C. Hospitalizations caused by adverse drug reactions (ADR): a meta-analysis of observational studies // Pharm World Sci. – 2002. – Vol.24. – P. 46–54.
- Ben-Noun L. Drug-induced respiratory disorders: incidence, prevention and management // Drug Saf. – 2000. – Vol.23 (2). – P. 143–164.
- Camus P., Bonniaud P. Drug-induced respiratory disease // Ed. P.Palange, A.K.Simonds. ERS handbook Respiratory Medicine, 2nd edition. – European Respiratory Society: Charlesworth Press, 2013. – P. 399–410.
- Camus P., Kudoh S., Ebina M. Interstitial lung disease associated with drug therapy // Brit. J. Cancer. – 2004. – Vol.91. – P. 18–23.
- Camus P., Rosenow E.C.III. Drug-induced and iatrogenic respiratory disease. – London MPG Books, 2010. – 364p.
- Cottin V., Cordier J.F. Iatrogenic drug-induced bronchospasm, cough, and bronchiolitis. Etiologic and physiopathologic aspects // Rev. Mal. Respir. – 1996. – Vol.13 (4). – P. 339–360.
- Coultas D., Zumwalt R., Black W. et al. The epidemiology of interstitial lung diseases // Am. J. Respir. Crit. Care Med. – 1994. – Vol.150. – P. 967–972.
- Ernawati D.K., Stafford L., Hughes J.D. Amiodarone-induced pulmonary toxicity // Br. J. Clin. Pharmacol. – 2008. – Vol.56. – P. 37–45.
- Hitchen L. Adverse drug reactions result in 250 000 UK admissions a year // BMJ. – 2006. – Vol.332. – P.1109.

- Lazarou J., Pomeranz B., Corey P. Incidence of adverse drug reactions in hospitalized patients: a meta-analysis of prospective studies // JAMA. – 1998. – Vol.279. – P. 1200–1205.
- Limper A., Rosenow E. Drug-induced interstitial lung disease // Curr. Opin. Pulm. Med. – 1996. – Vol.2. – P. 396–404.
- Muller N.L., White D.A., Jiang H. et al. Diagnosis and management of drug-associated interstitial lung disease // Brit. J. Cancer. – 2004. – Vol.91 (suppl.2). – P. 24–30.
- Oya N., Sasai K., Tachiiri S. et al. Influence of radiation dose rate and lung dose on interstitial pneumonitis after fractionated total body irradiation: acute parotitis may predict interstitial pneumonitis // Int. J. Hematol. – 2006. – Vol.83. – P. 86–91.
- Schwaiblmair M., Behr W., Haeckel T. et al. Drug induced interstitial lung disease // Open Respir. Med. J. – 2012. – Vol.6. – P. 63–74.
- Spear B., Heath-Chiozzi M., Huff J. Clinical application of pharmacogenetics // Trends Mol. Med. – 2002. – Vol.7. – P. 201–204.
- Thomeer M., Costabel U., Rizzato G. et al. Comparison of registries of interstitial lung diseases in three European countries // Eur. Respir. J. – 2001. – Vol.18. – P. 114s–118s.
- Wester K., Jonnson A., Sigset O. et al. Incidence of fatal adverse drug reactions: a population based study // Br. J. Clin. Pharmacol. – 2008. – Vol.65. – P. 573–579.

Представлено: О.П.Білозоров / Presented by: A.P.Belozorov

Рецензент: Є.Е.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 12.10.2018

About the authors: O.S.Bilchenko – Kharkiv National Medical University, Nauky Avenue, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, vbilchenko38@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3649-7827>
K.O.Krasovska – Kharkiv National Medical University, Nauky Avenue, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, ekrasovskaya8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1053-0801>
O.V.Veremeenko – Kharkiv National Medical University, Nauky Avenue, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, oksveremeenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8778-6805>
T.U.Khimich – Kharkiv National Medical University, Nauky Avenue, 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, tatkhimich1666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3076-8697>

Про авторів: О.С.Більченко – Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, Харків, Україна, 61022, vbilchenko38@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3649-7827>
К.О.Красовська – Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, Харків, Україна, 61022, ekrasovskaya8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1053-0801>
О.В.Веремеєнко – Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, Харків, Україна, 61022, oksveremeenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8778-6805>
Т.Ю.Хімич – Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, Харків, Україна, 61022, tatkhimich1666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3076-8697>

Об авторах: О.С.Бильченко – Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, Харьков, Украина, 61022, vbilchenko38@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3649-7827>
Е.А.Красовская – Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, Харьков, Украина, 61022, ekrasovskaya8@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1053-0801>
О.В.Веремеенко – Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, Харьков, Украина, 61022, oksveremeenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8778-6805>
Т.Ю.Химич – Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, Харьков, Украина, 61022, tatkhimich1666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3076-8697>

УДК: 544.722.14:611.018.51:57.086.13:577.352.4

Вплив хлорпромазину на стійкість еритроцитів щурів різного віку до гіпертонічних умов середовища**Л.В.Коба, О.О.Шапкіна, А.Є.Жуйкова, В.А.Бондаренко**

Вивчено осмотичну стійкість нативних та модифікованих хлорпромазином (ХПР) еритроцитів 1- та 12-місячних щурів до гіпертонічних умов в розчинах сахарози та до гіпертонічного шоку (4,0 М NaCl). Показано, що 2-хвилинна інкубація еритроцитів щурів різних вікових груп у гіпертонічних сахарозних середовищах не виявляє відмінностей в осмотичній стійкості даних клітин. При цьому ХПР не впливає на рівень гемолізу клітин. Збільшення часу інкубації в гіпертонічних розчинах сахарози до 30 хв дозволило виявити більшу осмотичну чутливість еритроцитів 1-місячних тварин до такого впливу. При цьому встановлено захисний ефект ХПР для еритроцитів старшої вікової групи (12 міс.). Виявлено, що в 4,0 М NaCl рівень гемолізу еритроцитів тварин обох вікових груп зростає при попередньому інкубуванні (2 хв) у сахарозних середовищах із концентрацією 0,7 М і вище. При збільшенні часу експонування (30 хв) в гіпертонічних розчинах сахарози також посилюється сенсibiliзація еритроцитів тварин обох вікових груп до дії 4,0 М NaCl. В роботі показано, що вплив ХПР на чутливість еритроцитів 1-місячних тварин до перенесення у 4,0 М NaCl залежить від тоничності та тривалості початкової інкубації клітин в розчинах сахарози. Так, ХПР підвищує осмотичну стійкість еритроцитів, які попередньо експонувались в розчинах сахарози з концентрацією 0,6–0,8 М протягом 2 і 30 хв. Деяке підвищення рівня гемолізу в 4,0 М NaCl модифікованих хлорпромазином еритроцитів цих тварин спостерігається після 2 хв інкубації в розчинах сахарози з концентрацією 0,27–0,5 М. Виявлено виключно протекуючий вплив ХПР на еритроцити 12-місячних тварин в умовах гіпертонічного шоку. Проведена кількісна оцінка ефективності ХПР при гіпертонічному шоці (4,0 М NaCl) еритроцитів тварин різних вікових груп за допомогою розрахунку величини його антигемолітичної активності. Короткотривала інкубація (2 хв) еритроцитів у сахарозному середовищі не виявляє відмінностей у величинах антигемолітичної активності ХПР для еритроцитів щурів обох вікових груп. Для клітин молодших щурів підвищення антигемолітичної активності ХПР спостерігається при інкубації в сахарозному середовищі до 30 хв, а для еритроцитів старшої групи – до 10 хв. При збільшенні часу інкубування до 60 хв ефективність ХПР в гіпертонічному сольовому середовищі знижується для клітин щурів обох вікових груп, але в різному ступені.

Ключові слова: хлорпромазин, еритроцити, щури, гіпертонічний шок, вік.

Influence of chlorpromazine on the resistance of erythrocytes of rats of different ages to hypertonic conditions**L.V.Koba, O.A.Shapkina, A.E.Zhuikova, V.A.Bondarenko**

The osmotic stability of native and modified with chlorpromazine (CPR) erythrocytes of 1- and 12-month rats to hypertonic conditions in sucrose solutions and hypertonic shock (4.0 M NaCl) has been studied. It has been shown that 2-min incubation of rat erythrocytes of different ages in hypertonic sucrose media does not reveal any differences in the osmotic stability of these cells. In this case, CPR does not affect cell hemolysis. An increase of the incubation time in hypertonic sucrose solutions to 30 minutes allowed detecting a greater osmotic sensitivity of erythrocytes of 1-month animals to the action. In this case, the protective effect of CPR for older age rat erythrocytes (12 months) has been established. It has been found that in 4.0 M NaCl the hemolysis level of animal erythrocytes of both age groups increases with preliminary incubation (2 min) in a sucrose medium with a concentration of 0.7 M and above. With increasing exposure time (30 min) in sucrose hypertonic solutions, the sensibilization of animal erythrocytes of both age groups to the action of hypertonic shock is also intensified. In this study it has been shown that the influence of CPR on the sensitivity of 1-month-old animal erythrocytes to the transfer in 4.0 M NaCl depends on the tonicity and duration of the cell initial incubation in sucrose solutions. Thus, CPR increases the osmotic resistance of erythrocytes, which were preexposed in sucrose solutions at a concentration of 0.6–0.8 M for 2 and 30 min. Some increase of hemolysis level of these animals erythrocytes modified with CPR in 4.0 M NaCl has been observed after 2 min of incubation in sucrose solutions at a concentration of 0.27–0.5 M. The exclusively protective influence of CPR on 12-month-old animal erythrocytes in conditions of hypertonic shock has been revealed. A quantitative estimation of the efficiency of CPR at hypertonic shock (4.0 M NaCl) of different age animal erythrocytes has been carried out by calculation of the antihemolytic activity value (AG). Short-term incubation (2 min) in a sucrose media does not reveal any differences in the values of AG of CPR for erythrocytes of both age groups. For the cells of young rats, increase of AG of CPR is observed at incubation in sucrose medium to 30

min and for erythrocytes of the older group – to 10 min. With an increase in incubation time of up to 60 min the CPR efficiency in hypertonic saline media is reduced for rat cells in both age groups but in varying degrees.

Key words: *chlorpromazine, erythrocytes, rats, hypertonic shock, age.*

Влияние хлорпромазина на устойчивость эритроцитов крыс разного возраста к гипертоническим условиям среды Л.В.Коба, О.А.Шапкина, А.Е.Жуйкова, В.А.Бондаренко

Изучена осмотическая устойчивость нативных и модифицированных хлорпромазином (ХПР) эритроцитов 1- и 12-месячных крыс к гипертоническим условиям в растворах сахарозы и к гипертоническому шоку (4,0 М NaCl). Показано, что 2-минутная инкубация эритроцитов крыс разных возрастных групп в гипертонических сахарозных средах не выявляет различий в осмотической устойчивости данных клеток. При этом ХПР не влияет на уровень гемолиза клеток. Увеличение времени инкубации в гипертонических растворах сахарозы до 30 мин позволило выявить большую осмотическую чувствительность эритроцитов 1-месячных животных к данному воздействию. При этом обнаружен защитный эффект ХПР для эритроцитов старшей возрастной группы (12 мес.). Обнаружено, что в 4,0 М NaCl уровень гемолиза эритроцитов животных обеих возрастных групп возрастает при предварительном инкубировании (2 мин) в сахарозной среде с концентрацией 0,7 М и выше. При увеличении времени экспонирования (30 мин) в гипертонических растворах сахарозы также усиливается сенсбилизация эритроцитов животных обеих возрастных групп к действию 4,0 М NaCl. В работе показано, что влияние ХПР на чувствительность эритроцитов 1-мес. животных к перенесению в 4,0 М NaCl зависит от тоничности и продолжительности начальной инкубации клеток в растворах сахарозы. Так, ХПР повышает осмотическую устойчивость эритроцитов, которые предварительно экспонировались в растворах сахарозы с концентрацией 0,6–0,8 М в течение 2 и 30 мин. Некоторое повышение уровня гемолиза в 4,0 М NaCl модифицированных хлорпромазином эритроцитов этих животных наблюдается после 2 мин инкубации в растворах сахарозы с концентрацией 0,27–0,5 М. Обнаружено исключительно протектирующее влияние ХПР на эритроциты 12-месячных животных в условиях гипертонического шока. Проведена количественная оценка эффективности ХПР при гипертоническом шоке (4,0 М NaCl) эритроцитов животных разных возрастных групп с помощью расчета величины его антигемолитической активности. Кратковременная инкубация (2 мин) эритроцитов в сахарозной среде не обнаруживает различий в величинах антигемолитической активности ХПР для эритроцитов крыс обеих возрастных групп. Для клеток младших крыс повышение антигемолитической активности ХПР наблюдается при инкубации в сахарозной среде до 30 мин, а для эритроцитов старшей группы – до 10 мин. При увеличении времени инкубирования до 60 мин эффективность ХПР в гипертонической солевой среде снижается для клеток крыс обеих возрастных групп, но в разной степени.

Ключевые слова: *хлорпромазин, эритроциты, крысы, гипертонический шок, возраст.*

Вступ

Численні дослідження показали, що клітинними структурами, які визначають стійкість еритроцитів людини та деяких ссавців до гіпертонічного впливу, є плазматична мембрана та цитоскелет. Структурно-функціональний стан саме цих клітинних структур можна змінювати, експонуючи еритроцити в певних умовах на етапі початкової інкубації перед дією основного стресуючого фактору. Крім того, плазматична мембрана та цитоскелет можуть бути модифіковані деякими речовинами, зокрема катіонними амфіфілами, до яких належить і хлорпромазин (ХПР) (Цымбал и др., 2005; Yershova et al., 2014). Відомо, що ХПР здатен захищати еритроцити ссавців в умовах різних типів стресу (Шпакова, Бондаренко, 1991; Semionova et al., 2016, 2017a). Цей амфіфіл впливає на стан структурно-функціонального комплексу плазматична мембрана-цитоскелет і викликає трансформацію еритроцитів за типом дискоцит-стоматоцит (Єршов та ін., 2007; Шпакова та ін., 2017). Крім того, показано, що характер і ступінь впливу ХПР на стійкість еритроцитів людини до охолодження від 37 до 0°C в гіпертонічних розчинах NaCl залежить від концентрації амфіфільної сполуки (Єршов та ін., 2007; Шпакова, 2014). Враховуючи це, можна припустити, що початкова модифікація еритроцитів ХПР та використання розчинів сахарози з різною тоничністю дозволять виявити вікові особливості стану їх плазматичної мембрани та цитоскелету клітин в умовах подальшої дії 4,0 М розчину NaCl на певних етапах онтогенезу.

Мета роботи – вивчення осмотичної стійкості оброблених хлорпромазином (ХПР) еритроцитів 1- та 12-місячних щурів, що були попередньо проінкубовані в гіпертонічних розчинах сахарози, до дії гіпертонічного шоку (4,0 М NaCl).

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводили на еритроцитах самців щурів лінії Wistar 1- и 12-місячного віку. Кров одержували під час декапітації тварин під легким ефірним наркозом (стабілізатор гепарин, 500 од/мл). Робота з тваринами проводилась відповідно до «Загальних принципів експериментів на тваринах» (V Національний конгрес з біоетики, Київ, 2013), що були узгоджені з положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986).

Еритроцити відмивали тричі фізіологічним розчином у 10-кратному об'ємі (0,01 М фосфатний буфер, рН 7,4) шляхом центрифугування при 1500 об/хв протягом 10 хв (центрифуга «ОПн-3У4.2», Киргизстан). Відмиті клітини зберігали при температурі 0°C не більше години.

Еритроцити спочатку витримували в розчинах сахарози з різною концентрацією (0,27–0,8 М) 2–60 хв при 37°C. Після цього клітини піддавали гіпертонічному шоку за допомогою перенесення суспензії еритроцитів у 4,0 М NaCl (0,01 М фосфатний буфер, рН 7,4) при 37°C на 5 хв. Рівень гемолізу еритроцитів вимірювали спектрофотометричним методом при довжині хвилі 543 нм і розраховували у відсотках по відношенню до 100% гемолізу.

Початкову модифікацію еритроцитів хлорпромазином проводили під час інкубації суспензії клітин (30%) із амфифільною сполукою (7×10^{-5} М) протягом 10 хв при 37°C. Статистичний аналіз результатів проводили загальноприйнятими методами, використовуючи критерій Манна-Уїтні.

Результати та обговорення

Раніше були показані особливості реакції еритроцитів щурів даних вікових груп на дію гіпертонічного шоку в широкому часовому діапазоні (Коба та ін., 2018). При порівнянні еритроцитів 1- та 12-місячних щурів виявлено, що клітини тварин старшої вікової групи мають більшу осмотичну стійкість до гіпертонічних неелектролітних середовищ, але суттєво сенсibiliзуються до подальшого перенесення в 4,0 М NaCl (Коба та ін., 2018).

Відомо, що чутливість еритроцитів до температурно-осмотичного стресу може бути скоректована використанням амфифільних сполук (Шпакова, Бондаренко, 1991; Chabanenko et al., 2017; Semionova et al., 2017b). Так, показана здатність амфифілів, що належать до різних класів, захищати клітини від пошкодження в умовах гіпертонічного шоку та гіпертонічного криогемолізу еритроцитів (Єршов та ін., 2007). В умовах різкої зміни (зниження або підвищення) осмоляльності середовища висока ефективність характерна для катіонних амфифільних сполук, антигемолітична активність яких знаходиться на рівні 70–90 % (Дунаевская и др., 1995; Шпакова, 2014). Зокрема, показана ефективність катіонного ХПР при інкубації еритроцитів щурів у гіпертонічних умовах (Матвиенко и др., 2002). Вищевикладене дозволяє припустити, що в умовах гіпертонічного шоку ХПР буде проявляти різну ефективність по відношенню до еритроцитів тварин різних вікових груп.

На рис. 1 представлені дані про вплив ХПР на гемоліз еритроцитів щура в гіпертонічному сахарозному середовищі. Видно, що чутливість еритроцитів до гіпертонічних розчинів сахарози при 2-хвилинній інкубації однакова для еритроцитів 1- та 12-місячних щурів. При цьому ХПР не впливає на рівень гемолізу клітин. Збільшення тривалості інкубації до 30 хв дозволяє виявити вікові відмінності осмотичної стійкості еритроцитів. Так, клітини 1-місячних щурів більш чутливі до гіпертонічних умов (рівень гемолізу в 0,6–0,8 М сахарозі вище у 1,7–1,9 разів). Слід зазначити, що обробка еритроцитів 1-місячних тварин хлорпромазином не впливає на рівень гемолітичного пошкодження, тоді як обробка клітин 12-місячних щурів значно знижує рівень гемолізу. Таким чином, захисний ефект ХПР спостерігається тільки для еритроцитів старшої вікової групи.

Зазначений захисний ефект амфифільних сполук пов'язують зі здатністю амфифілів впливати на стан плазматичної мембрани (Єршов та ін., 2007), при цьому автори (Цымбал и др., 2005; Шпакова, 2014) припускають, що вбудовування амфифільних молекул пов'язане зі швидкою реорганізацією еритроцитарної мембрани. Отримані результати дозволяють припустити наявність відмінностей в стані клітинної мембрани еритроцитів даних вікових груп. Той факт, що захисний ефект ХПР проявляється на клітинах 12-місячних тварин, свідчить на користь того, що

еритроцитарна мембрана останніх більш пластична, менш ригідна, що і дозволяє амфифільним молекулам ХПР вбудовуватися і розподілятися в ній, викликаючи її реорганізацію.

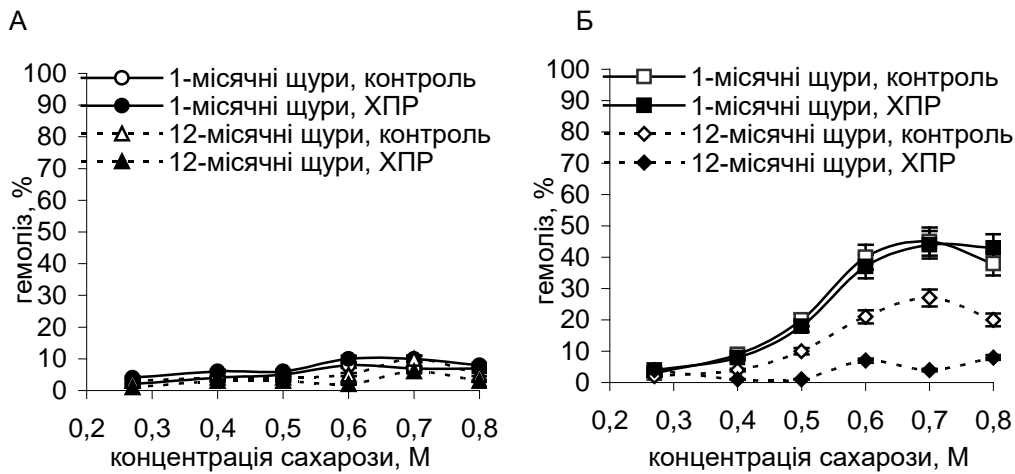


Рис. 1. Вплив ХПР на гемоліз еритроцитів 1- та 12-місячних щурів в розчинах сахарози; час інкубації 2 хв (А) і 30 хв (Б) (37°C, рН 7,4)

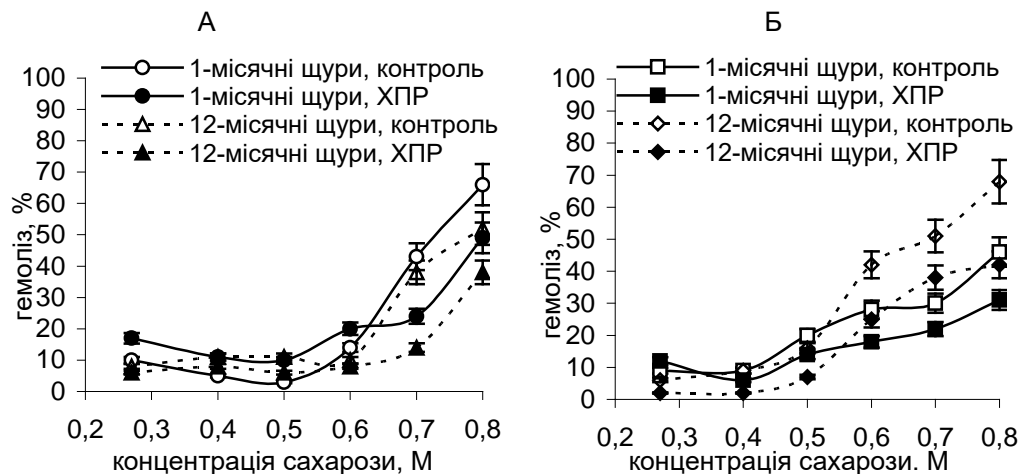


Рис. 2. Вплив ХПР на гіпертонічний гемоліз еритроцитів 1- та 12-місячних щурів (4,0 М NaCl, 37°C, 5 хв), що були попередньо проінкубовані в гіпертонічних розчинах сахарози; час інкубації в сахарозі 2 хв (А) і 30 хв (Б)

Після інкубування в сахарозному середовищі клітини піддавали дії гіпертонічного шоку в результаті перенесення в розчин, що містить 4,0 М NaCl. Дані представлені на рис. 2. Видно, що рівень гемолізу еритроцитів обох вікових груп в 4,0 М NaCl зростає при попередньому інкубуванні (2 хв) у сахарозних середовищах із концентрацією 0,7 М і вище (рис. 2). Максимальний рівень гемолізу еритроцитів 1-місячних тварин в гіпертонічному розчині NaCl дорівнює ~70%, а 12-місячних щурів – ~50%.

При збільшенні часу експонування (30 хв) в гіпертонічних розчинах сахарози також посилюється сенсibiliзація еритроцитів тварин обох вікових груп до перенесення у 4,0 М NaCl (рис. 2Б). При цьому спостерігається зростання гемолітичного пошкодження у гіпертонічному сольовому розчині еритроцитів, які були попередньо проінкубовані у середовищі, що містили сахарозу в концентрації 0,5 М і вище.

Обробка клітин хлорпромазином змінює стійкість еритроцитів тварин обох вікових груп до подальшого перенесення еритроцитів у 4,0 М NaCl (рис. 2). Цей вплив на еритроцити тварин молодшої групи є різноспрямованим, його характер залежить від тоничності та тривалості

початкової інкубації клітин в розчинах сахарози. Так, ХПР підвищує осмотичну стійкість еритроцитів, які попередньо експонувались в розчинах сахарози з концентрацією 0,6–0,8 М протягом 2 і 30 хв. Незначне підвищення рівня гемолізу (не більш 8%) в 4,0 М NaCl модифікованих хлорпромазином еритроцитів цих тварин спостерігається після 2 хв інкубації в розчинах сахарози з більш низьким рівнем тоничності середовища (0,27–0,5 М) (рис. 2). На еритроцити 12-місячних тварин в умовах гіпертонічного шоку (4,0 М NaCl) сполука має виключно протектуючий вплив (рис. 2).

Для кількісної оцінки ефективності ХПР при гіпертонічному шоці еритроцитів тварин даних вікових груп використовували величини антигемолітичної активності речовини, виражені як відсоток зниження гемолізу клітин в присутності речовин по відношенню до гемолізу в пробі, що не містить амфіфіл. Значення максимальної антигемолітичної активності (АГ_{макс}) ХПР розраховували за формулою:

$$AG_{\text{макс}} = \frac{k - a}{k} \times 100 \% ,$$

де k – величина гемолізу еритроцитів у відсутності ХПР; a – мінімальна величина гемолізу еритроцитів у присутності ХПР.

Еритроцити після інкубування в 0,8 М сахарози протягом різного часу (від 2 до 60 хв) переносили в середовище, що містить 4,0 М NaCl. Після чого вимірювали рівень гемолітичного пошкодження клітин при використанні ХПР і без нього та розраховували величини антигемолітичної активності ХПР (табл. 1).

Таблиця 1.
Величини антигемолітичної активності ХПР (%) при перенесенні у 4,0 М NaCl еритроцитів щурів, що були попередньо проінкубовані в гіпертонічних розчинах сахарози

Вік тварини	Тривалість інкубації в 0,8 М сахарозі, хв			
	2	10	30	60
1 міс.	26	24	33	6
12 міс.	27	48	38	30

Після нетривалого інкубування (2 хв) еритроцитів у сахарозному середовищі і при їх подальшому перенесенні у 4,0 М NaCl величини АГ активності ХПР не відрізняються для клітин щурів обох вікових груп. З табл. 1 видно немонотонний характер зміни значень АГ активності ХПР при варіюванні тривалості інкубування клітин в неелектролітному середовищі. Однак, якщо для клітин молодших щурів підвищення АГ активності ХПР спостерігається до 30-ої хв, то для еритроцитів старшої групи – до 10-ої хв, причому воно в останньому випадку виражено більшою мірою. Добре видно, що зі збільшенням тривалості перебування клітин в неелектролітному середовищі до 60 хв ефективність ХПР в гіпертонічному сольовому середовищі (4,0 М NaCl) знижується для клітин щурів обох вікових груп, але в різному ступені. Якщо для еритроцитів молодших тварин спостерігається зниження в 4 рази, то для клітин 12-місячних щурів – в 1,6 разів. Мабуть, особливості стану мембрани тварин на даному етапі онтогенезу знижують здатність амфіфільних молекул ХПР вбудовуватися і розподілятися в ній, особливо це виражено для клітин молодших тварин.

Пошкодження еритроцитів в гіпертонічних умовах пов'язують із формуванням у мембрані дефектів і їх зростанням до розміру гемолітичних пор. Існують різні точки зору на механізм захисної дії ХПР в умовах осмотичного стресу. Амфіфільні властивості ХПР зумовлюють можливість його вбудовування в клітинну мембрану, а позитивний заряд сполуки сприяє розподілу його молекул саме у внутрішньому моношарі плазматичної мембрани, що містить негативно заряджений фосфатидилсерин. Знаходження ХПР на межі цитоскелету і внутрішньої поверхні мембрани може призводити до зниження стабілізуючого впливу білків цитоскелету на дефекти структури мембрани, що розвиваються в гіпертонічних умовах (Minetti et al., 1984). У роботах (Шпакова и др., 1995; Semionova et al., 2017a) показано, що для прояву захисного ефекту ХПР повинен бути присутнім в середовищі в момент різкої зміни температурних і осмотичних умов, а не в результаті попередньої обробки клітин.

Результати, представлені в роботі, свідчать про різну осмотичну стійкість нативних та модифікованих хлорпромазином еритроцитів 1- і 12-місячних щурів до гіпертонічних розчинів сахарози та в 4,0 М NaCl. Це свідчить про те, що на цих етапах онтогенезу щурів (1- і 12-місячні) існують вікові особливості стану структурно-функціонального комплексу цитоскелет-мембрана у клітин даного типу. Вірогідно, що вони зумовлені більш загальними особливостями структури, властивостей, функціональних та адаптивних можливостей еритроцитів в цілому, які можуть бути пов'язані з певними етапами індивідуального розвитку організму. Так, у ранньому онтогенезі щурів виявлено два критичні періоди розвитку гемопоєзу: неонатальний та період між 9 і 17 днями їх постнатального життя (Новожилов, 2009). Показано, що протягом цього часу системи червоної та білої крові цих тварин переходять на новий рівень функціонування порівняно зі станом новонародженості. В період постнатального онтогенезу щурів (до одного місяця) кардинально змінюються морфо-функціональні і біохімічні властивості еритроцитів (Іванова и др., 2002). Це є наслідком поступового переходу організму на гемопоєз, який продовжує формуватися до періоду досягнення його статевої зрілості. Встановлено, що в цей час зазнають змін такі реологічні характеристики клітин, як здатність деформуватися під впливом механічних навантажень, показник S/V, агрегаційні властивості еритроцитів, їх кислоторезистентність (Новожилов, Катюшин, 2008; Березнякова, Жемела, 2013). Було встановлено, що протягом перших трьох місяців життя щурів гетерогенність еритроцитарних клітин зменшується порівняно зі станом новонародженості (Новожилов, Катюшин, 2008; Березнякова, Жемела, 2013). Вона досягає показників видової норми статевозрілого організму у трьохмісячному віці та зберігається до початку його старіння (з 20,5 місяців).

Таким чином, виявлені особливості осмотичної чутливості нативних та модифікованих хлорпромазином еритроцитів щурів 1- та 12-місячного віку можуть бути наслідками різного структурно-функціонального стану клітин еритроцитарної популяції на даних етапах онтогенезу, що знаходить своє відображення в різниці збереження бар'єрної функції мембрани еритроцитів в гіпертонічних середовищах.

Висновки

Хлорпромазин протектує еритроцити 12-місячних тварин від ушкодження як в гіпертонічних розчинах сахарози, так і при їх перенесенні у 4,0 М NaCl. Вплив даної сполуки на еритроцити 1-місячних щурів виявлено при їх перенесенні у 4,0 М розчин NaCl. Характер дії хлорпромазину визначається попередніми осмотичними умовами та часом експонування клітин в неелектролітних розчинах. Протектуючий вплив хлорпромазину більш виражений для еритроцитів 12-місячних тварин в 4,0 М NaCl порівняно з клітинами 1-місячних щурів.

Список літератури / References

- Березнякова А.І., Жемела О.Д. Здатність до деформації мембран еритроцитів у щурів різного віку при гіпоксії // Фізіологічний журнал. – 2013. – Т.59 (3). – С. 72–77. /Bereznyakova A.I., Zhemela O.D. Deformability of the erythrocytes membrane in rats of different age in hypoxia // Fiziologichnyi zhurnal. – 2013. – Vol.59 (3). – P. 72–77./
- Дунаевская О.Н., Панталер Е.Р., Шпакова Н.М., Бондаренко В.А. Некоторые возможности повышения устойчивости эритроцитов к холодовому и гиперосмотическому воздействиям при использовании катионных амфипатов // Проблемы криобиологии. – 1995. – №1. – С. 21–27. /Dunayevskaya O.N., Pantaler Ye.R., Shpakova N.M., Bondarenko V.A. Some possible methods of increasing red blood cells stability to the action of cold and hyperosmotic influence at the application of cation amphipates // Problems of Cryobiology. – 1995. – No. 1. – P. 21–27./
- Єршов С.С., Писаренко Н.А., Орлова Н.В., Шпакова Н.М. Вплив катіонних та аніонних амфіфільних сполук на гіпертонічний криогемоліз еритроцитів ссавців // Фізіологічний журнал. – 2007. – Т.53 (6). – С. 78–84. /Yershov S.S., Pysarenko N.A., Orlova N.V., Shpakova N.M. Effect of cationic and anionic amphiphilic compounds on hypertonic cryohemolysis of mammalian red blood cells // Fiziologichnyi zhurnal. – 2007. – Vol.53 (6). – P. 78–84./
- Іванова І.А., Эндакова Э.А., Новгородцева Т.П. Возрастные и половые особенности фосфолипидного состава эритроцитов крыс линии Вистар в процессе постнатального онтогенеза // Российский физиологический журнал. – 2002. – №1. – С. 53–62. /Ivanova I.A., Endakova E.A., Novgorodtseva T.P. Age and sex characteristics of the phospholipid composition of erythrocytes of Wistar rats in the process of postnatal ontogenesis // Russian Journal of Physiology. – 2002. – No. 1. – P. 53–62./
- Коба Л.В., Шапкина О.О., Жуйкова А.Є., Бондаренко В.А. Стькість еритроцитів щурів різного віку до гіпертонічних умов середовища // Вісник проблем біології і медицини. – 2018. – Т.145 (3). – С. 389–

392. /Koba L.V., Shapkina O.O., Zhuykova A.Y., Bondarenko V.A. Stability of different age rat erythrocytes to hypertonic medium // Bulletin of Problems in Biology and Medicine. – 2018. – Vol.145 (3). – P. 389–392./
- Матвиенко Е.А., Коба Л.В., Шпакова Н.М., Бондаренко В.А. Возрастные особенности устойчивости эритроцитов крыс к гипертоническому воздействию под влиянием хлорпромазина // Проблемы криобиологии. – 2002. – №1. – С. 19–23. /Matviyenko Ye.A., Koba L.V., Shpakova N.M., Bondarenko V.A. Age peculiarities of rat erythrocytes' resistance to hypertonic effect with influence of chlorpromazine // Problems of Cryobiology. – 2002. – No. 1. – P. 19–23./
- Новожилов А.В. Динамика реологических и гематологических показателей у незрело- и зрелорождающихся животных в постнатальном онтогенезе. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18с. /Novozhilov A.V. Dynamics of rheological and hematological parameters in non-mature and mature animals in postnatal ontogenesis. Abstract of Ph.D. thesis (Biology). – Sankt-Petersburg, 2009. – 18p./
- Новожилов А.В., Катюшин Л.Н. Динамика гематологических показателей крови белых крыс в постнатальном онтогенезе // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2008. – Т.44 (6). – С. 613–621. /Novozhilov A.V., Katyushin L.N. Dynamics of hematological parameters of blood of white rats in postnatal ontogenesis // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2008. – Vol.44 (6). – P. 613–621./
- Цымбал Л.В., Орлова Н.В., Шпакова Н.М. Модификация хлорпромазином структурно-функционального состояния мембран эритроцитов // Биологические мембраны: Журнал мембранной и клеточной биологии. – 2005. – Т.22 (4). – С. 327–335. /Tsymbal L.V., Orlova N.V., Shpakova N.M. Modification of the structure-functional state of erythrocyte membranes by chlorpromazine // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2005. – Vol.22 (4). – P. 327–335./
- Шпакова Н.М. Температурна та осмотична стійкість еритроцитів різних видів ссавців. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Харків, 2014. – 44с. /Shpakova N.M. Temperature and osmotic resistance of erythrocytes of different mammalian species. Abstract of Ph.D. thesis (Biology). – Kharkiv, 2014. – 44p./
- Шпакова Н.М., Бондаренко В.А. Действие хлорпромазина на температурную и осмотическую чувствительность эритроцитов // Биохимия. – 1991. – Т.56 (12). – С. 2125–2130. /Shpakova N.M., Bondarenko V.A. The effect of chlorpromazine on the temperature and osmotic sensitivity of erythrocytes // Biochemistry. – 1991. – Vol.56 (12). – P. 2125–2130./
- Шпакова Н.М., Панталер Е.Р., Бондаренко В.А. Антигемолитический эффект хлорпромазина при гипертоническом и холодовом шоке эритроцитов // Биохимия. – 1995. – Т.60 (10). – С. 1624–1631. /Shpakova N.M., Pantaler Ye.R., Bondarenko V.A. Anti-hemolytic effect of chlorpromazine with hypertonic and cold shock of erythrocytes // Biochemistry. – 1995. – Vol.60 (10). – P. 1624–1631./
- Шпакова Н.М., Семіонова К.А., Коваленко І.Ф. та ін. Морфологічні особливості температурної та осмотичної реакції еритроцитів за наявності хлорпромазину // Фізіологічний журнал. – 2017. – Т.63 (5). – С. 62–69. /Shpakova N.M., Syemionova K.A., Kovalenko I.F. et al. Morphological peculiarities of temperature and osmotic response of erythrocytes in presence of chlorpromazine // Fiziolohichnyi zhurnal. – 2017. – Vol.63 (5). – P. 62–69./
- Chabanenko O.O., Semionova E.A., Shpakova N.M. Chlorpromazine and posthypertonic stress as model of damage in cryopreserved cells during thawing // Problems of Cryobiology and Cryomedicine. – 2017. – Vol.27 (2). – P.161.
- Minetti M., Ceccarini M., Di Stasi A.M. Role of membrane thermotropic properties on hypotonic hemolysis and hypertonic cryohemolysis of human red blood cells // J. Cell Biochem. – 1984. – Vol.25 (2). – P. 61–72.
- Semionova E.A., Chabanenko E.A., Orlova N.V. et al. About mechanism of antihemolytic action of chlorpromazine under posthypertonic stress in erythrocytes // Problems of Cryobiology and Cryomedicine. – 2017a. – Vol.27 (3). – P. 219–229.
- Semionova E.A., Iershova N.A., Orlova N.V., Shpakova N.M. Hypotonic lysis of mammalian erythrocytes in chlorpromazine presence // Eastern European Scientific Journal. – 2016. – No. 2. – P. 7–17.
- Semionova Y.A., Zemlyanskikh N.G., Orlova N.V. Antihemolytic efficiency of chlorpromazine under posthypertonic shock and glycerol removal from erythrocytes after thawing // Problems of Cryobiology and Cryomedicine. – 2017b. – Vol.27 (1). – P. 51–60.
- Yershova N.A., Nipot E.E., Shpakova N.M. et al. Effect of trifluoperazine and dodecyl- β ,D-maltoside on hypertonic stress of mammalian erythrocytes // Problems of Cryobiology and Cryomedicine. – 2014. – Vol.24 (3). – P. 231–237.

Представлено: Н.О.Карпенко / Presented by: N.O.Karpenko

Рецензент: Є.Е.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 03.10.2018

About the authors: L.V.Koba – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, lilia.v.koba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7293-7191>
O.A.Shapkina – Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the NASU, Pereyaslavskaya Str., 23, Kharkiv, Ukraine, 61016, oleinolsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0595-7130>
A.E.Zhuikova – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, asya.zhuikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8409-4467>
V.A.Bondarenko – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022; Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the NASU, Pereyaslavskaya Str., 23, Kharkiv, Ukraine, 61016, valant.bond@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1352-9782>

Про авторів: Л.В.Коба – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, lilia.v.koba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7293-7191>
О.О.Шапкина – Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, вул. Переяславська, 23, Харків, Україна, 61016, oleinolsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0595-7130>
А.Є.Жуйкова – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, asya.zhuikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8409-4467>
В.А.Бондаренко – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022; Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, вул. Переяславська, 23, Харків, Україна, 61016, valant.bond@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1352-9782>

Об авторах: Л.В.Коба – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, lilia.v.koba@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7293-7191>
О.А.Шапкина – Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, ул. Переяславская, 23, Харьков, Украина, 61016, oleinolsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0595-7130>
А.Е.Жуйкова – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, asya.zhuikova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8409-4467>
В.А.Бондаренко – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, ул. Переяславская, 23, Харьков, Украина, 61016, valant.bond@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1352-9782>

••• ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН ••• PLANT PHYSIOLOGY •••

UDC: 581.14:581.19:633.111.1

Вплив трофічного забезпечення на динаміку ростових процесів і вмісту вуглеводів у проростків озимої пшениці за яровизації
В.В.Чумакова, О.О.Авксентьєва

Вивчали вплив контрастних умов трофічного забезпечення яровизації (верналізації) на ростову реакцію і динаміку вмісту різних фракцій розчинних вуглеводів в проростках двох сортів озимої пшениці Статна і Дорідна. В експериментах моделювали різні умови трофічного забезпечення яровизації шляхом додавання 3%-го розчину сахарози, а також ізолювання ендосперму – природного запасу вуглеводів і біологічно активних речовин. В ході проведених експериментів показано, що оптимальні умови трофічного забезпечення (варіант зернівки + вода) детермінують максимальний лінійний ріст і накопичення біомаси проростків протягом всього періоду яровизаційного впливу, надлишок екзогенних, цукрів (варіант зернівки + 3% сахароза) гальмує ростові процеси, дефіцит трофічних факторів (варіант ізольовані зародки + 3% сахароза) також гальмує ріст, а відсутність трофічного забезпечення (варіант ізольовані зародки + вода) повністю пригнічує ріст і накопичення біомаси проростками протягом 45-добового яровизаційного впливу. Встановлено, що динаміка зміни вмісту розчинних вуглеводів в проростках озимої пшениці також залежить від рівня трофічного забезпечення процесу яровизації і корелює зі змінами ростової реакції. Показано, що у всіх варіантах дослідів протягом усього періоду верналізації вміст олігоцукрів істотно перевищує вміст моноцукрів в проростках обох сортів. Оскільки моноцукри являються найбільш метаболічно активними вуглеводами, вірогідно, вони в максимальній кількості витрачаються на перших етапах яровизації (15–30 діб). Обговорюється, що різний рівень трофічного забезпечення може бути одним з вагомих чинників генетичної та/або епігенетичної регуляції процесу яровизації *Triticum aestivum* L. Зміни у метаболічних процесах, зокрема вуглеводному обміні, можуть впливати на зниження експресії генів *VRN*, які є мішенню епігенетичної регуляції, і в результаті цього на набуття здатності рослин пшениці м'якої переходити до колосіння. Припускається, що регуляторна роль вуглеводів в яровизаційному процесі може здійснюватися тільки при оптимальному рівні трофічного забезпечення.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., яровизація, трофічне забезпечення, ростова реакція, розчинні вуглеводи.

Effect of trophic support on the dynamics of growth processes and carbohydrate content of winter wheat sprouts under vernalization
V.V.Chumakova, O.A.Avksentieva

The influence of contrasting conditions of trophic support of vernalization on the growth reaction and dynamics of the content of various fractions of soluble carbohydrates of sprouts of two winter wheat varieties Statna and Doridna were studied. In experiments, the contrasting trophic conditions of vernalization were created by adding 3% sucrose solution, as well as isolation of endosperm, a natural reserve of carbohydrates and biologically active substances. It was shown that optimal conditions of trophic support (integral seeds + water) determined the maximum linear growth and accumulation of sprouts biomass during vernalization. The excess of exogenous sugars (integral seeds + 3% sucrose solution) inhibited growth processes. However, the deficit of trophic factors (isolated buds + 3% sucrose solution) also inhibited growth and the lack of trophic support (isolated buds + water) completely inhibited growth and accumulation of sprouts biomass during 45 days of vernalization. It was established that the dynamics of changes in soluble carbohydrates content in winter wheat sprouts also depended on the trophic support level of vernalization and correlated with changes of growth reaction. It was shown the oligosaccharide content was significantly higher than monosaccharide content of sprouts of all the variants of both varieties during the entire period of vernalization. In view of the fact that monosaccharides are the most metabolically active carbohydrates, they are probably spent as much as possible at the first stages of vernalization (15–30 days). It is discussed that different level of trophic support is able to be one of the important factors of genetic and/or epigenetic regulation of *Triticum aestivum* L. Thus, changes in metabolic processes, in particular carbohydrate metabolism, can effect on the reduction of *VRN* genes expression, which are the target of epigenetic regulation, and as a result, on the ability of soft wheat plants to flower. It is assumed that the regulatory role of carbohydrates in vernalization process can be realized only at the optimal level of trophic support.

Key words: *Triticum aestivum* L., vernalization, trophic support, growth reaction, soluble carbohydrates.

Влияние трофического обеспечения на динамику ростовых процессов и содержания углеводов в проростках озимой пшеницы при яровизации В.В.Чумакова, О.А.Авксентьева

Изучали влияние контрастных условий трофического обеспечения яровизации (вернализации) на ростовую реакцию и динамику содержания различных фракций растворимых углеводов в проростках двух сортов озимой пшеницы Статна и Доридна. В экспериментах моделировали различные условия трофического обеспечения яровизации путем добавления 3%-го раствора сахарозы, а также изолирования эндосперма – природного запаса углеводов и биологически активных веществ. Было показано, что оптимальные условия трофического обеспечения (вариант зерновки + вода) детерминируют максимальный линейный рост и накопление биомассы проростков, избыток экзогенных сахаров (вариант зерновки + 3% сахароза) тормозит ростовые процессы, недостаток трофических факторов (вариант изолированные зародыши + 3% сахароза) также тормозит рост, а отсутствие трофического обеспечения (вариант изолированные зародыши + вода) полностью подавляет рост и накопление биомассы проростками в течении 45-суточного яровизационного воздействия. Установлено, что динамика изменения содержания растворимых углеводов в проростках озимой пшеницы также зависит от уровня трофического обеспечения процесса яровизации и коррелирует с изменениями ростовой реакции. Показано, что во всех вариантах в течение всего периода вернализации содержание олигосахаров существенно превышает содержание моносахаров в проростках обоих сортов. Поскольку моносахара являются наиболее метаболически активными углеводами, вероятно, они в максимальном количестве расходуются на первых этапах яровизации (15–30 суток). Обсуждается, что разный уровень трофического обеспечения может быть одним из весомых факторов генетической и/или эпигенетической регуляции процесса яровизации *Triticum aestivum* L. Изменения в метаболических процессах, в частности углеводном обмене, могут влиять на снижение экспрессии генов *VRN*, которые являются мишенью эпигенетической регуляции, и в результате этого на приобретение способности растений пшеницы мягкой переходить к колошению. Предполагается, что регуляторная роль углеводов в процессе яровизации может осуществляться только при оптимальном уровне трофического обеспечения.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., яровизация, трофическое обеспечение (факторы), ростовая реакция, растворимые углеводы.

Introduction

One of the important and key stages of the development of winter wheat plants is the process of vernalization, which requires the complex of factors – temperature, water, oxygen and trophic support (Henderson et al., 2003). Vernalization has a metabolic nature, associated with physiological and biochemical processes occurring in a plant as an integral organism. Investigation of physiological processes during vernalization has led to the idea that a number of changes of plant metabolism occur. There is an accumulation of carbohydrates and soluble nitrogen-containing substances, increase of some enzyme activity and intensification of nucleic acids metabolism (Avksentieva, Zhmurko, 2011). A significant factor of the regulation of vernalization process is the genetic control. In wheat, the *VRN* genes system has been identified. It controls the need of vernalization and determines the type of plant development (spring or winter) (Dennis, Peacock, 2009). The *VRN* genes system includes several genes, among which the main ones are *Vrn 1*, *Vrn 2*, *Vrn 3* (Song et al., 2012; Sung, Amasino, 2005). These genes are one of the well-defined examples of epigenetic regulation, whose target in cereals is the *Vrn 2* gene (Shcherban, Salina, 2013). The expression of *Vrn 2* decreases under influence of a positive temperature due to the posttranscriptional mechanism (the processing of non-coding anti-sense RNA), which causes the modification of histone proteins and leads to an appropriate physiological response. Thus, plants can "memorize" the changes that occur in meristem cells caused by environmental conditions and stress. Those cells that get into germinal line are adaptive (Song et al., 2012; Sung, Amasino, 2005).

When passing through vernalization at sprouts stage, the need of metabolites is supported by the stock of plastic and biologically active substances (BAS) of an endosperm (Aoki et al., 2006). Carbohydrates play a central role in plant metabolism at the level of single cells and the whole organism. They are involved in reactions-responses to a number of stressors and act as signaling molecules that activate specific pathways of transduction of the stress or hormonal signal, resulting in important modifications of gene expression (Rosa et al., 2009; Baena et al., 2007; Baier et al., 2004). Sugars affect the expression of many genes involved in photosynthesis, glycolysis (Cho et al., 2006), nitric and sucrose metabolism, regulate the cell cycle (Riou-Khamlichi et al., 2000) and others. Sugar signaling can also intersect with other signaling pathways (O'Hara et al., 2013). In particular, reducing the trehalose-6-

phosphate synthase expression causes down-regulation of the *FT* gene (Flowering Locus T – MADS-box), which is responsible for a process of vernalization and very late flowering of *Arabidopsis thaliana* plants (Gol et al., 2017). In addition, the role of sugars in the transmission of a low-temperature signal has been confirmed and also as low molecular weight antioxidants (Rolland et al., 2002). It has been found that sugars can inhibit the mobilization of nutrients, thereby inhibit the development and growth in length of the plant aboveground part (Rolland et al., 2002). An exogenous sucrose can compensate the activity of regulators of shoots and roots meristem development (Eveland, Jackson, 2011). Sucrose is one of the main transport metabolites of a plant that supplies energy, plastic, signaling and other functions (Yuanyuan et al., 2009; Koch, 2004). Sucrose is the dominant transport form of sugars in the phloem, but it cannot directly be used for metabolic processes (Deryabin, Trunova, 2014). According to the literature, endogenous sucrose and glucose either act as substrates for cellular respiration or as osmolytes to support cellular homeostasis, whereas fructose is not associated with the osmolytic protection and synthesis of secondary metabolites (Rosa et al., 2009).

Thus, soluble carbohydrates play an important multifunctional role in the plant organism throughout the ontogenesis. In the period of vernalization, the long-term effect of positive temperatures, sugars can act as trophic substrates or transport forms of carbohydrates, or osmolytes – protectors from the low-temperature stress and signaling molecules that can indirectly regulate a plant development through the genes' expression or their epigenetic control.

The successful passing of vernalization process, probably, can be due to the optimal supply of trophic factors, which can determine the genetic and epigenetic control of vernalization gene expression.

Therefore, the aim of our work was to study the growth reactions and dynamics of the content of soluble carbohydrates of winter wheat sprouts under contrasting trophic conditions of vernalization.

Materials and methods

Seeds of two varieties of soft winter wheat *Triticum aestivum* L., Doridna and Statna (Plant Production Institute nd. a. V.Ya.Yuryev of NAAS) were used as a plant material. These varieties are of universal type of use, unpretentious to the cultivation conditions, tolerant to the main field diseases of winter wheat and have high winter resistance. Physiological and biochemical experiments were carried out at the Department of Plants and Microorganisms' Physiology and Biochemistry of V.N.Karazin Kharkiv National University during 2016–2017.

Since sugars as signaling molecules are involved in expression/repression of genes that determine plant development, we have used 3% sucrose solution in our experiments, simulating different levels of trophic support of vernalization. The vernalization of winter wheat sprouts with endosperm, which is a source of trophic and biologically active substances, causes the transition of plants to generative development. Such a variant of vernalization is optimal for the level of trophic support; its disorder can be excess, deficit or lack of trophic substances, in particular sugars. Based on the foregoing, the vernalization variants were grains + water (optimal trophic support), grains + 3% sucrose solution (excess of trophic support), isolated buds + water (without trophic support), 4) isolated buds + 3% sucrose solution (deficit of trophic support).

Wheat grains were sterilized by 5% sodium hypochlorite solution, sprouted in the dark at $t=22\pm 2^{\circ}\text{C}$ during two days. To simulate the contrasting conditions of trophic support, the endosperm was removed in some grains, leaving isolated buds. The vernalization was carried out in Petri dishes during 45 days at a fixed temperature $+4^{\circ}\text{C}$. Sampling (10 sprouts of each variant) was carried out at different stages – 15, 30 and 45 days – for biochemical and morphometric analysis. The total length of sprouts, the aboveground part and root, as well as total biomass, were determined.

A method, based on the reducing of potassium ferrocyanide in alkaline medium to ferrocyanide by reductive sugars, was used for a quantitative determination of soluble sugars content – monosaccharides, oligosaccharides and total soluble sugars in plant material. Ferrocyanide forms a steady blue color with sulfuric acid in the presence of gelatin. Based on the intensity of solution color, the amount of reducing sugars was determined by the photocolometric method (Yermakov et al., 1987).

Soluble sugars were determined in air-dried plant material, which was fixed by water vapor during 30 minutes at temperature 110°C and drying during 1 hour at temperature 70°C . Extracts of sugars were obtained by extraction with 80% ethyl alcohol. A supernatant was obtained for the analysis, after 10 minutes of centrifugation at 3000 rpm (Tymoshenko, Zhmurko, 2000; Yermakov et al., 1987). A similar method was used to determine the total soluble sugars, but with the prior hydrolysis of the extract by 5% HCl for 10

minutes. The content of oligosaccharides was calculated by the difference of content of total soluble sugars and monosaccharides. For the biochemical analysis and calibration graph, the analytical grade reagents were used.

In total, two biological and four analytical series of experiments were carried out. Statistical data processing was performed by Microsoft Excel 2010. The significance of differences between control and experimental variants was determined using Student's t-criterion, $P \leq 0.05$ (Atramentova, Utevskaia, 2008). The graphs show the mean values and their standard errors.

Results and discussion

Growth processes. It is known that plant growth mostly depends on the level of trophic substances support, in particular carbohydrates. Therefore, we have determined the dynamics of linear growth of sprouts under different conditions of trophic support during vernalization.

The results of experiments with Doridna sprouts are shown in Figure 1. They showed a gradual increase of a linear growth of the aboveground part and roots in variants grains + water and grains + 3% sucrose. However, in the variant of isolated buds + water, the growth processes did not occur during vernalization.

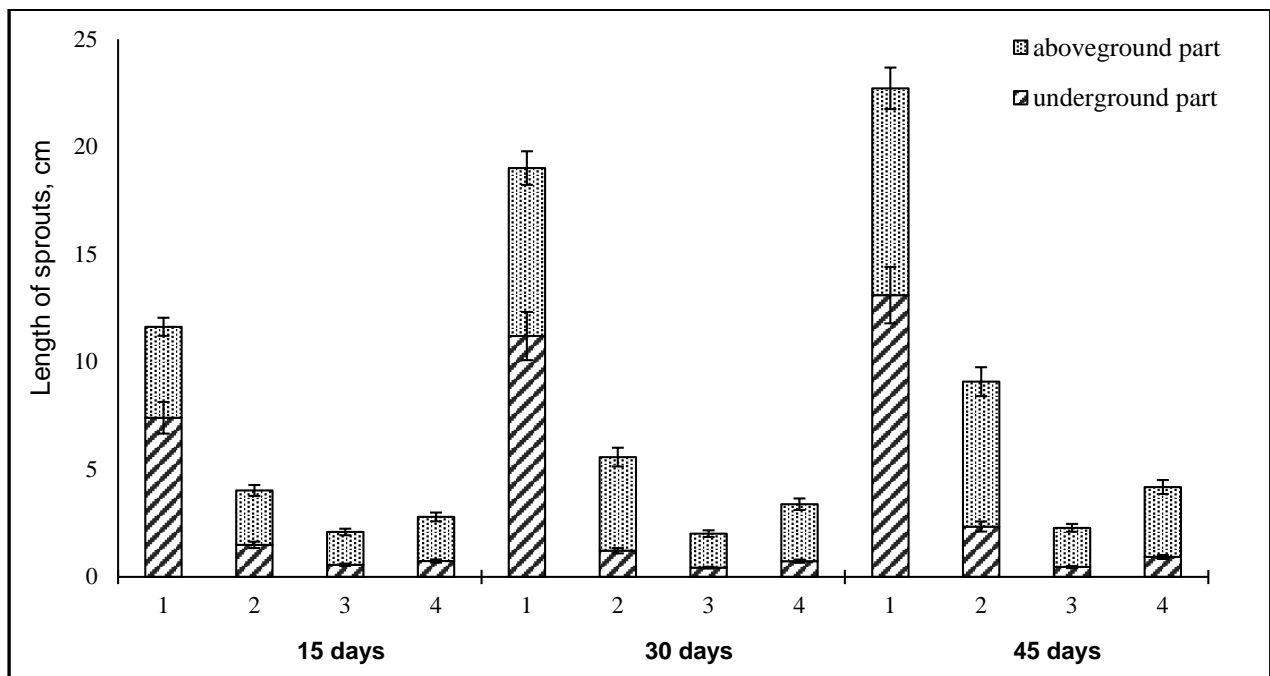


Fig. 1. Influence of contrasting conditions of trophic support on the growth reaction of winter wheat sprouts of the Doridna variety during vernalization: 1 – grains + water; 2 – grains + 3% sucrose solution; 3 – isolated buds + water; 4 – isolated buds + 3% sucrose solution

The sprouts of grains + water (optimal trophic support) were growing more intensively in about three-four times than grains + 3% sucrose (excessive trophic support) during all the period of vernalization on 15th, 30th and 45th days. The growth of sprouts of isolated buds + 3% sucrose (limited trophic support) was even slower and sprouts of isolated buds + water (lack of trophic support) were almost not growing. The results of determining the growth of Statna sprouts are shown in Figure 2. They were similar to those obtained in the experiment with Doridna. Thus, a linear growth of the aboveground part and roots was gradually intensifying in all variants of trophic support, excepting isolated buds + water. According to the intensity of sprouts growth, depending on the level of trophic support, variants were ranked as follows: grains + water > grains + sucrose > isolated buds + sucrose > isolated buds + water.

At all stages of exposure, on the 15, 30 and 45 days, in the variant of grain + water of both wheat varieties, the root system exaggerated the aboveground part of sprouts, unlike other variants (Fig. 1, 2). In

particular, on the 15th day the underground part was twice as much as the aboveground, because the main role of roots of winter wheat, as well as other plants, is in absorbing water and nutrients from an environment and supplying other plant organs, especially in early stages of development (Man et al., 2016).

Thus, a linear growth of sprouts of both wheat varieties depends on the level of trophic support. Its excess (grains + sucrose), the deficit (isolated buds + sucrose), lack of (isolated buds + water) inhibit linear growth of sprouts, compared with optimal support (grains + water).

The integral indicator of the functioning of plant organism is biosynthetic processes, which are characterized by the biomass accumulation. Therefore, we have determined the dynamics of biomass of the wheat varieties sprouts during vernalization under different levels of trophic support. The results are shown in Figure 3. They have shown that biomass of Doridna sprouts has increased in all variants of trophic support, except the variant with its lack.

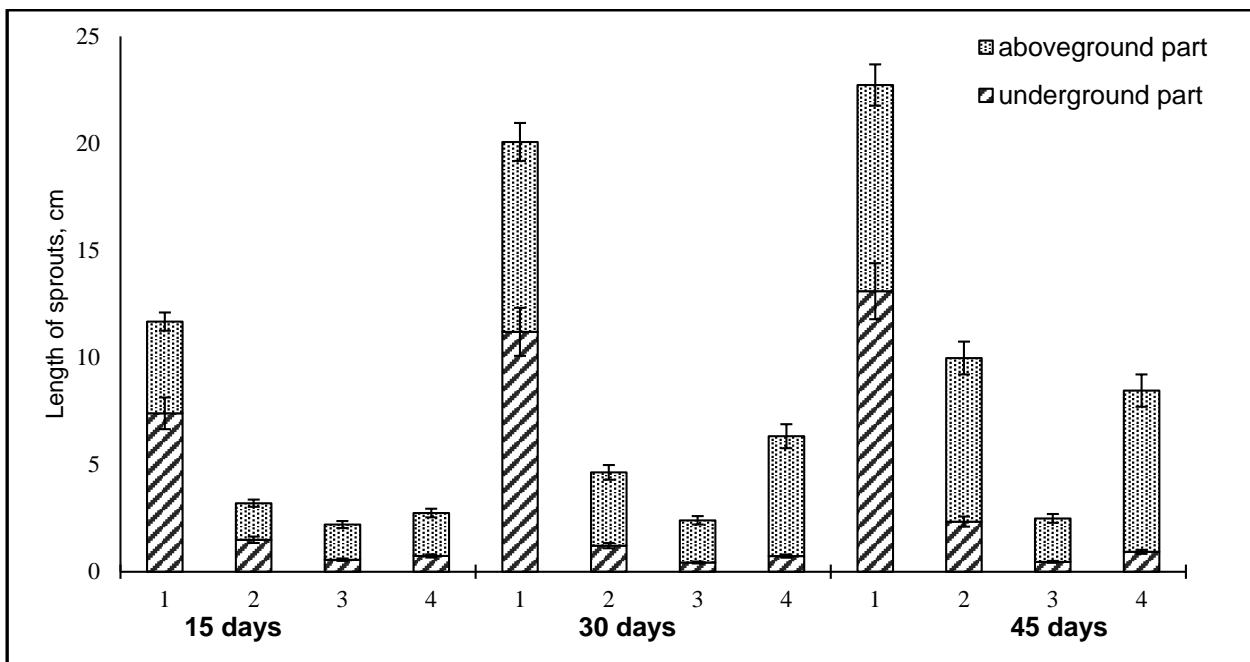


Fig. 2. Influence of contrasting conditions of trophic support on the growth of winter wheat sprouts of the Statna variety during vernalization: 1 – grains + water; 2 – grains + 3% sucrose solution; 3 – isolated buds + water; 4 – isolated buds + 3% sucrose solution

At the same time, the intensity of this process depended on the level of trophic support. Thus, the most intensive biomass accumulation occurred at the optimal level (grains + water). Excessive support (grains + sucrose) inhibited the formation of biomass in comparison with this process under optimal support. In this case, inhibition was shown largely in the variant of isolated buds + sucrose (Fig. 3).

The dynamics of the biomass formation of Statna sprouts was generally similar to this process in Doridna, but with some exceptions. The most intensive biomass was under optimal trophic support. Under its excess (grains + sucrose), the biomass of Statna sprouts has increased by the 30th day, but decreased by the 45th day. However, in this variant, the inhibition of the biomass accumulation has been occurring during vernalization, compared with the variant with optimal trophic support. The biomass of Statna sprouts under lack of trophic support has been increasing, but several times slower than under the optimal and excess ones. Under lack of support (buds + water), the biomass has not been changing during the entire period of vernalization (Fig. 3).

Thus, the determination of growth processes of two winter wheat varieties has shown their dependence on the trophic support during vernalization. Obtained results suggest that the trophic support of vernalization, along with biologically active substances and genetic factors, can be a significant factor in the regulation of winter wheat growth processes and development.

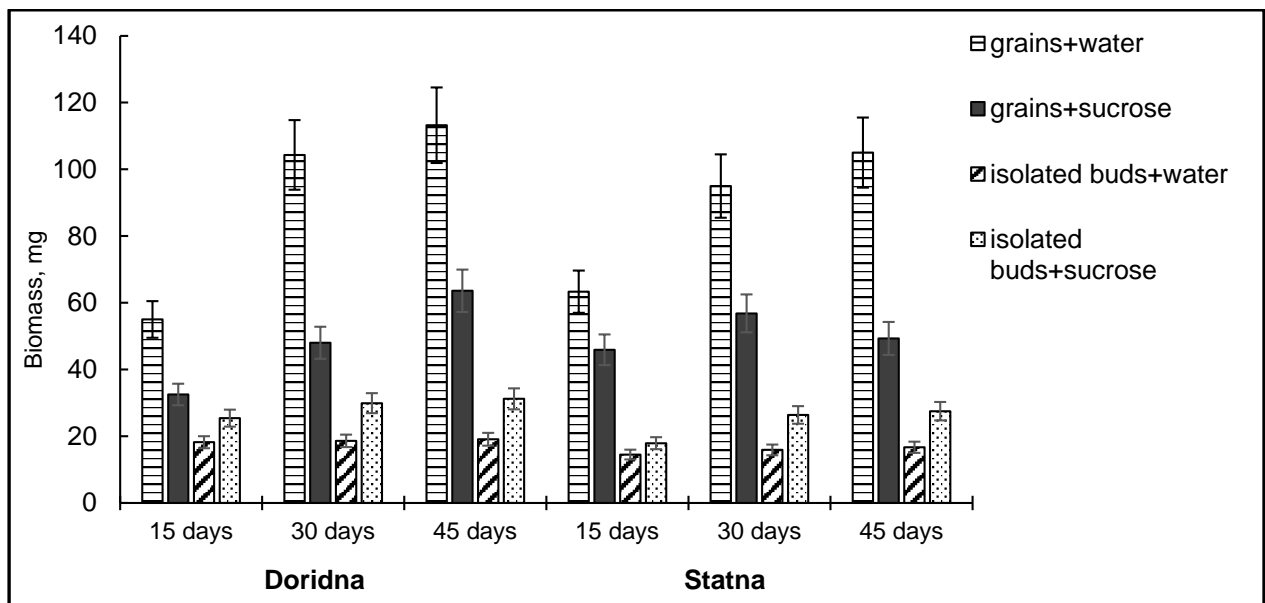


Fig. 3. Influence of contrasting conditions of trophic support on the biomass accumulation of sprouts of two winter wheat varieties during vernalization

The content of carbohydrates. The literature data presented in the review show that carbohydrates play a significant role as signaling molecules in the regulation of the plant growth and development, participating in the genes expression/repression. Their regulatory effect, probably, is realized when a certain optimal concentration is achieved in cell compartments, but cannot be realized when their content goes beyond the optimum, i.e. becomes excessive or insufficient. This fact can be confirmed by the fact that growth processes depend on the level of trophic support during vernalization.

In our model of the experiment, we assume that changes in the level of trophic support during the vernalization process can be achieved by changing the endogenous concentration of carbohydrates of sprouts. Therefore, we have determined the content of soluble carbohydrates of sprouts under different levels of trophic support.

The results of experiments with the Doridna variety are shown in Figure 4. They showed that the level of endogenous carbohydrates varies depending on the trophic support. The total content of carbohydrates (oligosaccharides + monosaccharides) was the highest in the variant of grains + water, a bit lower – in grains + sucrose, even lower – isolated buds + sucrose, the lowest – isolated germs + water. In this case, in all variants of the experiment, oligosaccharides content was substantially higher than monosaccharides. This fact, perhaps, is explained by the intensive involving of monosaccharides in metabolic processes.

The content of oligosaccharides in the first 15 days of vernalization was maximum in the sprouts of the grains + water, significantly lower in the grains + sucrose and isolated buds + water and minimum in the isolated buds + sucrose. During the next 15 days (at the 30th day) the content of oligosaccharides of sprouts of the grains + water and grains + sucrose significantly decreased. At the same time, in the isolated buds + water and isolated buds + sucrose there was a slight tendency to increase it. At the 45th day of vernalization, the content of oligosaccharides of the grains + water increased. In the grains + sucrose, their content increased. In the isolated buds + sucrose, it did not change, and in the case of isolated buds + water significantly decreased (Fig. 4). Consequently, the dynamics of oligosaccharides content depended on the level of trophic support of sucrose during vernalization.

As for the dynamics of the monosaccharides content during vernalization, it was another than that of the oligosaccharides. During 30 days of vernalization, in the sprouts of grains + water and grains + sucrose there was a tendency to monosaccharides decrease. During this period, changes of its content in the isolated buds + water were not detected. However, in the isolates buds + sucrose its content significantly decreased. At the 45th day of vernalization, the content of monosaccharides increased only in sprouts of the isolated embryos + sucrose, while in others decreased, compared with the 30th day (Fig. 4).

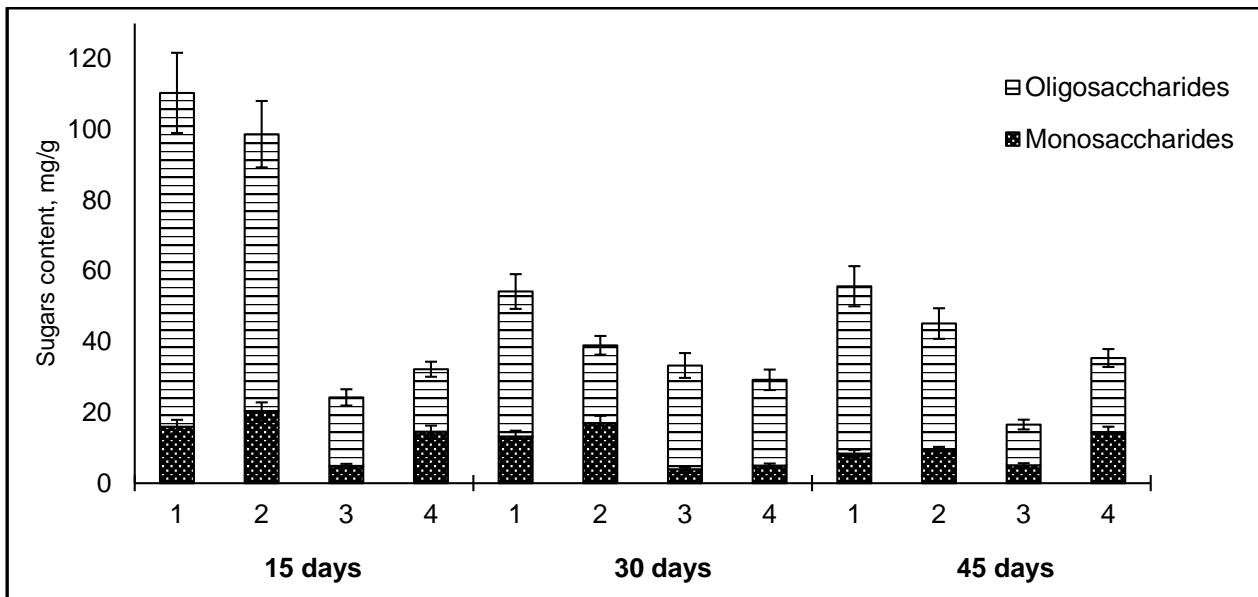


Fig. 4. Dynamics of soluble carbohydrates content of winter wheat sprouts of the Doridna variety under different conditions of trophic support during vernalization: 1 – grains + water; 2 – grains + 3% sucrose solution; 3 – isolated buds + water; 4 – isolated buds + 3% sucrose solution

The results of studying the dynamics of soluble carbohydrate content of the Statna sprouts are shown in Figure 5. They showed that the content of oligosaccharides was higher than the one of monosaccharides in most variants of the experiment, except isolated buds + sucrose on the 15th day of vernalization. The total sugars content was the highest in sprouts of grains + water and grains + sucrose; it was substantially lower in the isolated buds + sucrose and the minimum – in the isolated buds + water.

The content of oligosaccharides of the Statna sprouts at the 15th day was maximum in the grains + sucrose, much lower in the grains + water, while minimum and same in the isolated buds + water and isolated buds + sucrose. At the next 15 days of vernalization, the oligosaccharides content in the grains + water and grains + sucrose significantly decreased. At the same time, in the first it was more than in the second ones. The increase of the oligosaccharides content was identified in the isolated buds + water. This increase was higher in the isolated buds + sucrose than in the isolated buds + water. At the 45th day of vernalization, the content of oligosaccharides increased in all variants of trophic support, excepting the isolated buds + water, in which its content tended to decrease (Figure 5).

The dynamics of monosaccharides content was manifested in its decline from the 15th to the 30th day of vernalization in the sprouts of most variants, excepting the isolated buds + water. The content of grains + water and grains + sucrose kept on decreasing, while the isolated buds + sucrose conversely increased by the 45th day. The monosaccharides content in the isolated buds + water was the lowest compared with other variants and practically did not change during the entire period of vernalization. Comparing analysis of the dynamics of carbohydrate content of sprouts during vernalization, depending on the trophic support, showed significant differences between Doridna and Statna. Obtained results are likely related to genotypes and, probably, the intensity of the metabolic processes during the vernalization period.

Thus, the nature of change of the linear growth, biomass accumulation and content of endogenous sugars of sprouts of two winter wheat varieties during vernalization depended on the level of trophic support.

According to our data, the linear growth of sprouts and biosynthetic processes (accumulation of biomass) differed substantially from the variants of trophic support (in our case, sucrose), which can indicate the regulatory role of carbohydrates in this process. According to the literature, sugar can inhibit a linear growth and inhibit plant development (Rolland et al., 2002), which is exactly what we have set under excess of trophic supplies (grains + sucrose) compared with optimal trophic support (grains + water). The inhibition of growth under deficit (isolated buds + sucrose) of trophic support is probably related to a violation of the regulatory function of sugars. As a result, the minimum, created by the addition of sucrose solution, was used mainly as a plastic and energy material to ensure a minimum level of growth processes (Yuanyuan et

al., 2009; Koch, 2004; Aoki et al., 2006). The signaling function of sugars presumably could not be fully performed (Rosa et al., 2009; Baena et al., 2007; Baier et al., 2004), as well as their participation in the expression and/or repression of genes (Cho et al., 2006; Riou-Khamlichi et al., 2000; Gol et al., 2017).

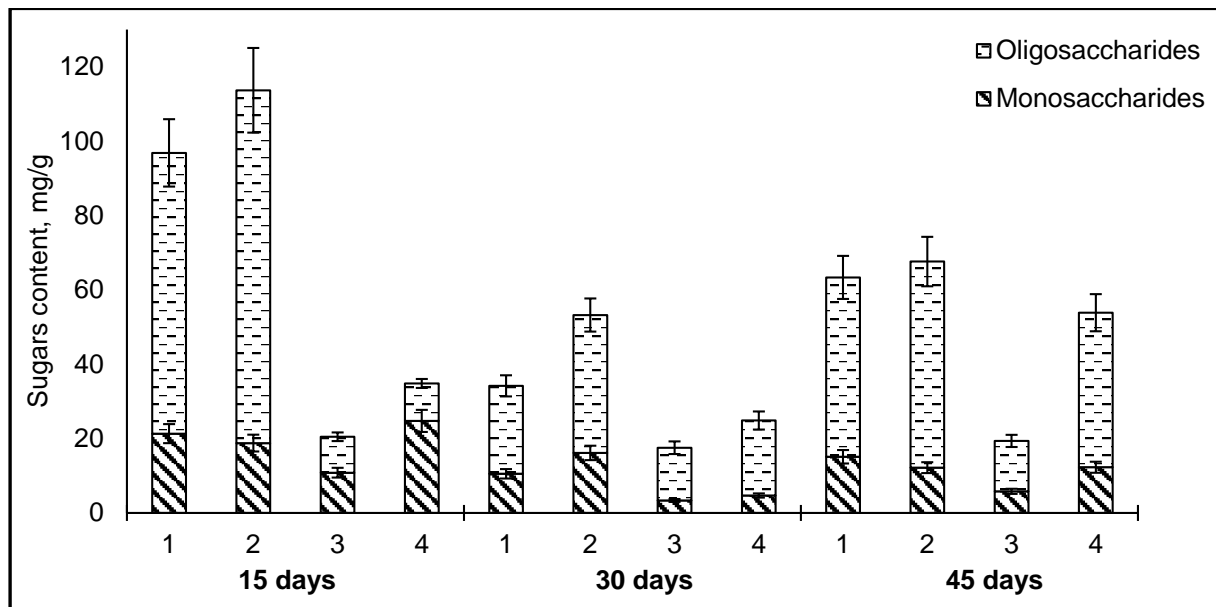


Fig. 5. Dynamics of the soluble carbohydrates content of winter wheat sprouts of the Statna variety under different conditions of trophic support during vernalization: 1 – grains + water; 2 – grains + 3% sucrose solution; 3 – isolated buds + water; 4 – isolated buds + 3% sucrose solution

The written, in our opinion, can explain the fact that we have established – almost complete lack of growth processes in the isolated buds + water. It is also possible that under changes of the level of trophic support (excess, deficit and lack) the hormonal regulation of growth processes during vernalization can be broken because sugar signaling overlaps with other signaling pathways, including hormonal (Rosa et al., 2009; O'Hara et al., 2013).

We have shown that the dynamics of the content of soluble carbohydrates (endogenous) during vernalization essentially depends on the level of trophic support (exogenous sucrose). It can also indicate the regulatory function of the trophic support in vernalization process.

According to data obtained, in the variants with optimal, excessive and insufficient support, the content of soluble carbohydrates of both varieties sprouts becomes higher on the 45th day of vernalization than at the 30th. However, under lack of trophic support, such an increase does not occur. It is known that 45 days of vernalization is sufficient for the transition of winter soft wheat to earing (Avksentieva, Zhmurko, 2011). This suggests that in the sprouts, metabolic processes, in particular, carbohydrate metabolism, are being activated at the end of vernalization, which is one of the important factors of reducing an expression of the *VRN 1* and *VRN 2* genes (Shcherban, Salina, 2013; Sung, Amasino, 2005; Song et al., 2012). Thus, wheat plants get the ability of transition to flowering. Consequently, according to our results, a different level of trophic support (in our experiments with sucrose) can be one of the important factors of genetic (and/or epigenetic) regulation of wheat vernalization. This condition can be confirmed by the data received earlier (Avksentieva, Shulik, 2017). It was shown that the vernalization of wheat sprouts, supplemented by sucrose solution, stimulated the cell division of root meristems, accelerated the pace of plant development. At the same time, these processes were significantly inhibited due to the lack of trophic support.

Since we have applied a model with different levels of trophic support and found dependence on it of growth processes, dynamics of carbohydrate content of sprouts of two winter wheat varieties, it can be assumed that the regulatory function of carbohydrates during vernalization is carried out under a certain level of their pool, which is optimal in plant cells.

The work was carried out within the frames of the state budget theme of the Department of Plant and Microorganism Physiology and Biochemistry of V.N.Karazin Kharkiv National University "Research of molecular and genetic, physiological and biochemical mechanisms of vernalization and photoperiodic control of plants' ontogenesis *in vivo* and *in vitro*" No. 0118U002104.

References

- Aoki N., Scofield G.N., Wang X.-D. et al. Pathway of sugar transport in germinating wheat seeds // *Plant Physiology*. – 2006. – No. 141. – P. 1255–1263.
- Atramentova L.A., Utevskaia O.M. Statistical methods in biology: a textbook. – Gorlovka: Likhtar, 2008. – 248p. (in Russian)
- Avksentieva O.A., Zhmurko V.V. Physiology of flowering: tutorial. – Kharkiv: V.N.Karazin KhNU, 2011. – 130p. (in Russian)
- Avksentieva O.A., Shulik V.V. Research of influence of contrasting trophic conditions of vernalization on the mitotic activity of meristems, growth and development of winter wheat // *ScienceRise: Biological Science*. – 2017. – Vol.2 (5). – P. 4–9. (in Ukrainian)
- Baena G.E., Rolland F., Thevelein J.M., Sheen J. A central integrator of transcription network in plant stress and energy signaling // *Nature*. – 2007. – Vol.448 (7156). – P. 938–942.
- Baier M., Hemman G., Holman R. et al. Characterization of mutants in *Arabidopsis* showing increased sugar-specific gene expression, growth, and developmental responses // *Plant Physiology*. – 2004. – Vol.134 (1). – P. 81–91.
- Cho Y.H., Yoo S.D., Sheen J. Regulatory functions of nuclear hexokinase 1 complex in glucose signaling // *Cell*. – 2006. – Vol.127 (3). – P. 579–589.
- Dennis E., Peacock W. Vernalization in cereals // *Journal of Biology*. – 2009. – Vol.8 (57). – P. 1–4.
- Deryabin A.N., Trunova T.I. Morphological and biochemical characteristics of potato plants expressing the invertase gene *SUC2* from *Saccharomyces cerevisiae*, under cultivation *in vitro* // *Tomsk State University Journal of Biology*. – 2014. – Vol.4 (28). – P. 150–168. (in Russian)
- Eveland A., Jackson D. Sugars, signalling, and plant development // *Journal of Experimental Botany*. – 2011. – Vol.63 (3). – P. 1–11.
- Gol L., Tome T., Korff M. Floral transitions in wheat and barley: interactions between photoperiod, abiotic stresses, and nutrient status // *Journal of Experimental Botany*. – 2017. – Vol.68 (7). – P. 1–12.
- Henderson I., Shindo C., Dean C. The need for winter in the switch to flowering // *J. Annu. Rev. Genet.* – 2003. – Vol.37. – P. 371–392.
- Koch K. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development // *J. Current Opinion in Plant Biology*. – 2004. – Vol.7. – P. 235–246.
- Man J., Shi Y., Yu Zh., Zhang Y. Root growth, soil water variation, and grain yield response of winter wheat to supplemental irrigation // *Plant Production Science*. – 2016. – Vol.19 (2). – P. 193–205.
- O'Hara L.E., Paul M.J., Wingler A. How do sugars regulate plant growth and development? New insight into the role of trehalose-6-phosphate // *J. Molecular Plant*. – 2013. – Vol.6 (2). – P. 261–274.
- Riou-Khamlichi C., Menges M., Healy J., Murray J. Sugar control of the plant cell cycle: differential regulation of *Arabidopsis* D-type cyclin gene expression // *J. Molecular Cell Biology*. – 2000. – Vol.20. – P. 4513–4521.
- Rolland F., Moore B., Sheen J. Sugar sensing and signaling in plants // *J. Plant Cell*. – 2002. – Vol.14. – P. 185–205.
- Rosa M., Prado C., Podazza G. et al. Soluble sugars – metabolism, sensing and abiotic stress // *Plant Signaling & Behavior*. – 2009. – Vol.4 (5). – P. 388–393.
- Shcherban A.S., Salina E.A. Epigenetic regulation of the expression of vernalization genes // *J. Cytology*. – 2013. – Vol.55 (4). – P. 234–237. (in Russian)
- Song J., Angel A., Howard M., Dean C. Vernalization – a cold-induced epigenetic switch // *Journal of Cell Science*. – 2012. – Vol.125 (16). – P. 3723–3731.
- Sung S., Amasino R. Remembering winter: toward a molecular understanding of vernalization // *J. Annu. Rev. Plant Biol.* – 2005. – Vol.56. – P. 491–508.
- Tymoshenko V.F., Zhmurko V.V. Methods of analysis of carbohydrates: a guide to a large workshop for students at the Department of Plant Physiology and Biochemistry. – Kharkiv: KhNU, 2000. – 30p. (in Ukrainian)

Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. et al. Methods of biochemical research of plants. – Leningrad: Agropromizdat. Leningrad Branch, 1987. – 430p. (in Russian)

Yuanyuan M., Yali Z., Jiang L., Hongbo S. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress // African Journal of Biotechnology. – 2009. – Vol.8 (10). – P. 2004–2010.

Представлено: Н.І.Рябчун / Presented by: N.I.Ryabchun

Рецензент: Є.Е.Перський / Reviewer: Ye.E.Persky

Подано до редакції / Received: 06.09.2018

About the authors: V.V.Chumakova – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, viktoriamshulik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0003-2172-7279>

O.A.Avksentieva – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, avksentyeva@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-3274-3410>

Про авторів: В.В.Чумакова – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, viktoriamshulik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0003-2172-7279>

О.О.Авксентьева – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, avksentyeva@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-3274-3410>

Об авторах: В.В.Чумакова – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, viktoriamshulik@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0003-2172-7279>

О.А.Авксентьева – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, avksentyeva@karazin.ua, <http://orcid.org/0000-0002-3274-3410>

... КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ ... BRIEF COMMUNICATIONS ...

УДК: 577+576.3+576.5

**Порівняльне дослідження експресії деяких груп генів у фібробластах
шкіри та легенів щурів різного віку**
М.А.Гриценко, Н.І.Буланкіна

Проведено порівняльне дослідження експресії трьох різних груп генів та кількості їхніх білкових продуктів в культурі фібробластів шкіри та легенів білих щурів лінії Вістар різного віку (2 тижні, 1, 12 та 24 місяці). Знайдено риси подібності та різниці вікової динаміки для віментину, вінкуліну та декорину. Для цих трьох генів, продукти яких приймають участь у внутрішньоклітинних взаємодіях (віментин) та взаємодіях білків цитоскелету з компонентами міжклітинного матриксу, притаманно зростання експресії з віком як у шкірі, так і в легенях. Кількість продуктів цих генів коливається без якоїсь загальної спрямованості. Найбільш активна експресія вінкуліну, як в шкірі, так і в легенях; кількість білку-продукту також максимальна саме для нього. Найменш активна експресія гену віментину у легенях двотижневих щурів. Для експресії генів факторів росту 1, 2 та 8 знайдено суттєву різницю в характері їхніх змін в онтогенезі. Перші два з них, продукти яких стимулюють синтез однієї з найбільш важливої та розповсюдженої форми колагену 1, експресуються мінімально у старих тварин як у шкірі, так і в легенях. В шкірі вони експресовані значно сильніше, ніж у легенях. Ген фактору росту фібробластів 8 експресований в обох тканинах суттєво слабше, ніж гени факторів росту 1 та 2. Напрямо вікових змін експресії фактору 8 є протилежним тому, що притаманне для експресії генів факторів 1 та 2. Щодо кількості білка-продукту, то вона максимальна для фактору росту 8 у віці 1-го місяця в легенях, а в шкірі – у другій половині онтогенезу. Вивчали деякі гени гомеобоксу – HOX-гени (2, 4, 5, 6, 7). Вони є найбільш важливими для ранніх етапів онтогенезу в зв'язку з впливом їх на органогенез, особливо в ембріональному періоді. Їм в цілому притаманне зменшення як активності експресії, та кількості продукту, особливо у старих тварин. Найбільш активно експресований серед генів гомеобоксу, як у легенях, так і у шкірі, HOX 5. Отримані результати обговорено в зв'язку з функціональними та тканинними особливостями генів, що вивчались, та їхніх продуктів.

Ключові слова: *фібробласти, експресія генів, віментин, вінкулін, декорин, фактори росту, гомеобокс, шкіра, легені, онтогенез.*

**Comparative study of some skin and lung fibroblast genes expression of
rats of different age**
M.A.Gritsenko, N.I.Bulankina

Comparative study of the expression of three different groups of genes and their protein products amount in the culture of skin fibroblasts from Wistar rats of different ages (2 weeks, 1, 12 and 24 months) was carried out. The traits of similarities and differences in age dynamics for vimentin, vinculin, decorin have been found. These three genes, the products of which participate in intracellular interactions (vimentin) and interactions of cytoskeleton proteins with components of the extracellular matrix, are characterized by an increase in the expression with age both in the skin and in the lungs. They are expressed much stronger in the skin than in the lungs. The amount of their products fluctuates without any single direction. The most active is the expression of vinculin, both in the skin and in the lungs; the amount of the product is also the maximal for it. The least effective is the expression of the vimentin gene in the lungs of two-week-old rats. For the gene expression of fibroblast growth factors 1, 2 and 8, significant differences have been found in their changes in ontogenesis. The first two of them, whose products stimulate the synthesis of one of the most common and important forms of collagen 1, are minimally expressed in old animals, both in the skin and in the lungs. The gene of fibroblast growth factor 8 is expressed in both tissues significantly weaker than the genes of factors 1 and 2. The direction of age-related expression of factor 8 is opposite to that which is inherent for the expression of genes 1 and 2. As for the protein product, its amount is maximal in 1 month, and in the skin significantly increased in the second half of ontogenesis. Some homeobox genes, the HOX genes (2, 4, 5, 6, 7), have been studied. They are most important for the early stages of ontogenesis due to their influence on organogenesis, especially in the embryonic period. In general, both their expression and the product amount decrease, especially in old animals. HOX 5 is most expressed among these genes in the lungs and in the skin. The results obtained are discussed in connection with the functional and tissue characteristics of the studied genes and their products.

Key words: *fibroblasts, gene expression, vimentin, vinculin, decorin, growth factors, homeobox, skin, lung, ontogenesis.*

Сравнительное исследование экспрессии некоторых групп генов в фибробластах кожи и лёгких крыс разного возраста М.А.Гриценко, Н.И.Буланкина

Проведено сравнительное исследование экспрессии трёх разных групп генов и количества их белков-продуктов в культуре фибробластов кожи и лёгких белых крыс линии Вистар разного возраста (2 недели, 1, 12 и 24 месяца). Найдено черты сходства и различия возрастной динамики для виментина, винкулина, декорина. Для этих трёх генов, продукты которых участвуют во внутриклеточных взаимодействиях (виментин) и взаимодействиях белков цитоскелета с компонентами межклеточного матрикса, характерно повышение экспрессии с возрастом как в коже, так и в лёгких. В коже они экспрессированы существенно сильнее, чем в лёгких. Количество их продуктов колеблется без какой-либо единой направленности. Наиболее активна экспрессия винкулина, как в коже, так и в лёгких; количество продукта также максимально именно для него. Наименее активна экспрессия гена виментина в лёгких двухнедельных крыс. Для экспрессии генов факторов роста фибробластов 1, 2 и 8 найдены существенные различия в характере их изменений в онтогенезе. Первые два из них, продукты которых стимулируют синтез одной из наиболее распространённых и важных форм коллагена 1, экспрессированы минимально у старых животных как в коже, так и в лёгких. Ген фактора роста фибробластов 8 экспрессирован в обеих тканях существенно слабее, чем гены факторов 1 и 2. Направленность возрастных изменений экспрессии фактора 8 противоположна той, которая присуща экспрессии генов 1 и 2. Что касается белка-продукта, то количество его максимально в возрасте 1 месяц, а в коже достоверно повышено во второй половине онтогенеза. Изучены некоторые гены гомеобокса – НОХ-гены (2, 4, 5, 6, 7). Они наиболее важны для ранних этапов онтогенеза в силу влияния на органогенез, особенно в эмбриональном периоде. Им в целом свойственно уменьшение как экспрессии, так и количества продукта, особенно у старых животных. Наиболее активно среди этих генов экспрессирован, как в лёгких, так и в коже, НОХ 5. Полученные результаты обсуждены в связи с функциональными и тканевыми особенностями исследованных генов и их продуктов.

Ключевые слова: фибробласты, экспрессия генов, виментин, винкулин, декорин, факторы роста, гомеобокс, кожа, лёгкие, онтогенез.

Вступ

Метою роботи було вивчення експресії трьох груп генів і накопичення їхніх білків-продуктів у сполучній тканині шкіри та легень що різняться за своєю морфологією, фізіологією та біохімією (Chang et al., 2002).

Досліджено групу генів білків цитоскелету та компонентів, що забезпечують зв'язок цитоскелету та міжклітинного матриксу: виментин (*VIM*), винкулін (*VCL*) та декорин (*DCN*). Виментин грає важливу роль у підтриманні та зміні форми цитоскелету, в закріпленні клітинних органел в необхідній позиції. Він забезпечує сталість цитоскелету та стійкість клітин до дії механічних напруг (Katsumoto et al., 2002). Винкулін є найважливішим білком фокальної адгезії. Він потрібний для прикріплення інтегринів до актинового цитоскелету, для міжклітинних взаємодій та зв'язку клітин з міжклітинним матриксом, для роботи багатьох сигнальних шляхів (Goldmann, Ingber, 2002). Декорин – протеоглікан, що забезпечує зв'язок клітин та міжклітинного матриксу, перш за все, шляхом взаємодії з колагеном 1-го типу. Він приймає участь в фібрилогенезі та взаємодії з багатьма білками, що регулюють функції клітин та тканин (фібронектином, тромбоспондином, С1q-компонентом системи комплементу, рецепторами факторів росту та ін.). Декорин приймає участь також в регуляції клітинного циклу, ангиогенезі тощо (Järveläinen et al., 2015).

Вивчали також експресію генів факторів росту фібробластів (ФРФ – FGF) 1 та 2 (найбільш активні), а також дещо менш розповсюджений в тканинах дорослих організмів, але активний на початку онтогенезу і такий, що активується при злоякісній трансформації – ФРФ 8 (Olsen et al., 2003).

Крім того, вивчені гени гомеобоксу (НОХ-гени), що найактивніші в ембріогенезі, але, вочевидь, деякі з них здібні функціонувати і в постнатальному періоді (Morgan, 2006). Вони контролюють просторовий та часовий розвиток організму, а в дорослому віці, можливо, необхідні для контролю за процесами регенерації.

Проведено порівняльне дослідження експресії цих генів та їхніх білків-продуктів в фібробластах шкіри та легень білих щурів в онтогенезі.

Матеріали та методи

Експерименти проведено згідно до Європейської конвенції "About protection of vertebrate animals..." та Закону України «Про захист тварин...». Донорами шкіри та легенів були білі щури лінії Вістар (вік 0,5; 1, 12 і 24 місяці).

Постановка експериментів і методи дослідження наведені у нашій попередній роботі (Kot et al., 2015). Статистичний аналіз результатів виконано за допомогою програми «ORIGIN 6.0». Відмінності є статистично значущими при $p < 0,05$.

Результати та обговорення

Отримані дані представлені в табл. 1 та 2. Як видно з табл. 1, експресія генів віментину, вінкуліну та декорину суттєво різняться в обох видах тканин (вона максимальна для вінкуліну до 24-місячного віку); така ж картина і щодо кількості білка-продукту, що відображає особливості їхніх функцій. Віментин діє виключно всередині клітини, а два інших білка забезпечують взаємодію фібробластів з різноманітними компонентами міжклітинного матриксу.

Таблиця 1.

Експресія деяких генів та кількість їхніх продуктів в фібробластах легенів та шкіри щурів різного віку (в од. Flu на клітину)

Білок	Ген, тканина	Експресія				Білок-продукт			
		0,5 міс.	1 міс.	3 міс.	24 міс.	0,5 міс.	1 міс.	3 міс.	24 міс.
Віментин	VIM легені	418±25	426 ±22	581 ±70 [#]	707 ±71 [*]	701±81	789 ±90 [#]	971 ±101 [#]	1133 ±120 [#]
	VIM шкіра	337±41	722 ±75 [#]	738 ±80 [*]	799 ±90 [*]	1386±150	1729 ±168	1326 ±141	10609 ±8 [*]
Вінкулін	VCL легені	847±90	928 ±110	11353 ±120 [*]	1639 ±170 [*]	1508±171	1696 ±201 [#]	2055 ±220 [*]	2231 ±238
	VCL шкіра	701±69	791 ±75 [#]	1471 ±131 [#]	1859 ±187 [*]	2059±198	1856 ±180 [#]	2472 ±246 [#]	2321 ±240
Декорин	DCN легені	772±68	790 ±81	841 ±90	1157 ±120 [#]	1272±141	1431 ±160	1763 ±180 [#]	1619 ±210 [*]
	DCN шкіра	637±70	674 ±72	1071 ±98 [#]	1311 ±141 [*]	1941±187	1639 ±170	1847 ±185	1669 ±180 [*]
Фактори росту	FGF1 легені	917±88	1248 ±110 [#]	893 ±90 [#]	370 ±40 [#]	2459±245	2702 ±202	1569 [#]	549 ±45 [*]
	FGF1 шкіра	1102±101	731 ±78	702 ±65 [*]	329 ±31 [#]	1207±141	1358 ±160	1659 ±190	1378 ±162
	FGF2 легені	806±78	1376 ±145 [*]	776 ±71 [#]	307 ±29 [*]	2254±210	2939 ±305	1386 ±141 [*]	474 ±36 [*]
	FGF2 шкіра	971±89	805 ±82	611 ±58	274 ±21 [#]	1312±122	1476 ±130	1842 ±156	1222 ±110
	FGF8 легені	270±35	688 ±79 [*]	597 ±62 [*]	934 ±79 [*]	1262±87	1665 ±110 [*]	1106 ±96	1220 ±89
	FGF8 шкіра	339±15	406 ±41 [*]	471 ±40 [*]	825 ±90 [#]	668±60	751 ±67	922 ±80 [*]	920 ±86 [*]

Примітки: * $p < 0,05$ в порівнянні з тваринами 0,5 міс.; # $p < 0,05$ в порівнянні з попереднім значенням.

У 2-тижневих тварин знайдено постійне перевищення експресії всіх трьох генів в легенях порівняльно до такої в шкірі. В інших вікових групах ця тенденція не зберігається. Аналогічні розбіжності знайдено для продуктів цих генів. Можливо, це пов'язано з особливостями фізіології цих двох тканин близького походження з дещо різною захищеністю від зовнішніх чинників. Повітря, компоненти якого впливають на стан легеневої тканини, проходить повз верхні та середні дихальні шляхи перед попаданням у легені. Шкіра ж контактує з оточуючим середовищем напряму і, таким

чином, є більш незахищеною від зовнішніх впливів. Можливо, це може сприяти менш високій експресії даних генів саме в шкірі.

З віком як експресія вивчених генів, так і кількість їхніх продуктів збільшується, сягаючи максимуму, але не завжди синхронно, бо деталі їхніх функцій суттєво відрізняються. Взагалі для трьох досліджених генів та їхніх білків-продуктів спостерігається подібна картина змін в онтогенезі як у шкірі, так і в легенях.

Пік експресії генів ФРФ 1 та 2 в фібробластах обох тканин припадає на молодий вік. Суттєве падіння цих величин в старості корелює з віковим напруженням синтезу багатьох білків сполучної тканини. Для ФРФ 8 притаманні менші величини експресії гену та кількості білка-продукту порівняно з ФРФ 1 та 2. Коливання експресії гену ФРФ 8 та його продукту не мають чіткої вікової тенденції. Це може бути пов'язаним з вищезгаданою особливістю функції ФРФ 8.

Вивчено також деякі гени групи *HOX B* (експресія генів групи *D* не була знайдена в наших експериментах. Можливо, він є активним лише на ранніх – ембріональних – етапах онтогенезу).

Таблиця 2.

Експресія деяких генів *HOX* в фібробластах легенів та шкіри щурів різного віку (в од. Flu на клітину)

Гени <i>HOX</i>	Легені				Шкіра			
	0,5 міс.	1 міс.	3 міс.	24 міс.	0,5 міс.	1 міс.	3 міс.	24 міс.
<i>B2</i>	331±2,9	352±3,7	233±2,5*#	120±2,0*#	410±4,6	211±1,9*	187±1,9*	109±1,2*
<i>B4</i>	297±2,5	362±4,3	249 ±9,5#	135±13*	371±4,3	217±4,6	200±1,7*	122±1,8*
<i>B5</i>	419±6,4	871±7,8*#	475±4,5	236±6,3*	514±6,6	512±7,1	376±4,9	211±3,0*
<i>B6</i>	81±6,8	1161±0,1	135±14*	91±8,3	116±11	103±8,9	111±13,2	84±6,9
<i>B7</i>	165±12	148±13,6	89±6,5*#	43±3,6*#	215±10,2	93±8,7*	75±6,4*	41±5,5*#

Примітки: * $p < 0,05$ в порівнянні з тваринами 0,5 міс.; # $p < 0,05$ в порівнянні з попереднім значенням.

Найбільша експресія та кількість продукту в усі вікові періоди були притаманні *HOX 5* шкіри. В ході онтогенезу, як і можна було очікувати, обидва показники знижуються і в шкірі, і в легенях. Мінімальні величини, як експресії, так і кількості продукту, близькі для обох тканин, знайдено у старих тварин.

Таким чином, експресія досліджених нами генів та їхніх продуктів виявила риси подібності та різницю вивчених показників в різних групах генів в онтогенезі, як в абсолютних величинах, так і в тканинних та вікових тенденціях динаміки.

Список літератури / References

- Chang Y.Y., Chi J.T., Dudot S. et al. Diversity, topographic differentiation and position memory in human fibroblasts // PNAS USA. – 2002. – Vol.99 (20). – P. 12877–12882.
- Morgan R. Hox genes: a continuation of embryonic patterning // Trends Genet. – 2006. – Vol.22. – P. 67–69.
- Katsumoto T., Mitsushima A., Kurimura T. The role of the vimentin intermediate filaments in rat 3Y1 cells elucidated by immunoelectron microscopy and computer-graphic reconstruction // Biol. Cell. – 2002. – Vol.68 (2). – P. 139–146.
- Kot Y.G., Kot E.V., Morozova E.S. et al. Comparison of gene expression of metallothioneins, ubiquitin and p53 in fibroblasts from lung and skin of rats of different age // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 2015. – Vol.6 (2). – P. 161–164.
- Järveläinen H., Sainio A., Wight T.N. Pivotal role for decorin in angiogenesis // Matrix Biology. – 2015. – Vol.43. – P. 15–26.
- Goldmann W.H., Ingber D.E. Intact vinculin protein is required for control of cell shape, cell mechanics, and rac-dependent lamellipodia formation // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2002. – Vol.290 (2). – P. 749–755.

Olsen S.K., Garbi M., Zampieri N. et al. Fibroblast growth factor (FGF) homologous factors share structural but not functional homology with FGFs // J. Biol. Chem. – 2003. – Vol.278 (36). – P. 34226–34236.

Представлено: О.П.Білозоров / Presented by: A.P.Belozorov

Рецензент: Ю.Г.Кот / Reviewer: Yu.G.Kot

Подано до редакції / Received: 08.11.2018

About the authors: M.A.Gritsenko – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, gricenkomarija@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8766-7032>

N.I.Bulankina – V.N.Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, Ukraine, 61022, nibulanka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9393-4739>

Про авторів: М.А.Гриценко – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, gricenkomarija@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8766-7032>
Н.І.Буланкіна – Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи, 4, Харків, Україна, 61022, nibulanka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9393-4739>

Об авторах: М.А.Гриценко – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, gricenkomarija@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8766-7032>

Н.И.Буланкина – Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, Украина, 61022, nibulanka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9393-4739>

IV Міжнародна наукова конференція «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти» та школа молодих вчених, Харків, Україна, 9–10 жовтня 2018 р.

У жовтні 2018 року в Харкові на базі кафедри фізіології та біохімії рослин і мікроорганізмів біологічного факультету Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна відбулася IV Міжнародна конференція «Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти» та асоційована школа молодих вчених.

Дослідження функціонування рослинного організму, як особливого прояву живого, відбувається на всіх рівнях його організації – від молекулярного до організмового. Пізнання закономірностей функціонування рослинного організму вкрай важливе у науковому відношенні, бо розширює і поглиблює існуючі уявлення про біологічну сутність унікальних властивостей рослини та має вагомий прикладний значення. Нині біологія рослин залучає до свого дослідницького арсеналу надсучасні методи. Вже секвеновані геноми ряду культурних рослин, що є основою для поглиблення знань про закономірності функціонування генетичного апарату, створення нових сортів шляхом трансгенезу з властивостями, які дозволяють одержувати високі врожаї за вельми мінливих умов довкілля. Особливо актуальними є такі дослідження нині, коли відбуваються істотні зміни клімату на планеті. Широко досліджується і роль рослинного організму як найбільш вагової складової формування і функціонування біогеоценозу, відбувається поглиблене пізнання цієї саморегульованої системи у взаємодії всіх її складових та факторів довкілля. Надзвичайно широкий спектр вагомих проблем у біології рослин може бути вирішений у взаємодії дослідників – представників різних її напрямів досліджень – генетиків, фітофізіологів, біохіміків, молекулярних біологів, біотехнологів рослин. Саме цій меті і була присвячена конференція. Вчені з різних регіонів України та зарубіжжя мали можливість представити і обговорити результати своїх досліджень. Співорганізаторами конференції виступили Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, Українське товариство фізіологів рослин та Всеукраїнська асоціація біологів рослин. У конференції взяли участь науковці з провідних навчальних і наукових установ України, Словаччини, Латвії та Росії. Були представлені доповіді вчених з установ Національної академії наук України – Інституту фізіології рослин і генетики, Інституту ботаніки імені М.Г.Холодного, Інституту харчової біотехнології та геноміки, Інституту клітинної біології та генетичної інженерії, Інституту мікробіології і вірусології імені Д.К.Заболотного, Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії, Інституту екології Карпат, а також з установ Національної академії аграрних наук України – Інституту рослинництва імені В.Я.Юр'єва, Інституту овочівництва і баштанництва, Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортоводства, Інституту зрошувального землеробства, Інституту олійних культур, Інституту виноградарства та виноробства імені Таїрова. На конференції широко були представлені роботи науковців з класичних національних університетів – Харківського імені В.Н.Каразіна, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Дніпропетровського імені Олеса Гончара, Одеського імені І.І.Мечникова, Львівського імені Івана Франка, Ужгородського, Запорізького, Кам'янець-Подільського, Тернопільського педуніверситету. Серед учасників конференції були доповіді вчених з національних аграрних університетів – Харківського імені В.В.Докучаєва, Одеського, Таврійського агротехнічного, Сумського, Словацького сільськогосподарського. Вельми широка географія учасників конференції свідчить про значний інтерес дослідників до теоретичних та прикладних аспектів біології рослин. В цілому в роботі конференції взяли участь 157 вчених з 30 наукових, навчальних і науково-виробничих установ. Програма конференції передбачала засідання з пленарними та секційними доповідями, стендову сесію і проведення школи молодих вчених та круглого столу «Сучасна біологія рослин як основа сталого розвитку». Всього під час конференції працювало шість секцій:

- ✓ онтогенез, ріст, розвиток рослин – механізми регуляції;
- ✓ молекулярні та біохімічні механізми фізіологічних процесів;
- ✓ механізми адаптивності та стійкості рослин;
- ✓ біотехнологія, біоінженерія та трансгенез рослин;
- ✓ взаємодії в системі «рослина-мікроорганізм»;
- ✓ прикладні аспекти біології рослин.

Програма школи молодих вчених включала доповіді-лекції, у тому числі скайп-доповіді, провідних вчених з основних теоретичних та практичних аспектів сучасної біології рослин, які досліджуються в наукових та навчальних установах України. В рамках школи молодих вчених були заслухані такі доповіді:

- Кореневі екзометаболіти та їх роль у біотехнології (Божков А.І., д.б.н., директор Інституту біології ХНУ імені В.Н.Каразіна);
- Автофагія: шляхи самопоїдання у рослин із залученням цитоскелету (Блюм Я.Б., акад. НАНУ, Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України);
- Системність фотоперіодичного контролю розвитку рослин (Жмурко В.В., д.б.н., декан біологічного факультету ХНУ імені В.Н.Каразіна);
- Роль фотодихання в реакції фотосинтезу на високу температуру (Стасик О.О., член-кор. НАНУ, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України);
- Адаптивні стратегії рослин для використання в міських ландшафтах за умов зміни клімату (Таран Н.Ю., д.б.н., ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка);
- Сучасні методи дослідження сільськогосподарських рослин (Попов В.М., к.б.н., Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна);
- Використання методів біотехнології в селекції та насінництві овочевих культур (Івченко Т.В., д.с.-г.н., Інститут овочівництва і баштанництва НААН України).

У пленарних доповідях, усних і стендових повідомленнях на конференції були висвітлені різні аспекти сучасної біології рослин, представлені результати фундаментальних та прикладних досліджень, що ілюструють комплексність даної науки. На секціях було заслухано 26 доповідей.

Доповідачі зупинялися на різних аспектах біології рослин.

На секції 1 «Онтогенез, ріст, розвиток рослин – механізми регуляції» обговорювалися питання фотоперіодичного та яровизаційного контролю розвитку рослин пшениці; фізіолого-біохімічні аспекти регуляції самонесумісності та репродуктивного процесу; особливості анатомічної будови коренів, формування фотосинтетичного апарату у різні фази онтогенезу рослин та ін.

На секції 2 «Молекулярні та біохімічні механізми фізіологічних процесів» були розглянуті питання дослідження фракційного складу білку зерна, фітогормональної регуляції процесів росту та розвитку, обміну вуглеводів, активності та спектру ізоензимів оксидоредуктаз, фітохромного та фотоперіодичного контролю фотосинтетичних процесів, нітратного обміну, накопичення фенольних сполук, вуглеводів та олій та ін.

На секції 3 «Механізми адаптивності та стійкості рослин» були представлені доповіді з дослідження впливу різноманітних стресових чинників на рослинний організм: забруднення ґрунту, холодового загартування, токсичних металів, урбосередовища, промислового забруднення, сольового стресу, екстремальних температур, посухи, інфікування патогенами, та сигналіну, трансдукції та адаптивності рослин.

На секції 4 «Біотехнологія, біоінженерія та трансгенез рослин» доповідачі зупинялися на питаннях, які пов'язані з фізіолого-біохімічними аспектами регуляції морфогенезу рослин *in vitro*, впливом передобробки на процеси андрогенезу, дослідженнями впливу червоного світла на вміст вуглеводів в калусній культурі сої, ефективності використання світлодіодів за мікроклонального розмноження овочевих культур, впливу умов освітлення, складу живильного середовища, екзогенних цитокінінів, ролі генетичних систем у культурі *in vitro*, дослідженнями тандемних повторів ДНК тритикале, створенням генетичних конструкцій для трансформації рослин, дослідженнями фармакологічно цінних поліфенольних сполук у культурі *in vitro* та ін.

На секції 5 «Взаємодії в системі «Рослина-мікроорганізм» представлені доповіді стосувалися питань дослідження ґрунтових мікроорганізмів, що синтезують фітогормони, інокуляції насіння ґрунтовими мікроорганізмами, формування та функціонування бобово-ризобіального симбіозу, використання біорегуляторів мікробіологічного походження та ін.

Більшість доповідей секції 6 «Прикладні аспекти біології рослин» була присвячена різноманітним питанням регуляції росту, продуктивності та адаптивності рослин з використанням біологічно активних речовин, метаболітів, мікродобрив; також обговорювалися питання використання рослин в міських ландшафтах, використання екстрактів з трансгенних рослин та проблеми викладання біології рослин. На завершнні роботи конференції був проведений круглий стіл «Сучасна біологія рослин як основа сталого розвитку», де обговорювалися питання про роль

рослини у функціонуванні біосфери та соціуму; завдання фізіології рослин для вирішення питань підвищення добробуту людства; роль біотехнологій та трансгенозу в підвищенні стійкості та продуктивності рослин; взаємодії рослин та мікроорганізмів для підвищення біобезпеки сільськогосподарських рослин та ін. Підсумовуючи роботу конференції, доповідачі акцентували увагу на тому, що аналіз питань, висвітлених у ході роботи конференції та круглого столу, свідчить про те, що сучасна біологія рослин вельми інтенсивно і різнобічно розвивається, досліджуючи рослинний організм на різних рівнях його організації, з використанням різних методологічних і методичних підходів. Результати багатьох фундаментальних робіт знаходять своє застосування в практиці рослинництва, що сприяє розробці нових, більш досконалих технологій вирощування рослин.

В рамках конференції пройшов конкурс робіт молодих вчених. Оргкомітетом були відзначені дипломами кращі доповіді серед молодих науковців, також учасники школи молодих вчених отримали сертифікати учасників. До початку роботи конференції видано матеріали – збірку тез доповідей, а також за підсумками роботи науковий комітет конференції надав рекомендації для публікації наукових статей за матеріалами тез доповідей у науковому виданні «Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія «Біологія».

Культурна програма конференції включала екскурсії до Археологічного музею Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна – експозиція 3d-моделей викопних черепів «Друк пращурів», до навчального ЛандауЦентру ХНУ імені В.Н.Каразіна, до Центру сучасного мистецтва «ЕрміловЦентр» – виставка Гамлет Зіньковський, Bob Basset «Предмети».

Вся інформація про конференцію розміщена на веб-сайті кафедри фізіології та біохімії рослин і мікроорганізмів: <http://plantphysiol-bio.univer.kharkov.ua/Conference.html>.

О.О.Авксентьева, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
О.В.Білінська, Інститут рослинництва імені В.Я.Юр'єва НААН України