

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.01.074>

УДК 597-1.05:597583.1(282.247325.8)

М.Ю. Євтушенко, <https://orcid.org/0000-0002-8165-8802>

Н.Я. Рудик-Леуська, <https://orcid.org/0000-0003-4355-7071>

М.В. Леуський, <https://orcid.org/0000-0001-5646-8524>

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

E-mail: rudyk-leuska@ukr.net

Динаміка вмісту білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у переднерестовий та нагульний періоди

Представлено членом-кореспондентом НАН України М.Ю. Євтушенком

Досліджено особливості сумарного вмісту білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у переднерестовий та нагульний періоди. У переднерестовий період зареєстровано значно менший вміст сумарних ліпідів у печінці порівняно з нагульним періодом, але значно більший вміст глікогену. Проте наявні енергетичні ресурси організму, на наш погляд, достатні для забезпечення пластичного та генеративного обміну, пов'язаного з трофоплазматичним ростом ооцитів напередодні початку нересту. Отримані результати можуть свідчити про оптимальні екологічні умови і достатній рівень розвитку кормових об'єктів у водному середовищі Кременчуцького водосховища, які забезпечують високий рівень перебігу метаболічних процесів в організмі статевозрілих особин судака у нагульний та переднерестовий періоди річного циклу.

Ключові слова: Кременчуцьке водосховище, судак, обмін речовин, глікоген, білки, ліпіди, м'язи, печінка, глобальне потепління, переднерестовий період, нагульний період.

Одним з найцінніших об'єктів промислу на Кременчуцькому водосховищі є судак, який поширений практично на всіх його ділянках [1, 2]. Сприятливі екологічні умови для природного нересту судака у водосховищі обумовлюють зростання його вилову протягом останніх років.

Спектр живлення судака в основному складають молодші вікові групи переважно коропових і окуневих риб. Восени спектр живлення дорослих особин судака розширюється за рахунок власних молодших вікових груп. При цьому спостерігається достатньо високий рівень його вгодованості, особливо навесні та восени [3]. Відомо, що самиці судака живляться навіть у період нересту. Кормовими об'єктами судака є риба із дрібних особин (тюлька, кілька, хамса, колючка, верховодка, плітка), а також мізиди, гамариди тощо. Статевозрілий

Цитування: Євтушенко М.Ю., Рудик-Леуська Н.Я., Леуський М.В. Динаміка вмісту білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у переднерестовий та нагульний періоди. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2023. № 1. С. 74–80. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.01.074>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2023. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

судак у переднерестовий період (квітень—травень) одночасно може захоплювати таку кількість молодших вікових груп риб, маса яких у середньому становить 2,6 % його власної маси [4, 5]. Нерест судака відбувається в період нарощування рівня води і розпочинається в різні роки за температури води 8,5–10 °С, а закінчується за температури 18–20 °С. Тривалість нересту становить 20–30 днів і припадає в основному на другу половину квітня—першу половину травня. Масове ікрометання судака завжди відбувається під час інтенсивного підвищення рівня води, що протягом нерестового періоду в різні роки збільшується на 1,0–2,5 м. Ікру судак відкладає на затоплене придаткове коріння верби на глибині від 50 до 150 см [6].

Досить важливими показниками, які характеризують фізіологічний статус судака, є вміст в органах і тканинах білка, ліпідів та вуглеводів, оскільки вони характеризують його пластичний обмін і ріст, а ліпіди і глікоген є енергетичним резервом організму, які забезпечують всі процеси життєдіяльності, у тому числі і природне відтворення. Ці показники визначають динаміку пластичного обміну і росту риб у різні сезони року, а у статевозрілих особин — динаміку обміну речовин у різні періоди річного циклу за різних екологічних умов, а також роль білків, ліпідів та вуглеводів у забезпеченні всіх процесів життєдіяльності організму в цілому і за зміни екологічних умов.

Проте в наявних літературних джерелах нами не знайдено матеріалів, які б відображали динаміку перебігу метаболічних процесів в організмі судака Кременчуцького водосховища протягом останніх років у зв'язку з істотними змінами екологічної ситуації внаслідок глобального потепління.

Поглиблене вивчення особливостей перебігу метаболічних процесів в організмі судака у переднерестовий та нагульний періоди річного циклу визначається необхідністю висвітлення процесів підготовки організму до його зимівлі, а також до найважливішого етапу в його життєдіяльності — нересту. Тому метою наших досліджень було вивчення особливостей сумарного вмісту білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у переднерестовий та нагульний періоди.

Матеріали і методи. Науково-дослідний лов риби (судака) здійснювали восени 2020 р. (нагульний період) і навесні 2021 р. (переднерестовий період) під час моніторингових досліджень середньої частини Кременчуцького водосховища.

Як біологічний матеріал для досліджень були відібрані білі скелетні м'язи та печінка статевозрілих особин судака, в яких визначали сумарний вміст білків, ліпідів та глікогену. Вміст сумарних білків визначали за Лоурі [7], сумарних ліпідів — за допомогою фосфорнованілінового реактиву [8], глікогену в тканинах — антроновим методом [9].

Отриманий цифровий матеріал піддавали статистичній обробці за програмою Statistica-10.0.

Результати дослідження і їх обговорення. На процеси життєдіяльності та характер перебігу метаболічних процесів в організмі риб істотно впливають екологічні умови існування, особливо рівневий і температурний режими води. Нами встановлено, що протягом вегетаційного періоду (травень—вересень) 2020 р. гідрологічний режим води у середній частині Кременчуцького водосховища знаходився на достатньо високому, стабільному рівні, який становив у середньому 80 м (за НПП 81 м), а у жовтні—листопаді — 79 м. Рівневий режим води у березні 2021 р. у середньому становив 79 м, у квітні — 80 м, у травні та червні досягав максимального значення — 81 м.

Середньодобова температура води у нагульний період 2020 р. коливалася в межах 12–15 °С у травні, 14–24 °С у червні, 21–25 °С у липні, 20–24 °С у серпні та 16–23 °С у вересні.

Середньодобова температура води у переднерестовий період у квітні 2021 р. коливалася в межах 6–9 °С, у травні – в межах 10–19 °С.

Відомо, що кожен період річного циклу характеризується специфічними особливостями перебігу метаболічних процесів, які значно відрізняються один від одного. Ці відмінності виявляються у різній спрямованості та інтенсивності обміну речовин. Досить важливими в цьому аспекті є нагульний та переднерестовий періоди річного циклу судака.

Польовими дослідженнями встановлено, що в період нагулу сумарний вміст білка в білих скелетних м'язах статевозрілих особин судака, який населяє Кременчуцьке водосховище, на 20,7 % перевищував значення, які були виявлені у цей період в печінці (таблиця). Це може свідчити про те, що у цей період за умов оптимальних літніх температур відбувається інтенсивний пластичний обмін, який супроводжується збільшенням лінійного і вагового росту судака.

Водночас з настанням нового етапу гаметогенезу для забезпечення процесів генеративного обміну в статевозрілих особин судака, зокрема утворення гамет і сперматоцитів, крім компонентів їжі, використовуються пластичні та енергетичні ресурси організму. У цей час у печінці статевозрілих особин судака синтезується специфічний попередник білка – ововітелін, який потоком крові транспортується до гонад. Внаслідок використання синтезованого печінкою білка в процесах генеративного обміну його вміст у цьому органі в нагульний період знижується порівняно з м'язами.

Очевидно, що певна частка синтезованого печінкою білка використовується в період зимівлі, що є недостатнім для завершення процесів дозрівання статевих продуктів (стадія вітелогенезу), та для забезпечення успішного нересту судака. Тому наступної весни після досягнення певних температур та розвитку кормових об'єктів відбувається переднерестова відгодівля, яка сприяє накопиченню в органах і тканинах судака в достатній кількості енергетичних і пластичних резервних речовин, необхідних для забезпечення процесів вітелогенезу та успішного нересту.

Фізіологічний статус риб можна охарактеризувати шляхом визначення в їх життєво важливих органах і тканинах вмісту пластичних і резервних речовин. Білки, ліпіди та вуглеводи, зокрема глікоген, відіграють досить важливу роль у пластичному, енергетичному, функціональному і генеративному обміні, особливо в енергетичному забезпеченні процесів життєдіяльності організму. Динаміка цих компонентів в органах і тканинах риб істотно залежить від умов зимівлі, від впливу на організм природних і антропогенних чинників, зо-

Вміст сумарного білка, ліпідів та глікогену в органах і тканинах судака Кременчуцького водосховища у нагульний та переднерестовий періоди річного циклу (мг/г сирової маси тканини, $n = 5$; $M \pm m$)

| Період відбору проб | Білок | | Ліпіди | | Глікоген | |
|---------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| | М'язи | Печінка | М'язи | Печінка | М'язи | Печінка |
| Нагульний | 116,7±6,4 | 96,7±4,3 | 10,01±1,4 | 60,9±8,7 | 22,7±2,1 | 86,3±9,5 |
| Переднерестовий | 187,5±20,5 | 208,3±8,8 | 6,7±1,1 | 37,3±3,9 | 27,3±8,4 | 138,3±25,0 |

крема температури, гідрологічного режиму, розчинених у воді токсичних речовин тощо, а також від наявності у водному середовищі корму і його хімічного складу [10].

Відомо також і те, що невдовзі після нересту настає післянерестовий період, протягом якого відбувається відновлення резервних речовин у результаті інтенсивної підгодівлі риб. Цей період характеризується інтенсивним накопиченням в органах і тканинах риб значної кількості резервних речовин, необхідних для енергетичного забезпечення процесів життєдіяльності організму в зимовий період.

У результаті досліджень встановлено більш високий сумарний вміст білка в білих скелетних м'язах (на 60,7 %) і в печінці (на 115,4 %) судака в переднерестовий період порівняно з періодом нагулу. При цьому слід зазначити, що вміст сумарного білка в переднерестовий період у м'язах і печінці судака був приблизно однаковий. Високий рівень вмісту сумарного білка в печінці і м'язах судака у переднерестовий період може бути свідченням наявності у водному середовищі в цей період достатньої кількості кормових об'єктів, споживання яких супроводжувалося зростанням білоксинтетичної функції печінки з утворенням як пластичного, так і енергетичного резерву організму, необхідного для завершення трофоплазматичного росту ооцитів і для успішного нересту. Отже, найвищий вміст сумарного білка в печінці судака спостерігається у зимовий і переднерестовий періоди в результаті його активного біосинтезу печінкою і перенесенням у визріваючі гонади.

Отримані нами дані збігаються з результатами інших дослідників, якими встановлено, що на початку переднерестового періоду (III і III–IV стадії зрілості статевих продуктів) в органах і тканинах багатьох видів риб відмічається істотно зростання вмісту білків і ліпідів [11].

Зі зниженням температури восени відбувається зменшення рівня пластичного обміну і його переведення на біосинтез у печінці ліпідів, необхідних для енергетичного забезпечення процесів життєдіяльності організму в період зимівлі.

Згідно з результатами польових досліджень, у процесі літньо-осіннього нагулу судака як у м'язах, так і в печінці риб зростає сумарний вміст ліпідів. Це може бути свідченням наявності у водоймі відповідних кормових об'єктів, які забезпечують організм судака необхідними високоенергетичними компонентами, з яких у результаті функціональної діяльності печінки синтезуються різні фракції ліпідів, які зосереджуються в різних органах і тканинах риб. Саме у цей період відбувається накопичення в жирових депо енергетичних резервів, які забезпечують процеси життєдіяльності організму риб в зимовий період.

За нашими даними, в період нагулу сумарний вміст ліпідів в печінці судака у шість разів перевищував їх значення у м'язах. Це може свідчити про високу ліпідотвірну функцію печінки в цей період.

Очевидно, що значна кількість енергетичних резервів, зосереджених як в печінці, так і в м'язах судака, витрачається в період зимівлі. Свідченням тому є більш низький рівень вмісту сумарних ліпідів у печінці (на 63,4 %) і м'язах (на 48,6 %) судака у переднерестовий період порівняно з періодом нагулу.

Водночас слід зазначити, що сумарний вміст ліпідів у печінці судака в переднерестовий період у 5,5 разів перевищував їх значення у м'язах. Це може свідчити про високу біосинтетичну діяльність печінки судака в поповненні енергетичних резервів організму в переднерестовий період, а також про достатньо високий рівень природної кормової бази для даного організму риб. Крім того, у цей період у статевозрілих особин значна частка енергетичних

резервів витрачається на процеси дозрівання статевих продуктів. Відомо, що у переднерестовий період в печінці риб спостерігається активація процесів білкового синтезу, зв'язаного з диференціюванням і ростом генеративної тканини. Пластичним матеріалом для завершення процесів формування статевих продуктів статевозрілих особин слугують компоненти корму, а також резерви організму, зосереджені в органах і тканинах внаслідок нагулу в попередній рік [12].

У період мобілізації енергії на процеси генеративного обміну сумарний вміст ліпідів в організмі риб значно зменшується, оскільки процеси диференціювання статевих продуктів є більш енергомісткими, порівняно з пластичним обміном і ростом риб. При цьому певна частина ліпідів використовується не в енергетичному, а в пластичному обміні, беручи участь у процесах утворення жовтка яйцеклітини самиць.

У період нагулу в печінці судака виявлено більш високий вміст глікогену, який у 3,8 раза перевищував значення, зафіксовані у м'язах. Як відомо, біосинтез глікогену здійснюється в печінці з глюкози в результаті глікогенезу. Крім того, в печінці можливе новоутворення глікогену з продуктів розпаду вуглеводів, а також внаслідок розпаду жирів і білків у результаті глікогенезу. У печінці глікоген є вуглеводним резервом, з якого під дією певних ферментів утворюється глюкоза, яка може брати участь в енергетичному забезпеченні метаболічних процесів в організмі риб. Цей ресурс у період зимівлі вичерпується, про що свідчить зростання його вмісту в печінці на 60,3 % і м'язах на 20,7 % порівняно з таким у період нагулу.

У м'язах глікоген слугує резервним джерелом енергії, яка забезпечує роботу м'язів. У переднерестовий період судак характеризується значною рухливою активністю в пошуках корму.

Як у переднерестовий, так і у період нересту потреби риб у вуглеводах зростають, свідченням чого є значно вищий вміст глікогену, виявлений нами в печінці судака у переднерестовий період порівняно з нагульним. З іншого боку, вищий вміст глікогену в печінці і м'язах у переднерестовий період може свідчити про кращий розвиток навесні кормових організмів, доступних для судака. Крім того, в нагульний і переднерестовий періоди глікоген може бути одним з компонентів для біосинтезу в печінці риб ліпідів. Відзначимо, що вміст глікогену в печінці судака в переднерестовий період перевищував його значення у м'язах більш ніж у п'ять разів.

Отже, сумарний вміст білка в печінці і м'язах судака в нагульний період значно нижчий, ніж у переднерестовий період, а сумарний вміст ліпідів в органах і тканинах у період нагулу вищий, ніж у переднерестовий період. Вміст глікогену в печінці і м'язах судака вищий у переднерестовий період порівняно з періодом нагулу. Отримані дані збігаються з результатами досліджень інших авторів [13].

Висновки. Встановлено значно менший сумарний вміст білка в печінці і м'язах статевозрілих особин судака Кременчуцького водосховища у нагульний період порівняно з переднерестовим. Це може вказувати на відсутність у водосховищі достатньої кількості їжі або на використання синтезованої печінкою значної кількості білка для забезпечення процесів визрівання статевих продуктів. У період нагулу в печінці і м'язах судака виявлено вищий вміст сумарних ліпідів та нижчий вміст глікогену порівняно з переднерестовим періодом. У печінці судака в переднерестовий і нагульний періоди сумарний вміст ліпідів і глікогену значно перевищував показники, визначені у м'язах, що може свідчити про високу функціональну діяльність печінки в енергозабезпеченні організму судака на період нересту.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Котовська Г.О. Особливості біології судака звичайного (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)) Кременчуцького водосховища. *Рибогосп. наука України*. 2011. № 2. С. 14–17.
2. Озинковская С.П., Полторацкая В.И., Зубенко В.Л. Современное состояние судака Кременчугского водохранилища. *Пресноводная аквакультура в условиях антропогенного пресса*. Киев: ИРХ УААН, 1994. С. 229.
3. Зайцева Г.Я. Живлення і кормові взаємовідношення риб у Кременчуцькому водоймищі. *Біологія риб Кременчуцького водоймища*. Київ: Наук. думка, 1970. С. 257–316.
4. Полтавчук М.А. Основы биотехники разведения судака в искусственных водоёмах. Киев: Изд-во АН УССР, 1959. 85 с.
5. Полтавчук М.А. Биология и разведение днепровского судака в замкнутых водоёмах. Киев: Наук. думка, 1965. 257 с.
6. Сухойван П.Г. Розмноження риб у Кременчуцькому водосховищі. *Біологія риб Кременчуцького водосховища*. Київ: Наук. думка, 1970. С. 34–118.
7. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. **193**. P. 265–275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
8. Энциклопедия клинических лабораторных тестов: Тип Н. (ред.). Москва: Лабинформ, 2000. 452 с.
9. Практикум по биохимии: Учеб. пособие: Северин С.Е., Соловьева Г.А. (ред.). Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 509 с.
10. Шатуновский М.И. Задачи физиологии и биохимии морских и проходных рыб в связи с организацией рационального промысла и искусственного воспроизводства. *Тр. ВНИРО*. 1978. **120**. С. 7–12.
11. Щепкин В.Я. Сравнительная характеристика липидов печени и мышц ставриды и скорпены. *Науч. докл. высш. школы. Биол. науки*. 1972. № 2. С. 36–39.
12. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. Москва: Пищ. пром-сть, 1972. 212 с.
13. Малиенко А.В. Содержание липидов в теле некоторых видов рыб Кременчугского водохранилища. *Пищевые потребности и баланс энергии у рыб*. Киев: Наук. думка, 1973. С. 149–162.

Надійшло до редакції 08.07.2022

REFERENCES

1. Kotovska, G. O. (2011). Particularities of zander (*Stizostedion lucioperca*) biology in the Kremenchuk reservoir. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, No. 2, pp. 14-17 (in Ukrainian).
2. Ozynkovskaia, S. P., Poltoratskaia, V. Y. & Zubenko, V. L. (1994). The current state of zander of the Kremenchuk reservoir. In *Freshwater aquaculture under anthropogenic pressure* (p. 229). Kyiv: YRKH UAAN (in Russian).
3. Zaitseva, H. Ia. (1970). Nutrition and feeding relationships of fish in the Kremenchuk reservoir. In *Fish biology of the Kremenchuk reservoir* (pp. 257-316). Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
4. Poltavchuk, M. A. (1959). Fundamentals of biotechnology of zander breeding in artificial reservoirs. Kyiv: Izd-vo AN USSR (in Russian).
5. Poltavchuk, M. A. (1965). Biology and breeding of the Dnipro zander in closed reservoirs. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
6. Sukhoivan, P. H. (1970). Reproduction of fish in the Kremenchuk reservoir. *Biology of fish of the Kremenchuk reservoir* (pp. 34-118). Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
7. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol.Chem.*, 193, pp. 265-275. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
8. Tyts, N. (Ed.). (2000). *Encyclopedia of clinical laboratory tests*. Moscow: Labynform (in Russian).
9. Severyn, S. E. & Soloveva, H. A. (Eds.). (1989). *Workshop on biochemistry*. Moscow: Izd-vo Mosk. Un-ta (in Russian).
10. Shatunovskiy, M. Y. (1978). Problems of physiology and biochemistry of marine and anadromous fish in connection with the organization of rational fishing and artificial reproduction. *Tr. VNIRO*, 120, pp. 7-12 (in Russian).

11. Shchepkyn, V. Ia. (1972). Comparative characteristics of lipids of liver and muscles of mackerel and scorpionfish. Nauch. dokl. vyssh. shkoly. Biol. Nauki, No. 2, pp. 36-39 (in Russian).
12. Shulman, H. E. (1972). Physiological and biochemical features of the annual cycles of fish. Moscow: Pyshech. prom-st (in Russian).
13. Malyenko, A. V. (1973). Lipid content in the body of some fish species of the Kremenchuk Reservoir. In Nutritional requirements and energy balance in fish (pp. 149-162). Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).

Received 08.07.2022

N.Yu. Yevtushenko, <https://orcid.org/0000-0002-8165-8802>

N.Ya. Rudyk-Leuska, <https://orcid.org/0000-0003-4355-7071>

M.V. Leuskyi, <https://orcid.org/0000-0001-5646-8524>

National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv

E-mail: rudyk-leuska@ukr.net

DYNAMICS OF THE CONTENT OF PROTEIN, LIPIDS
AND GLYCOGEN IN THE ORGANS AND TISSUES OF PIKE PERCH
OF THE KREMENCHUK RESERVOIR IN THE PRE-SPAWNING AND FEEDING PERIODS

In the pre-spawning period, there is a much lower level of total lipids in the liver compared to the feeding period, but a much higher level of glycogen. However, the available energy resources of the body, in our opinion, are sufficient to ensure plastic and generative metabolism associated with the trophoplasmic growth of oocytes on the eve of the spawning process. In general, the results of the research may indicate optimal environmental conditions and a sufficient level of development of forage objects in the aquatic environment of Kremenchuk Reservoir, which provide a high level of metabolic processes in the body of mature pike perch in feeding and pre-spawning periods of the annual cycle.

Keywords: *Kremenchuk reservoir, pike perch, metabolism, proteins, lipids, glycogen, muscles, liver, global warming, pre-spawning period, feeding period.*