

ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ ТВАРИН

УДК (591.1.05.1.597)+639.31-97+574.552

М.Ю. ЄВТУШЕНКО, д. б. н., проф., голов. наук. співроб.,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Генерала Родімцева, 19, Київ, 03041, Україна,
e-mail: n_Yevtushenko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8165-8802

ЛІПОПРОТЕЇДИ СИРОВАТКИ КРОВІ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ У МЕХАНІЗМАХ РЕГУЛЯЦІЇ ЛІПІДНОГО ОБМІНУ В ОРГАНІЗМІ КОРОПА ЗА ЙОГО ТЕПЛОВОДНОГО ВИРОЩУВАННЯ

Встановлена сезонна динаміка фракційного складу ліпопротеїдів сироватки крові та їх роль в процесах регуляції ліпідного обміну в організмі коропа за його тепловодного вирощування у садках протягом вегетаційного періоду.

Ключові слова: *короп, тепловодне вирощування, ліпопротеїди сироватки крові, сезонна динаміка, ліпідний обмін.*

Багаточисленними дослідженнями встановлено, що за умов садкового вирощування риб у тепловодних господарствах індустріального типу при їх годівлі виключно штучними гранульованими комбікормами досить часто спостерігається надмірне накопичення жиру у гепатоцитах [2, 3, 11, 12, 25]. Інтенсивному жиронакопиченню у гепатоцитах риб також сприяє підвищена протягом року температура води. Це призводить до порушення функціональної діяльності печінки, у тому числі його білоксинтезуючої і ліпідоутворюючої функції і, як наслідок, до зниження інтенсивності росту риб.

Припускають [21], що однією з причин посиленого жиронакопичення у печінці за тепловодного вирощування риб є порушення механізмів транспорту синтезованих печінкою ліпідів. Однак відомо, що у механізмах регуляції процесів жирового обміну, у тому числі транспорту ліпідів у кров'яному руслі, значна роль належить ліпопротеїдам сироватки крові [17, 23, 24]. На думку авторів, процес інтенсивного жиронакопичення або інфільтрації печінки полягає у затримці утворення рухливих форм жирів — ліпопротеїдів, які є основною формою транспорту синтезованих печінкою жирів до жирового депо.

Ц и т у в а н н я: Євтушенко М.Ю. Ліпопротеїди сироватки крові та їх значення у механізмах регуляції ліпідного обміну в організмі коропа за його тепловодного вирощування у садках. *Гідробіол. журн.* 2020. Т. 56, № 6. С. 84—93.

Незважаючи на значний вміст ліпідних компонентів, ліпопротеїди зберігають високу розчинність у водних сольових розчинах, що і забезпечує одну з їх найбільш важливих фізіологічних функцій як транспортної форми жирів, нерозчинних у звичайних водних середовищах. Крім того, ліпопротеїди сприяють органічній утилізації жирів екзогенного і ендогенного походження, а також забезпечують підтримання певного рівня ліпідів у тканинах і рідинах організму, клітинних мембранах і субклітинних структурах [27, 28]. Ліпопротеїди також переносять гліцериди, фосфоліпіди, стерини, а також незначну кількість вуглеводів і ациклічних спиртів. При цьому транспорт екзогенних (харчових) тригліцеридів здійснюється переважно хіломікронами, у той час як транспорт триацилгліцеридів ендогенного походження відбувається переважно ліпопротеїдами наднизької щільності. Крім того, ліпопротеїди здійснюють перенесення жиророзчинних вітамінів і β -каротину [14, 31].

Поряд з тим ліпопротеїди є одними з компонентів сироватки крові і беруть участь у здійсненні фізіологічно важливих метаболічних реакцій, зокрема з регуляцією активності ліпопротеїдліпази і холестерин-ацетилтрансферази, що беруть участь у процесах гідролізу тригліцеридів, хіломікронів та ліпопротеїдів наднизької щільності [24]. Зміна вмісту ліпопротеїдів сироватки крові відбувається залежно від стану внутрішніх фізіологічних ритмів, які тісно пов'язані з чергуванням окремих періодів річного циклу [4—6, 24, 29, 30].

У низці публікацій висвітлюють переважно кількісні зміни ліпопротеїдів сироватки крові риб у процесі їх розвитку у різні сезони року за природних умов вирощування [9, 29, 30]. Окремі дослідження стосуються динаміки їх фракційного складу у різні фази репродуктивного циклу деяких видів риб Кучурганського лиману — водойми-охолоджувача Молдовської ГРЕС [8].

Однак особливості фракційного складу ліпопротеїдів сироватки крові риб за їх вирощування у садках за високій щільності посадки та годівлі виключно штучними гранульованими кормами не досліджені. З огляду на це, метою наших досліджень було встановити особливості і динаміку фракційного складу ліпопротеїдів сироватки крові коропа за його вирощування у водоймі-охолоджувачі теплової електростанції.

Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили на однорічках коропа середньої маси 30 г, які були посаджені для товарного вирощування у садки на підігрітих скидних водах Київської ТЕЦ-5. Щільність посадки становила 100 екз/м³ води.

Середньомісячна температура води у водоймі-охолоджувачі у червні становила 28—29 °С, липні — 29—30 °С, серпні — 28—30 °С, вересні — 25—26 °С, жовтні — 16—19 °С, листопаді — 7—10 °С.

Впродовж досліджень (червень — листопад) годівля риб здійснювалась виключно штучним гранульованим комбікормом (рецепт К-111-10 Укр.) згідно прийнятим рибоводним нормам. Для дослідження ліпідного

обміну щомісячно відбирали проби печінки риб після їх декапітації. Кров брали безпосередньо з серця. Відділену центрифугуванням (3000 об/хв) сироватку крові після ретракції згустку використовували для визначення загальної кількості ліпідів та їх фракційного складу. Вміст ліпідів у печінці визначали за методом Фолча [26], у крові — за допомогою модифікованого прискореного методу за Хуерго [7]. Фракціонування ліпопротеїдів сироватки крові здійснювали за допомогою приладу фірми «Reanal» (Угорщина) методом диск-електрофорезу у поліакриламідному гелі [16, 18]. Аналіз ліпопротеїдів після електрофорезу включав як якісну візуальну оцінку кожної фракції, так і розрахунок відносного вмісту [1, 15].

Якісну оцінку електрофоретичної рухливості фракцій ліпопротеїдів сироватки крові проводили згідно методу, описаному в роботах декількох авторів [1, 13]. Кількісне співвідношення окремих фракцій розраховували за методом, рекомендованим [20].

Отриманий в експериментах цифровий матеріал піддавали статистичній обробці за методикою [10].

Результати досліджень та їх обговорення

У сироватці крові коропа було виділено чотири фракції ліпопротеїдів: хіломікрони (ХМ), ліпопротеїди наднизької щільності (ЛПННЩ — пребета-ліпопротеїди), ліпопротеїди низької щільності (ЛПНЩ — бета-ліпопротеїди), ліпопротеїди високої щільності (ЛВЩ — альфа-ліпопротеїди).

Фракція ХМ, які являють собою крапельки жиру, стабілізовані тонкою оболонкою з білків, фосфоліпідів та ефірів холестерину, у сироватці була найбільшою — у межах 34—42 %. Вони утворюються в ендоплазматичній сітці клітин кишківника у процесі всмоктування екзогенних тригліцеридів і холестерину, ХМ складаються з тригліцеридів (90 %) екзогенного походження, а також містять 5 % холестерину, 3 % фосфоліпідів і 1—2 % білка [22]. Ця фракція є основною транспортною формою утилізованих організмом екзогенних жирів у жирову і м'язову тканини для подальшого запасання. У її складі транспортується основна маса холестерину, який всмоктався у кишківнику, 90 % ліпідів, які поглинаються організмом, циркулюють у формі ХМ, і лише 10 % — у вигляді жирних кислот. Вільні жирні кислоти переносяться кров'ю головним чином у вигляді комплексів з глобуліном сироватки.

Введенням інтактним тваринам мічених ХМ було показано, що важливим місцем їх поглинання в організмі є печінка, оскільки вже через 20 хвилин після ін'єкції у складі ліпідів печінки виявилось 30 % введеної мітки. «Мічені» ліпіди були також виявлені в інших тканинах, особливо у жировій, де їх частка досягала 10 % введеної мітки.

Печінка характеризується обмеженою здатністю до запасання тригліцеридів. Навіть незначний надлишок останніх секретується у кров у формі ЛПННЩ. Синтезовані у печінці тригліцериди швидко переносяться у жирову тканину у вигляді ЛПННЩ, тому їх загальний вмісту печінці не відображає реального [19]. Швидкість секреції останніх повинна від-

повідати швидкості їх видалення з крові, тому печінка не може безперервно виділяти у плазму ЛПННЩ з швидкістю, яка значно перевищує швидкість їх споживання периферичними тканинами [19]. Існує також інформація про те, що концентрація тригліцеридів і ЛПННЩ може збільшуватись за їх підвищеного утворення в печінці, або при уповільненні процесів їх виведення з крові [33].

Протягом всього вирощування відносний вміст фракції ХМ знаходився на високому рівні, проте у період найбільш інтенсивного росту коропа (липень — серпень) зареєстровано незначне зниження, що можна пояснити деяким зменшенням інтенсивності живлення і надходження до організму тригліцеридів і холестерину у зв'язку з підвищенням у цей період температури води за межі оптимальних значень (30—32 °С) для коропа. Проте у цей період відмічено найбільший вміст загальних ліпідів у печінці (15,49 % сирової маси).

На тлі деякого зниження вмісту фракції ХМ у період найвищої температури і відносно низького вмісту кисню (5—7 мг/дм³) відбулось незначне зростання вмісту ЛПВЩ (рис. 1). Як відомо, ЛПВЩ секретуються печінкою. У цілому на частку цієї фракції припадало від 20 до 38 %. У молоді і голодуючих риб ця фракція становить 80 % від загального вмісту ліпопротеїдів. Вони не мають у своєму складі тригліцеридів, а складаються на 50 % з білків, на 25 % з фосфоліпідів і 20 % з ефірів холестерину [34].

Ліпопротеїди високої щільності беруть участь у транспорті ХМ, виконуючи важливу роль в процесах обміну жирів. Крім того, припускають, що ЛПВЩ беруть участь в транспорті фосфоліпідів і ефірів холестерину до печінки по мірі їх вилучення із складу ХМ та ЛПННЩ. Під дією ферменту ліпопротеїдліпази у жировій тканині і м'язах відбувається відщеплення тригліцеридів від ХМ і ЛПННЩ.

Деякі автори пояснюють жирову інфільтрацію печінки затримкою утворення рухливих форм жирів — ліпопротеїдів, які є основною формою транспорту жиру з печінки в жирове депо [32]. За інфільтрації печінки концентрація ЛПВЩ, як правило, знижується. Це відбувається також і за інтенсивного використання холестерину у процесі побудови клітинних мембран, особливо у період інтенсивного росту організму.

У період високих температур води поряд зі зростанням відносного вмісту фракції ЛПВЩ, зріс також і вміст фракції ЛПННЩ, який загалом коливався у межах 9—23 %. Ця фракція ліпопротеїдів утворюється у печінці і складається на 60 % з тригліцеридів, на 12 % з холестерину і на 18 % з фосфоліпідів. У дорослому організмі їх міститься дуже мало, оскільки вони розщеплюються ферментом ліпопротеїдліпазою. Інгібування активності цього ферменту приводить до їх накопичення у плазмі крові. ЛПННЩ відрізняються від ХМ більш високим вмістом білка, фосфоліпідів і холестерину.

Збільшення вмісту цієї фракції можна також пояснити її функцією у механізмах транспорту синтезованих печінкою та іншими органами ендогенних тригліцеридів у жирову тканину для депонування. Адже від-

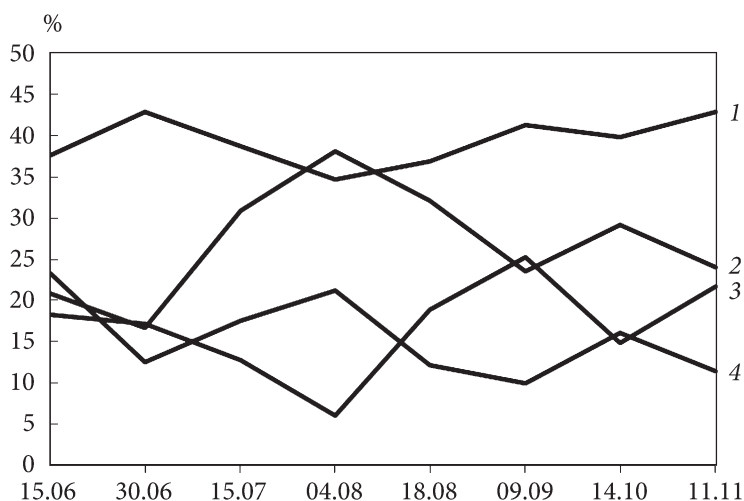


Рис. 1. Сезонна динаміка вмісту ліпопротеїдних фракцій сироватки крові коропа за умов його тепловодного вирощування у садках. 1 — ХМ; 2 — ЛПВЩ; 3 — ЛПНЩ; 4 — ЛПННЩ

мо, що у печінці може зберігатись лише обмежена кількість тригліцеридів і їх надлишок виводиться в кров у вигляді ЛПННЩ.

За період досліджень вміст фракції ЛПНЩ становив від 6 до 25 %, при підвищених температурах (липень — серпень) він значно знизився (див. рис. 1). Ці ліпопротеїди утворюються в результаті розпаду ЛПННЩ у плазмі крові, при цьому втрачається близько 90 % тригліцеридів, деяка кількість холестерину і фосфоліпідів і майже половина білків [11, 34]. У ЛПНЩ міститься більше 50 % холестерину, 10 % тригліцеридів, близько 15 % фосфоліпідів [11].

Транспортна функція ЛПНЩ полягає у забезпеченні холестерином і його ефірами периферичних органів і тканин, де власний біосинтез стеринів відбувається з низькою швидкістю, або відбувається інтенсивний поділ клітин [22, 32]. Зміну вмісту цієї фракції у плазмі крові, як правило, пов'язують саме з транспортом холестерину, вміст якого в її складі у середньому досягає 47 % [1].

Зниження вмісту ЛПНЩ на тлі зростання ЛПВЩ у липні — серпні може свідчити про накопичення в органах і тканинах риб енергетичних речовин, що підтверджується найвищим за період дослідження загальним вмістом ліпідів у печінці. Крім того, за інтенсивного росту і перебігу метаболічних процесів у організмі коропа їх потреби в холестерині повністю забезпечуються за рахунок власного біосинтезу, тому вміст в крові ЛПНЩ може зменшуватись. Необхідний рівень холестерину може підтримуватись у цей період також за рахунок ЛВЩ, які приймають участь у механізмах регуляції біосинтезу холестерину. На участь ЛНЩ у регуляції процесів біосинтезу вказують і інші дослідники [22, 32].

Зниження вмісту ЛНЩ на тлі зростання вмісту ЛПННЩ у липні — серпні може бути зумовлено з одного боку призупиненням розпаду останніх, які є джерелом перших, а з іншого — використанням резервів холестерину у процесі поділу клітин у період інтенсивного росту організму.

На початку вересня відбулось зростання вмісту ЛПНЩ, натомість вміст ЛПВЩ знизився, що свідчить про мобілізацію жирових запасів організму на енергетичні потреби. Підтвердженням цього зниження у цей період вмісту загального білка та загальних ліпідів у печінці риб майже вдвічі порівняно з попереднім місяцем. Це може бути наслідком надходження ліпідів і протеїнів з їжею.

Зростання вмісту ЛПНЩ на тлі зниження вмісту ЛПННЩ на початку вересня може бути пов'язано з розпадом останніх під дією ферменту ліпопротеїдліпази з утворенням ЛПНЩ.

Отримані дані також можуть свідчити про високу інтенсивність жирового обміну та значне накопичення ліпідів у нагульний період, особливо за підвищених температур води, що було зареєстровано нами в жовтні, коли температура води у водоймі-охолоджувачі протягом всього місяця становила 15—20 °С, а концентрація розчиненого кисню досягала 9—10 мг/дм³. При цьому загальний вміст білка та ліпідів у печінці коропа перевищував показники, які були зареєстровані у попередній місяць, майже вдвічі.

Поряд з цим встановлено пряму залежність між вмістом фракцій ЛПВЩ і ЛПННЩ, ХМ і ЛПНЩ, і зворотню — між динамікою змін вмісту фракцій ХМ і ЛПННЩ, ЛПВЩ і ЛПНЩ, ЛПНЩ і ЛПННЩ.

На жаль в літературі відсутня інформація щодо послідовності перебігу метаболічних процесів у організмі риб з залученням специфічних функцій фракцій ліпопротеїдів. Це до певної міри пов'язано з існуванням у сироватці крові динамічної рівноваги фракцій ліпопротеїдів. Тому знайти тісний взаємозв'язок між окремими фракціям і вмістом в органах і тканинах інших метаболітів, які беруть участь в обміні речовин, достатньо складно.

Відомо, що окремі фракції ліпопротеїдів сироватки крові зв'язані між собою з білковими і ліпідними компонентами. Так, ЛПННЩ у результаті ліполізу перетворюються ЛПНЩ, а ХМ розпадаються на «проміжні» і «залишкові» частки, які містять значну кількість тригліцеридів і холестерину.

На нашу думку, з урахуванням функцій різних фракцій ліпопротеїдів цей процес можна уявити наступним чином. У процесі вирощування риб після їх адаптації до нових екологічних умов відбувається інтенсивне споживання корму, який перетравлюється у шлунково-кишковому тракті, а продукти травлення всмоктуються у кишківнику. Серед цих речовин, як відомо, є складові компоненти ліпідів: тригліцериди, фосфоліпіди, холестерин. Надходження цих речовин до кишківника сприяє утворенню в ендоплазматичній сітці печінки фракції ХМ, які переносять екзогенні тригліцериди і холестерин насамперед до печінки, де за інтенсивного

живлення і перебігу в їх організмі метаболічних процесів відбувається біосинтез специфічних для певного виду риб ліпідів.

Поряд з цим у мікросомах ендоплазматичного ретикулуку гепатоцитів синтезуються фосфоліпіди, нейтральні ліпіди і транспортний білок апопротеїн, який секретується у кров у вигляді ЛПННЩ. Вони є головною транспортною формою ендогенних тригліцеридів, що синтезуються у печінці або в інших органах і транспортуються у жирову і м'язову тканини для запасання. Під дією ферменту ліпопротеїдліпази ЛПННЩ розщеплюються, тому у дорослому організмі їх дуже мало, але за впливу певних чинників може відбуватись інгібування активності цього ферменту, що супроводжується підвищенням вмісту цієї фракції у сироватці крові.

Наслідком розщеплення ЛПННЩ є утворення нової фракції ліпопротеїдів ЛПНЩ (бета-ліпопротеїдів). Основною фізіологічною функцією цієї фракції є транспорт холестерину і його ефірів з метою забезпечення позаклітинних, периферичних органів і тканин, особливо тих, де власний біосинтез стеринів відбувається з низькою швидкістю, або де відбувається інтенсивний поділ клітин. Тому особливого значення ця фракція набуває у період інтенсивного росту риб. За інтенсивного перебігу метаболічних процесів у печінці у цей період потреби організму у холестерині можуть повністю забезпечуватись за рахунок власного біосинтезу, тому вміст ЛПНЩ у сироватці крові може дещо знижуватись.

Слід також зазначити, що необхідний рівень холестерину у цей період може підтримуватись за рахунок ЛПВЩ, які беруть участь у регуляції біосинтезу холестерину. Однією з основних функцій цієї фракції є транспорт фосфоліпідів і ефірів холестерину в печінку по мірі вивільнення їх із складу ХМ і ЛПННЩ. Крім того, ЛПВЩ беруть участь у механізмах транспорту ХМ, виконуючи тим самим важливу роль в процесах обміну жирів.

Встановлено зворотний зв'язок між вмістом тригліцеридів у складі ЛПННЩ і холестерину у складі ЛВЩ, що пояснюється обміном ліпідів між цими ліпопротеїдами [31]. Споживання рибами холестерину супроводжується значним зниженням вмісту ЛПВЩ у сироватці крові і його суттєвим зростанням у печінці, можливо через зростання потреб клітин печінки у ЛПВЩ і, відповідно, зменшення їх секреції у кров. Крім того, зниження їх вмісту у плазмі крові розглядається як один з показників неоптимального співвідношення окремих фракцій ліпопротеїдів.

Заключення

У процесі вирощування коропа на підігрітих скидних водах теплової електростанції протягом вегетаційного періоду встановлена динаміка вмісту ліпопротеїдів у сироватці крові і їх фракційного складу. Ліпопротеїди включаються у метаболічний цикл організму, виконуючи різноманітні функції, притаманні кожній з досліджуваних фракцій, які пов'язані з механізмом регуляції процесів ліпідного обміну в організмі риб.

Встановлені взаємовідношення між окремими фракціями ліпопротеїдів сироватки крові коропа за зміни екологічних умов (температури,

кисневого режиму) вирощування риб протягом вегетаційного періоду, пов'язані з функціональними особливостями кожної фракції у процесах обміну речовин за тепловодного вирощування риб.

Список використаної літератури

1. Добротина Н.А. О типировании липопротеидемий с помощью качественного анализа липопротеидов в полиакриламидном геле. *Лаб. дело*. 1974, N 4. С. 216—220.
2. Єсіпова Н.Б. Структурно-функціональний стан печінки коропа в умовах тепловодного вирощування: автореф. дис....канд. біол. наук. К.: 2003. 32 с.
3. Єсіпова Н.Б., Евтушенко Н.Ю. Нарушение функциональной деятельности печени у карпа при выращивании в садках тепловодного хозяйства. *Доп. НАН України*. 2003. № 4. С. 162—167.
4. Золотухина В.А. Физиолого-биохимическая характеристика осетровых рыб в различные периоды годового цикла. Материалы VII Ежегод. науч. конф. студ. и аспирантов базовых кафедр Южного НЦ РАН, 11—25 апр. 2011 г. Ростов-на-Дону. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2011. С. 22—23.
5. Исаев Ф.А., Макарова Н.П., Сорвачев К.Ф. Шатуновский М.И. Состав липидов печени, гонад и сывороточных белков морской трески и наваги. *Вестн. Моск. ун-та. Биол. и почвовед.* 1969. № 1. С. 7—14.
6. Ипатов В.В. Динамика содержания липопротеидов в сыворотке крови балтийской трески. *Тр. ВНИРО*. 1972. Т. 85. С. 68—80.
7. Кайдин Д.А. Модификация ускоренного метода определения общих липидов в сыворотке крови по Хуэрго. *Лаб. дело*. 1973. № 12. С. 750—751.
8. Калинин Р.А. Динамика фракционного состава белковых и липопротеидных фракций сыворотки крови рыб в разные периоды репродуктивного цикла. *Биопродукционные процессы в водохранилищах-охладителях ТЭС*. Кишинев: Штиинца, 1988. С. 214—228.
9. Кычанов В.М. О сывороточных протеинах, липо- и гликопротеидах белорыбицы (*Stenodus leucichthus* (Güldenstädt)) в процессе созревания гонад. *Вопр. ихтиологии*. 1981. Т. 21, № 3. С. 489—497.
10. Кокунин В.А. Статистическая обработка данных при малом числе опытов. *Укр. биохим. журн.* 1975. Т. 47, № 6. С. 776—790.
11. Климов АН. Липопротеиды плазмы крови. *Липиды. Структура, биосинтез, превращения и функции*. М.: Наука, 1977. С. 57—80.
12. Комарова Г.В. Характеристика липидного обмена у карпа при садковом выращивании на теплых водах: автореф. дис....канд. биол. наук. М., 1980. 24 с.
13. Курилович О.А., Филимонова И.А., Верещагина Г.Н. Оценка электрофоретической подвижности фракций липопротеидов. *Лаб. дело*. 1982. № 9. С. 22—24.
14. Липопротеиды крови осетровых (Acipenseridae) рыб. <http://www.ekologyreality.ru/ecolits-604-4.html>.
15. Людвичек И.А., Манько В.П., Пидченко Л.П. Методика количественной оценки фракций липопротеидов с использованием дискэлектрофореза в полиакриламидном геле. *Лаб. дело*. 1979. № 3. С. 186—187.
16. Маграчева Е.Я. Разделение липопротеидов сыворотки крови методом дискового электрофореза в полиакриламидном геле. *Вопросы мед. химии*. М.: Медицина, 1973. Вып. 6. С. 652—655.
17. Металлов Г.Ф., Гераскин П.П., Аксёнов П.П. и др. Многолетний мониторинг физиологического состояния основных видов каспийских осетровых рыб. *Вестн. АГТУ*. 2012. Т. 6, № 1. С. 88—98.
18. Методическая рекомендация определения фракций липопротеидов методом электрофореза в полиакриламидном геле. Ереван, 1977.
19. Ньюсхолм Э., Старт К. Регуляция метаболизма. М.: Мир, 1977. 407 с.

20. Поляков Л.М., Панин Л.Е. Метод количественного определения липопротеидов сыворотки крови путем элюирования участков дискэлектрофореграмм тритонном X-100. *Лаб. дело*. 1975. № 2. С. 113.
21. Романенко В.Д. Эколого- физиологические основы тепловодного рыбоводства. Киев: Наук. думка, 1983. 140 с.
22. Титов В.Н., Бренер Е.Д., Халтаев Н.Г и др. Методы и диагностическая значимость исследования содержания холестерина в α -липопротеидах. *Лаб. дело*. 1979. № 1. С. 36.
23. Черкес Л.А. Холин как пищевой фактор и патология холинового обмена. М.: Изд-во АМН СССР, 1953. 284 с.
24. Шатуновский М.И. Изменения биохимического состава печени и крови беломорской речной камбалы во время созревания ее половых продуктов. *Вестн. МГУ. Биология, почвоведение*. 1967. № 2. С. 22—30.
25. Yesipova N.V., Yevtushenko N.Y. Water and ponds. Comparative characteristic of the functional state of liver in carps cultivated in heated. *Hydrob. J.* 2003. Vol. 39, N 6. P.71—78.
26. Folch J., Ascoli J., Hess H. et al. Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 191, N 2. P. 823—831.
27. Fremont L., Marion D. A comparison of the lipoprotein profiles in male trout (*Salmo gairdneri*) before maturity and during spermiation. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 1982. Vol. 73, N 4. P. 849—855.
28. Havel R., Kane Jonn P. Kashyap Moti L. Interchange of apolipoproteins between chylomicrons and high density lipoproteins during alimentary lipomia in man. *Clin. Invest.* 1973. Vol. 52, N 1. P. 32—38.
29. Jadris S., Aldinum A., Peris B. et al. Elektroforetska analiza proreina, lipoproteina seruma podbile (*Chondrossroma phoreinus* Hech.) na agarom gelu. *Ribar. Jugosl.* 1972. Vol. 27, N 3. P. 56—58.
30. Kirsipuu A. Results of an electrophoretic investigation of blood serum lipo- and glycoproteids in some cyprinid fishes. *Eesti Nsv Tead. Acad. Toim., kd. 20, Biologia.* 1971. N 1. P. 19—22.
31. Krinsky N.J., Cornwell D.G. Oncley J.L. The transport of vitamin A and carotenoids in human plasma. *Arch. Biochem. Biophys.* 1958. Vol. 73, N 1. P. 233—246.
32. Lakshmanan M.R., Muesing R.A., Cook G.A. et al. Regulation of lipogenesis in isolated hepatocytes by triglyceriderich lipoproteins. *J. Biol. Chem.* 1977. Vol. 252, N 19. P. 6581—6583.
33. Nikkilo Esko A., Taskinen Marja-Ritta. Relation between H. D. cholesterol levels and triglyceride metabolism. *Lancet.* 1978. N 8095. P. 892—897
34. Stein Y., Stein O. Serum lipoproteins and the liver. Synthesis and catabolism. Lipid metabolism, obesity and diabets mellitus. Impast atherosclerosis: Proc. Int. Symp. Apr. 1972. Stuttgart, 1974. P. 16—22.

Надійшла 07.09.2020

N. Yu. Yevtushenko, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Principal Researcher,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
19 General Rodimtsev St., Kyiv ,03041, Ukraine,
e-mail: n_Yevtushenko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8165-8802

SERUM LIPOPROTEINS AND THEIR IMPORTANCE IN MECHANISMS OF
REGULATION OF LIPID METABOLISM IN THE CARP ORGANISM OVER
CULTIVATION IN THE HEATED WATER

The seasonal dynamics of blood serum lipoproteins fractional composition and its role in the processes of lipid metabolism regulation in carp over cultivation in the heated waters in the cages within the vegetative period was established.

Key words: *carp, cages, heat-growing, blood serum lipoproteins, seasonal dynamics, regulation of lipid metabolism.*