

АНОТАЦІЯ

Коваленко Ю. О. Фізіолого-біохімічні особливості формування нових стійких популяцій коропових риб за дії токсичного забруднення.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія» (09 «Біологія») – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2020.

У роботі наведені матеріали досліджень змін фізіолого-біохімічного стану деяких коропових видів риб за дії антропогенного забруднення водою різного ступеню інтенсивності.

У результаті досліджень були встановлені міжвидові та міжпопуляційні відмінності морфо-фізіологічних та фізіолого-біохімічних показників риб, які сформувались внаслідок їх адаптації до дії тривалого або постійного надходження токсичних речовин у водойми. Це надає можливість короповим риbam підтримувати на належному рівні процеси життєдіяльності та зберегти їх здатність до відтворення.

Для кращого розуміння процесів природного добору коропових видів та їх фізіолого-біохімічних пристосувальних реакцій до впливу токсичних речовин були проведені гострі та хронічні токсикологічні експерименти з використанням референтних токсикантів у сублетальних та летальних концентраціях.

Експериментальні та натурні дослідження дали змогу встановити за фізіолого-біохімічними показниками особливості пристосування риб до дії токсичних речовин та підтвердити екологічний стан досліджених озер і якість води у них.

У токсикологічних експериментах об'єктами досліджень були гірчак європейський та амурський чебачок. Діючими токсичними речовинами були дихромат калію та фенол. Дихромат калію має загально токсичний вплив на риб та здатний накопичуватись у їх органах і тканинах. Фенол проявляє

нервово-паралітичну дію та змінює структуру тканин передусім ті, що безпосередньо контактують із ним.

За впливу дихромату калію та фенолу загибель риб відбувається не одночасно. Вибірка гірчака розподіляється на різні групи особин за ступенем реагування на токсичний вплив. Значна частина риб гине одразу від стресових явищ (58,0–82,0 %), частина риб (30,3–6,0 %) гине через певний проміжок часу (від 8 до 11 діб) в міру можливого накопичення токсикантів у тканинах. Решта риб успішно адаптується до умов середовища та доживає до кінця досліду (11,7–12,0 %). Гірчак на дію фенолу відреагував значно швидше, ніж на дію дихромату калію, що пояснюється різним хімічним впливом токсикантів на організм риб. Проте, порівняно з гірчаком, чебачок виявився менш стійким до впливу дихромату калію та фенолу, втім проходження пристосувальних реакцій у піддослідних риб була схожою. Таким чином, вивчені види риб здатні до адаптації на популяційному рівні до дії різноманітних токсичних речовин, зокрема і антропогенного походження.

Дихромат калію та фенол спричинили у риб стрес-реакції, які знайшли своє відображення передусім у збільшенні рівня глюкози та зменшенні вмісту кортизолу в плазмі крові. Також у риб встановлені зміни рівня тироксину, який коливається залежно від виду риб та екологічного стану дослідних озер Кирилівське та Лугове (системи «Опечень» м. Київ), в яких вони існували. Зміна гормонального фону риб відобразилась на активності низки ферментів та позначилась на обміні речовин та функціональному стані окремих органів риб.

Залежно від концентрацій токсикантів була встановлена висока активність ферментів азотного обміну, що вказує на активне залучення клітин печінки у процесах біотрансформації токсичних речовин з подальшою їх детоксикацією. У гірчака також збільшувалася активність лужної фосфатази (ЛФ), зокрема за дії дихромату калію, в усіх дослідних концентраціях (2,5–20,0 мг N/дм³) передусім в тканинах м'язів (у 1,1–5,1 разів). За впливу фенолу в усіх дослідних концентраціях (0,01–5,0 мг N/дм³)

збільшилась активність ЛФ у клітинах м'язів (на 35,2–78,7 %), печінки (до 60,1 %) та зябер (на 14,6–52,0 %), що може вказувати на те, що для подолання негативного впливу токсичних речовин, у риб виникає необхідність залучати більшу кількість енергії.

Подальші дослідження стосувались проблеми закономірностей формування стійких груп карася до токсичного забруднення водою високими концентраціями амонійного азоту (24–48 мг N/дм³), у яких риби (віком 2⁺) перебували різний проміжок часу – 3 місяці, 3 р та впродовж декількох поколінь (за тривалості забруднення водою 20 р).

Досліджені групи карася мали суттєві відмінності від контрольних особин за біохімічними показниками. На початкових етапах пристосування (3 місяці) у дослідній групі риби за концентрації амонійного азоту 24 мг N/дм³ активність ферментів енергетичного обміну істотно змінювалася. Так, у зябрових та м'язових клітинах активність лактатдегідрогенази (ЛДГ) була меншою порівняно з контролем, проте активність сукцинатдегідрогенази (СДГ) була більшою. Це вказує на активізацію аеробного дихання при зменшенні рівня гліколізу. Збільшується також обмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем у зябрах риби, активність Na⁺/K⁺ аденозинтрифосфатази (Na⁺, K⁺-АТФ-ази) – зростає.

Після трирічної адаптації карася до амонійного забруднення в тканинах та органах риби відбувались зміни активності ферментів енергетичного обміну. Зокрема, збільшилась активність СДГ у тканинах м'язів на 38 %. У зябрах активність Na⁺, K⁺-АТФ-ази зменшувалася на 15 % відповідно, порівняно з контролем. Крім того, карась із цієї групи характеризувався більшим вмістом білка і глікогену в тканинах печінки та більшими індексами внутрішніх органів, ніж у контролі. До того ж, наслідки надмірного забруднення позначились на активності ферментів азотного та фосфорного обмінів.

Карась, який впродовж 20-ти років перебував у найбільш екстремальних умовах, сформував стійку популяцію, яка зберегла здатність

до відтворення та підтримання своєї чисельності. Ця популяція риб характеризувалась меншим індексом печінки та більшим індексом селезінки. Це вказує на зміну функціональної активності цих органів. У риб депонується більша кількість кров'яних елементів у селезінці та активізується використання енергоємних речовин печінки. У карася, який тривалий час перебуває під токсичним навантаженням істотно змінюється активність ферментів енергетичного обміну порівняно з іншими піддослідними групами та контролем. Так, активність ЛДГ і СДГ у тканинах печінки була значно вищою, як і активність амінотрансфераз та ЛФ відносно контролю. Це вказує на значну роль печінки у забезпеченні адаптивних реакцій до тривалого й надмірного впливу сполук азоту.

Крім того, у тканинах зябер цих риб була підвищена активність ЛДГ, що вказує на посилення процесів гліколізу, та активності глутаматдегідрогенази (ГДГ), яка задіяна у детоксикації та виведенні надмірної кількості амонію з організму. Порівняно з іншими піддослідними групами у карася після довготривалої адаптації до високої концентрації амонійного азоту ($48,0 \text{ мг N/дм}^3$) було встановлено нижчий рівень тироксину (Т4) при вищому рівні трийодтироніну (Т3) у плазмі крові, що свідчить про посилення загальних обмінних процесів.

Можна зауважити, що усі піддослідні групи характеризуються більшою абсолютною плодючістю, навіть за короткотермінового перебування у водоймі із високою концентрацією амонійного азоту. За тривалого перебування риб (3 та 20 pp.) під дією високих концентрацій амонійного азоту ($24,3\text{--}48,0 \text{ мг N/дм}^3$) у риб дещо зменшується лінійно-масовий ріст, що є наслідком адаптивно-компенсаторної реакції карася.

Дослідження популяцій окремих представників корошових риб у природних озерах, які розташовані у м. Києві, показали, що за умов посиленого впливу антропогенного забруднення (озера системи «Опечень» – оз. Кирилівське та Лугове) у карася сріблястого, краснопірки звичайної та плітки звичайної спостерігались міжвидові відмінності фізіолого-біохімічної

адаптації до діючих чинників. Особливості зазначених реакцій полягали у змінах рівня гормонів у плазмі крові, специфічному використанні енергоємних речовин та змінах активності досліджуваних ферментів енергетичного (ЛДГ, СДГ), йонного (Na^+ , K^+ -АТФ-аза), азотистого (АсАТ, АлАТ, ГДГ) та фосфорного (ЛФ) обмінів.

Можна стверджувати, що на відміну від краснопірки та плітки, карась має найбільшу стійкість та пристосувальну здатність до погіршення умов навколишнього середовища. Передусім це пов'язано з фізіологічною специфікою забезпечення енергетичних потреб, адже карась, на відміну від краснопірки та плітки, насамперед використовує глікоген. Саме це дозволяє підтримувати чисельність популяції на оптимальному для неї рівні у складних умовах існування, що підтверджується результатами досліджень різних популяцій цього виду.

За посиленого антропогенного забруднення у досліджених видів риб спостерігалися істотні зміни індексів внутрішніх органів та зміни рівня гормонів. Зокрема, вміст Т3 у карася з оз. Кирилівське та оз. Лугове був меншим у 4,7 та 1,5 рази відповідно, а у плітки з оз. Кирилівське – у 4 рази менше. Водночас у краснопірки з обох забруднених водойм вміст цього гормону був більшим у 2,2 рази відносно контролю.

Карась та краснопірка з оз. Кирилівське та Лугове характеризувались більшою активністю СДГ у тканинах м'язів (на 63,0 та 40,6 % і 13 та 50 %, відповідно), що вказує на збільшення аеробних окисно-відновних процесів при існуванні риб у забруднених водоймах. Зі свого боку, в плітки з оз. Кирилівське встановлено нижчу активність цього ферменту в тканинах м'язів (на 31,2 %).

Активність ЛДГ у тканинах м'язів, печінки та зябер плітки з оз. Кирилівське була нижчою від контролю. Проте в зябрових тканинах карася і краснопірки із надмірно забрудненої водойми активність ЛДГ була вищою за показники умовного контролю. Отримані результати активності

низки ферментів вказують на особливості перебігу біохімічних реакцій досліджуваних видів за умов антропогенного забруднення водойм.

У всіх дослідних видів активність ферментів азотного обміну в клітинах печінки була переважно меншою, ніж у контролі. Це можна розглядати як адаптивну реакцію, яка дає змогу короповим риbam існувати у водоймах із різною інтенсивністю антропогенного забруднення.

Загалом, краснопірка та карась схожим чином реагують на вплив комплексного забруднення, адже у цих видів подібним чином змінюється активність маркерних ферментів у різних тканинах, порівняно з контролем. Зазначені особливості роблять ці види риб більш стійкими до впливу забруднення, ніж плітку, яку нами не було виловлено у найзабрудненішій водоймі (оз. Лугове), що може вказувати на менші адаптивні можливості цього виду до впливу посиленого токсичного забруднення.

Отримані результати вказують на те, що за фізіолого-біохімічним станом риб можна оцінити екологічний стан водойм та передбачити наслідки надмірного антропогенного забруднення на стан іхтіофауни в мало порушених водоймах. Матеріали, викладені у дисертації, можуть використовуватися в навчальному процесі на факультетах природничого спрямування та на науково-популярних семінарах з метою популяризації наукових знань.

Ключові слова: токсичні сполуки, антропогенне навантаження, адаптація, риби, популяція риб, вміст гормонів, енергомісткі речовини, активність ферментів.

SUMMARY

Kovalenko Yu. O. Physiological and biochemical features of formation of new stable populations of carp fish under the influence of toxic pollution.

Thesis topic for the scientific degree of doctor of philosophy on specialty 091 «Biology» – Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2020.

The paper presents research materials on changes in the physiological and biochemical state of some carp fish species under the influence of anthropogenic pollution of varying degrees of water intensity.

As a result of research, interspecific and interpopulation differences of morpho-physiological and physiological-biochemical parameters of fish were established, which were formed as a result of long-term or constant inflow of toxic substances into water bodies. This enables carp fish to maintain their vital processes and ability to reproduce.

To better understand the processes of carp species selection and their adaptive responses to toxic substances, a number of acute and chronic experiments were performed, which reflected the effect of reference toxic substances in sublethal and lethal concentrations.

Experimental and field studies have made it possible to establish the influence of toxic substances on fish organisms and to characterize the state of the ecological environment of lakes and the quality of water in them according to physiological and biochemical parameters.

In toxicological experiments, the objects of study were *Rhodeus sericeus* (Pallas, 1776) and *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846). The active toxic substances are potassium dichromate, which is able to be accumulated in the organs and tissues of fish, and phenol, which affects the nervous system and is able to structurally change tissues, especially those that are in direct contact with this substance.

Under the influence of potassium dichromate and phenol, fish mortality does not occur simultaneously. The sample of bitterling gourd is divided into different groups of individuals by degree response to toxic effects. A significant part of fish dies immediately because of stress (58.0-82.0 %), some fish (30.3-6.0 %) die after a certain period of time (from 8 to 11 days) as the accumulation of toxicants in the

tissues, the rest of the fish successfully adapt to environmental conditions and survive to the end of the experiment (11.7–12.0 %). Mustard reacted to the action of phenol much faster than to potassium dichromate, due to the different chemical nature of toxicants. However, in comparison with bitterling gourd, stone moroko was less resistant to the effects of potassium dichromate and phenol, however, the course of adaptive reactions in experimental fish was similar. Thus, the studied fish species are able to adapt to reservoirs that are subject to pollutants, primarily of anthropogenic origin.

In addition, the studied reference toxicants caused stress reactions in fish, which were reflected primarily in an increase in glucose levels and a decrease in plasma cortisol. Fish also recorded changes in the level of thyroxine, which varies depending on the species of fish and the ecological status of the experimental lakes (Kyrylivske and Luhove), in which they existed. The change in the hormonal background of fish was reflected in the activity of a number of enzymes and affected the metabolism and functional state of individual organs of fish.

Depending on the concentrations of toxicants, a high activity of nitrogen metabolism enzymes was found, which indicates the active involvement of liver cells in the processes of biotransformation of toxic substances with their subsequent detoxification. The activity of alkaline phosphatase (LF) also increased, in particular under the action of potassium dichromate in experimental concentrations (2.5–20.0 mg N / dm³) in bitterling gourd the activity of the enzyme in muscle tissues increased (by 1.1–5.1 times). Phenol in concentrations (0.01–5.0 mg N / dm³) activity increases in muscle cells (by 35.2–78.7 %), liver (up to 60.1 %) and gills (by 14.6–52.0 %), which indicates the need to attract more energy from fish to overcome the negative effects of toxicants.

Further studies addressed the problem of patterns of formation of resistant groups of crucian carp to toxic pollution of water bodies with excessive concentrations of ammonium nitrogen (24–48 mg N / dm³) for 3 months, 3 years and 20 years. The studied groups of crucian carp had significant differences from control individuals in biochemical parameters. In the initial stages of adaptation

(3 months), the activity of enzymes of energy metabolism changed significantly. Thus, in gill and muscle cells, lactate dehydrogenase (LDH) activity was lower than in controls, but LDH activity increased. This indicates the activation of aerobic respiration with decreasing glycolysis. The exchange between the external and internal environment in the gills of fish also increases, the activity of Na^+ , K^+ -adenosine triphosphatase (Na^+ , K^+ -ATPase) increases.

After three years of adaptation of crucian carp to ammonium contamination in the tissues and organs of fish there were changes in the activity of enzymes of energy metabolism. In particular, the activity of LDH in muscle tissue increased by 38 %. In the gills, the activity of Na^+ , K^+ -ATPase decreased by 15%, respectively, compared with the control. In addition, crucian carp from this group was characterized by a higher content of protein and glycogen in the liver tissues and higher indices of internal organs than in the control. In addition, the effects of excessive pollution affected the activity of enzymes of nitrogen and phosphorus metabolism.

The crucian, which has been in the most extreme conditions for 20 years, has formed a stable population that has retained the ability to reproduce and maintain its numbers. This fish population was characterized by a lower liver index and a higher spleen index. This indicates a change in the functional activity of these organs. Fish store more blood elements in the spleen and increase the use of energy-intensive substances in the liver. In crucian carp, which is under a toxic load for a long time, the activity of energy metabolism enzymes changes significantly compared to other experimental groups and controls. Thus, the activity of LDH and LDH in liver tissues was significantly higher, as well as the activity of aminotransferases and LF, relative to control individuals. This indicates a significant role of the liver in providing adaptive responses to prolonged and excessive exposure to nitrogen compounds.

In addition, in the gill tissues of these fish was increased LDH activity, which indicates an increase in glycolysis, and glutamate dehydrogenase (GDH) activity, which is involved in detoxification and removal of excess ammonium

from the body. In comparison with other experimental groups in crucian carp after long-term adaptation to high concentrations of ammonium nitrogen (48.0 mg N / dm^3), a lower level of thyroxine (T4) was found at a higher level of triiodothyronin (T3) in blood plasma, which indicates an increase in overall metabolic processes.

It can be noted that all experimental groups are characterized by higher absolute fertility, even during a short stay in a reservoir with a high concentration of ammonium nitrogen. During a long stay (3 and 20 years) the linear mass growth of fish decreases slightly, which is a consequence of the adaptive-compensatory reaction of crucian carp under unsatisfactory living conditions.

Studies of populations of individual representatives of carp fish in natural lakes located in Kyiv showed that under conditions of increased impact of anthropogenic pollution (lakes of the "Opechen" system – Lake Kyrlyvske and Luhove) in silver crucian carp, red-breasted and common goby were observed interspecific differences in physiological and biochemical adaptation to active factors. Peculiarities of these reactions were changes in the level of hormones in the blood plasma, specific use of energy-intensive substances and changes in the activity of the studied enzymes energy (LDH, LDH) ion (Na^+ , K^+ -ATPase), nitrogen (AST, ALT, GDG) and phosphorus (LF) exchanges.

It can be argued that, unlike redfin and roach, crucian carp have the greatest resilience and adaptability to environmental degradation. First of all, this is due to the physiological specifics of energy needs, because crucian carp, unlike redfish and roach, primarily uses glycogen. This allows to maintain the population size at the optimal level for it, even in extremely difficult living conditions, which is confirmed by the results of studies of different populations of this species.

Significant changes in the indices of internal organs and changes in hormone levels were observed in the studied fish species during the increased anthropogenic pollution. In particular, the content of T3 in crucian carp from the lake Kyrlyvske and lake. Lugove was smaller by 4.7 and 1.5 times, respectively, and roach from

the lake Kyrylivske is 4 times less, but the content of this hormone was 2.2 times higher in the Krasnoperka from both polluted reservoirs relative to the control.

Crucian carp and redfin from the lake Kyrylivske and Luhove were characterized by higher activity of LDH in muscle tissues (by 63.0 and 40.6 % and 13 and 50 %, respectively), which indicates an increase in aerobic redox processes in the presence of fish in contaminated water. In turn, roach from the lake Kyrylivske found a lower activity of this enzyme in muscle tissue (31.2 %).

LDH activity in the tissues of muscles, liver and gills of roach from the lake Kyrylivske was lower than control. However, in the gill tissues of crucian carp and red perch from excessively polluted water, LDH activity was higher than the conditions of conditional control. The results obtained from the activity of a number of enzymes indicate the diametrically opposite biochemical reaction of the studied species to the conditions of water pollution.

In all experimental species, the activity of nitrogen metabolism enzymes in liver cells was preferably lower than in the control. This can be considered as an adaptive response that allows carp fish to exist in reservoirs with different intensities of anthropogenic pollution.

In general, redfish and crucian carp respond similarly to the effects of complex contamination, as these species similarly alter the activity of marker enzymes in different tissues compared to controls. This is what makes these species more resistant to pollution than roach, which we did not catch in the most polluted reservoir (lake Lugove). This indicates less adaptive capacity of this species to the effects of increased toxic pollution.

Thus, the physiological and biochemical state of fish can assess the ecological status of water bodies and predict the effects of excessive anthropogenic pollution on the state of ichthyofauna in sparsely disturbed water bodies. The obtained materials of the dissertation can be used in the educational process at the faculties of natural sciences and at popular science seminars in order to popularize scientific knowledge.

Key words: toxic substances, anthropogenic impact, adaptation, fish, fish population, hormone content, energy-intensive substances, enzyme activity.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ,
які розкривають основні наукові результати дисертації:**

1. Коваленко Ю. О., Примачев М. Т., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г. Деякі адаптивні реакції карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)) за надмірного навантаження амонійним азотом. *Рибогосподарська наука України*. 2018. Т. 44, № 2. С. 116–129.

Особистий внесок: відбір проб з іхтіологічного матеріалу та їх обробка, участь в узагальненні даних, підбір фахової літератури, написанні та оформленні статті.

2. Коваленко Ю. О., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г. Фізіолого-біохімічні особливості реакції гірчака звичайного за хронічної дії дихромату калію. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія*. 2018. Т. 74, № 3–4. С. 58–66.

Особистий внесок: проведення модельних експериментів, відбір та обробка проб, участь в узагальненні даних, підбір фахової літератури та написанні і оформленні статті.

3. Kovalenko Yu. O. Physiological and Biochemical Peculiarities of Crucian Carp Adaptation to Water Bodies Pollution by Ammonia Nitrogen. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol 55, № 3. С. 59–66.

4. Коваленко Ю. О., Шлапак О. О., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г. Вплив антропогенного забруднення на фізіолого-біохімічні показники риб та їх паразитоценозів. *Рибогосподарська наука України*. 2019. Т. 49, № 3. С. 72–88.

Особистий внесок: забір біологічного матеріалу, визначення проб, обрахування та статистична обробка результатів, узагальнення отриманих даних, підбір фахової літератури та написанні і оформленні статті.

5. Худіяш Ю. М., Причепа М. В., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г., Горбатюк Л. О., Коваленко Ю. О., Медовник Д. В. Вплив

екологічних умов озер м. Києва на стан іхтіофауни. *Рибогосподарська наука України*. 2020. Т. 51. № 1. С. 28–43.

Особистий внесок: відбір проб для визначення хімічного складу води.

які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Коваленко Ю. О. Перспективи досліджень фізіолого-біохімічного стану популяцій корошових риб за тривалих змін навколишнього середовища в міських водоймах. *Біологічні дослідження – 2017*: мат. VIII Всеукр. науково-практ. конф. з міжнар. участю (Житомир, 14–16 березня 2017). Житомир, ЖДУ ім. І. Франка, 2017. С. 121–123.

7. Коваленко Ю. О. Хронічний вплив дихромату калію на вміст кортизолу та глюкози у плазмі крові гірчака звичайного *Rhodeus sericeus* (Pallas, 1776). *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: мат. IV Наук-практ. конф. молодих вчених (Київ, 6–7 листопада 2017)*. Київ, Інститут гідробіології НАН України, 2017. С. 33–34.

8. Коваленко Ю. О. Вплив алохтонного азоту на активність амінотрансфераз та лужної фосфатази плітки звичайної (*Rutilus rutilus L.*) *Біологічні дослідження – 2018. Збірник наукових праць* (Житомир, 27 лютого 2018). Житоми, ЖДУ ім. І. Франка, 2018. С. 122–123.

9. Коваленко Ю. О. Вплив фенолу на активність ферментів азотного та фосфорного обміну амурського чебачка. *Актуальні питання сьогодення. Матеріали міжнар. наук-практ. конф. (Вінниця, 20 березня 2018)*. Вінниця, Т. 3. С. 12–15.

10. Коваленко Ю. О. Вплив фенолу на активність ферментів енергетичного та азотного обміну в м'язах молоді чебачка звичайного. *Водні екосистеми та збереження їх біорізноманіття. Мат. I Всеукр. наук-практ. конф. (Житомир, 11–12 квітні 2018)*. Житомир, ЖДУ ім. І. Франка, С. 19–22.

11. Шлапак О. О., Коваленко Ю. О. Вплив забруднення водойм сполуками неорганічного азоту на фізіолого-біохімічні показники паразитоценозу карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)) *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів. Мат. міжнар. наук-практ. конф. (Київ, 15–17 травня 2018)*. Київ, 2018. С. 45–47.

Особистий внесок: участь у заборі біологічного матеріалу, визначенні проб, обрахуванні та статистичній обробці результатів, узагальнення отриманих даних, участь у написанні тез.

12. Коваленко Ю. О., Шлапак О. О. Зміни фізіолого-біохімічних показників коропових видів риб та складу паразитоценозу за дії антропогенного навантаження. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем* Мат. V наук-прак конф. мол. вч. (Київ, 14–15 листопада 2018). Київ, С. 21–23.

Особистий внесок: участь у заборі тканин, визначенні проб, обрахуванні та статистичній обробці результатів, узагальнення отриманих даних, участь у оформленні та написанні тез.

13. Коваленко Ю. О. Вплив забруднення водойм на зміни активності ферментів азотистого обміну в карася сріблястого та краснопірки звичайної. *Перспективи гідробіологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів. Мат. VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України присвячений 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції* (Київ, 6–8 листопада 2019). Київ, 2019. С. 116–118.

14. Коваленко Ю. О. Зміна вмісту малонового діальдегіду та активності лужної фосфатази у тканинах карася сріблястого (*Carassius auratus* (Bloch, 1782)) за дії токсичного забруднення водойм. Тези доповідей Конференції молодих дослідників-зоологів 2019 (Зоологічний кур'єр, № 13). (13–14 листопада 2019). Київ, 2019. С. 13–14.