

## КОНЦЕНТРАЦІЯ НЕТЕРИФІКОВАНИХ ФОРМ ВИЩИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ КОРМАХ СТАВІВ

О. М. Блага, М. М. Цап, Й. Ф. Рівіс

Інститут біології тварин УААН

*Показано вміст неетерифікованих жирних кислот ( $g^{-3}/kg$ ) у природних (зоопланктону, зообентосу, фітопланктону, вищої водної рослинності) і штучних (натурального стандартного гранульованого комбікорму і цього ж комбікорму з нанесеними на нього соняшниковими та ріпаковими оліями і фузами) кормах ставів. Встановлено, що жирнокислотний склад природних кормів ставів залежить від вегетаційного періоду.*

Природні корми ставів, до яких належить зообентос, зоопланктон, фітопланктон та вища водна рослинність на 30–70 % забезпечують потребу організму риб у поживних і біологічно активних речовинах [1, 2, 3]. Зокрема, вищою водною рослинністю живиться організм білого амура, зоопланктоном, фітопланктоном та бактеріопланктоном — товстолоб, бентосними організмами — короп [3, 4]. Решта потреби організму риб у цих речовинах забезпечується за рахунок штучних кормів — стандартних гранульованих комбікормів. НЕЖК природних та штучних кормів є найбільш доступними формами високомолекулярних жирних кислот для організму ставкових риб. В організмі риб вони зазнають найінтенсивнішого метаболізму та найбільше впливають на депонування високомолекулярних жирних кислот у скелетних м'язах [3, 7]. Тим самим, вони впливають на продуктивні ознаки риб.

Кількість та маса зообентосу, зоопланктону, фітопланктону, бактеріопланктону і водної рослинності у ставах широко вивчалась залежно від географічної зони, агротехнічних, гідрохімічних і температурних умов [1, 6]. Також, вивчалась їх поживна та біологічна активна цінність [3, 4]. У зв'язку з тим, що в літературі немає даних щодо концентрації НЕЖК у вищенаведених природних кормах ставів.

Перед нами стояло завдання встановити концентрацію окремих НЕЖК у природних (зообентосі, зоопланктоні, фітопланктоні та вищій водній рослинності) і штучних (стандартному гранульованому комбікормі — СГК) кормах для ставкових риб.

**Матеріали і методи.** Дослідження проведені на ставах Львівського відділення Інституту рибного господарства УААН. Щомісячно, впродовж літнього періоду (травень–серпень місяці), у ставах визначали чисельність та біомасу окремих видів природних кормів (зообентосу, зоопланктону, фітопланктону та вищої водної рослинності) [4]. Визначення чисельності та біомаси окремих видів природних кормів ставів проводили трьохразово. У підібраних досліджуваних природних і штучних (стандартному гранульованому комбікормі) кормах ставів визначали концентрацію НЕЖК [8, 9, 10]. Для цього проводили екстракцію ліпідів хлороформ-метанольною сумішшю, звільнення ліпідів від хлороформу, розчинення ліпідів у гексані, осадження НЕЖК метилатом натрію, їх виділення та метилювання метанолом у присутності каталізатора (ацетилхлориду). Метилінові ефіри жирних кислот розділяли на газорідному хроматографі «Chrom-5» (Чехія). Отримані числові дані опрацьовували за допомогою стандартного пакету статистичних програм *Microsoft EXCEL*.

**Результати та обговорення.** Встановлено, що зообентос у ставах (у 10-сантиметровому шарі ґрунтового дна) більшою мірою представлений хірономідами (*Chironomidae*) й олігохетами (*Oligochaeta*), ніж личинками комах (*Blepharocerae*) і

молюсками (Mollusca). Чисельність зообентосу у ставах у травні була найменшою. У червні вона зростала та досягала максимуму в липні. Майже паралельно змінювалась біомаса зообентосу у ставах.

У воді ставів є такі види зоопланктону: коловертки (*Rotatoria*), гіллястовуси (*Cladocera*) та веслоногі (*Copepoda*). Найбільша чисельність зоопланктону у воді ставу є у травні місяці. У червні місяці, порівняно з травнем, чисельність зоопланктону у воді ставів зменшується в 3,06 рази, а в липні та серпні місяці — відповідно у 20,00 і 15,31 рази. Біомаса зоопланктону у воді ставів є найбільшою у червні місяці. Вона у 2,99 рази перевищує біомасу зоопланктону у воді ставів, яка була в травні місяці. У липні та серпні місяці, порівняно з травнем, біомаса зоопланктону у воді ставів зменшується відповідно у 1,90 і 10,47 рази.

Фітопланктон у воді ставів представлений в основному протококовими водоростями (Protococcales) і, у меншій мірі, вольвоксовими водоростями (Volvocales) із класу справжні зелені водорості (Euchlorophyceae) і, ще у меншій мірі, євгленовими (Euglenophyta) та синьо-зеленими (Cyanophyta) водоростями. Чисельність фітопланктону у воді ставів впродовж вегетаційного періоду зростає. Максимуму вона досягає у серпні місяці. Це пов'язано із збільшенням чисельності, в основному, синьо-зелених і діатомових водоростей у воді ставів. Біомаса фітопланктону у ставковій воді протягом вегетаційного періоду також зростає, але досягає максимуму у липні місяці. У серпні місяці біомаса фітопланктону у ставковій воді наближується до рівня, який був у травні. Це пов'язано з тим, що переважаючи, у цей період, у воді ставів синьо-зелені водорості мають відносно низьку біомасу.

Встановлено, що вища водна рослинність у ставах представлена в основному роголисником темно-зеленим (*Geratophyllum demersum*), рогозом (*Typha latifolia*), уруттю колосистою (*Myriophyllum spicatum*) та очеретом (*Acorus calamus*) і, в меншій мірі, елодеєю (*Elodea canadensis*), рдестом гребінчастим (*Potamogeton pectinatus*), ряскою (*Lemna minor*) та аїром болотним (*Acorus calamus*).

Рослинність (придонна, плаваюча та надводна) займала в середньому третю частину ставів. Найбільшу її кількість (30–40 %) складала придонна рослинність (уруть колосиста та рдест гребінчастий). Далі йшла (25–35 %) надводна рослинність (очерет, рогіз, аїр болотний та роголижник темно-зелений).

Виявлено, що у зообентосі ставів у червні та липні, порівняно з травнем, збільшується загальна кількість НЕЖК (відповідно до 629,36 і 613,51 проти 555,51 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). Це може вказувати на більшу доступність ВЖК зообентосу ставів, як корму, для організму ставкових риб, насамперед коропа. Загальна кількість НЕЖК у зообентосі ставів в червні, порівняно з травнем, збільшується за рахунок насичених і ненасичених жирних кислот, а у липні — більше з боку ненасичених жирних кислот, ніж насичених. На це вказує ІНЛ, який у червні та липні становив відповідно 0,29 і 0,28 проти 0,29 у травні.

Підвищення рівня насичених НЕЖК (відповідно до 139,70 і 136,46 проти 124,25 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) в зообентосі ставів у червні і липні місяцях, порівняно з травнем, спостерігається з боку кислот як з парною (відповідно до 134,57 і 131,43 проти 119,68 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси), так і з непарною (відповідно до 5,13 і 5,03 проти 4,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. У вищенаведені місяці року збільшення концентрації ненасичених НЕЖК (відповідно до 489,66 і 477,05 проти 431,26 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) у зообентосі спостерігається з боку кислот родин n-3, n-6, n-7 і n-9.

З таблиці 1 видно, що підвищення рівня насичених НЕЖК у зообентосі ставів у червні і липні, порівняно з травнем, спостерігається з боку пентадеканової, пальмітинової та стеаринової кислот. Крім того, у червні місяці з боку лауринової кислоти. Збільшення концентрації ненасичених НЕЖК у зообентосі у червні та липні, порівняно з травнем, спостерігається з боку лінолевої, ліноленової, ейкозадієнової, ейкозатрієнової, докозатрієнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот. Крім того, у червні з боку пальмітоолеїнової, олеїнової, ейкозаєнової, ейкозатетраєнової (арахідонової),

ейкозапентаєнної та докозатетраєнної кислот. Такі зміни складу НЕЖК у зообентосі ставу у червні та липні, порівняно з травнем, можливо, пов'язані з одного боку з температурними і хімічними показниками води, а з другого — із змінами співвідношення окремих його видів. Зокрема, як ми вже відмічали раніше, у червні та липні хірономіди кількісно переважають над олігохетами.

Таблиця 1

**Вміст НЕЖК у зообентосі ставів впродовж літнього періоду,  
г<sup>3</sup>/кг натуральної маси, (M±m, n=3)**

НЕЖК та їх код	Місяць року, в якому проводили дослідження			
	травень	червень	липень	серпень
Лауринова, 12:0	5,57±0,145	6,13±0,120*	6,03±0,088	5,10±0,153
Міристинова, 14:0	8,67±0,145	9,30±0,208	8,93±0,267	8,43±0,219
Пентадеканова, 15:0	4,57±0,088	5,13±0,088*	5,03±0,088*	4,80±0,058
Паль/мітинова, 16:0	55,17±1,562	62,17±1,532*	60,97±1,186*	58,13±1,224
Пальмітоолеїнова, 16:1	5,43±0,088	6,03±0,133*	5,90±0,153	5,50±0,153
Стеаринова, 18:0	50,27±1,099	56,97±1,419*	55,50±1,212*	53,37±0,788
Олеїнова, 18:1	281,47±5,917	308,40±2,194*	299,07±2,583	294,07±3,192
Лінолева, 18:2	61,63±1,419	76,17±1,738**	71,57±1,697*	62,17±1,141
Ліноленова, 18:3	8,73±0,145	11,30±0,473**	10,73±0,481*	9,77±0,384
Ейкозаєнова, 20:1	8,10±0,153	10,33±0,581*	9,67±0,617	7,80±0,115
Ейкозациєнова, 20:2	7,87±0,186	8,90±0,058**	8,50±0,058*	7,77±0,120
Ейкозатриєнова, 20:3	11,40±0,346	13,23±0,384*	12,87±0,267*	10,83±0,176
Арахідонова, 20:4	20,87±0,961	24,27±0,657*	23,67±0,617	22,00±0,346
Ейкозапентаєнова, 20:5	4,73±0,133	5,53±0,233*	5,17±0,187	4,70±0,208
Докозатриєнова, 22:3	2,70±0,153	3,70±0,153**	3,33±0,133*	2,50±0,153
Докозатетраєнова, 22:4	5,13±0,120	6,07±0,120**	5,67±0,167	5,03±0,120
Докозапентаєнова, 22:5	5,93±0,145	7,20±0,252*	6,93±0,240*	5,63±0,186
Докозагексаєнова, 22:6	7,27±0,233	8,53±0,353*	8,30±0,306*	7,40±0,231

*Примітка:* вірогідність різниць між контролем і дослідними групами: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ .

Ймовірно, що у червні та липні місяцях, порівняно з травнем, ВЖК зообентосу ставів, через підвищення в ньому рівня НЕЖК, є більш доступними для організму коропа. У ці місяці року, зообентос ставів, внаслідок збільшеної концентрації поліненасичених НЕЖК у ньому, зокрема кислот родин n-3 і n-6, є біологічно ціннішим для організму вищенаведеної ставкової риби. Поліненасичені НЕЖК родин n-3 і n-6 необхідні для організму коропа не тільки як енергетичний матеріал. Вони необхідні для них як структурний матеріал, який входить до складу біологічних мембран. Ці кислоти необхідні також для синтезу цілого ряду біологічно-активних речовин: простагландинів, тромбоксанів і лейкотриєнів.

У зообентосі ставів у серпні загальна концентрація НЕЖК становить майже ту величину, яка була у травні (575,00 проти 555,51 г<sup>3</sup>/кг натуральної маси). Одночасно, у серпні, порівняно з травнем, у зообентосі ставів не змінюється ІНЛ (0,29 проти 0,29). У цей період у зообентосі дещо підвищується рівень насичених НЕЖК (129,83 проти 124,25 г<sup>3</sup>/кг натуральної маси) як з парною (125,03 проти 119,68 г<sup>3</sup>/кг), так і з непарною (4,80 проти 4,57 г<sup>3</sup>/кг натуральної маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. У ньому також дещо підвищується рівень ненасичених НЕЖК (445,16 проти 431,26 г<sup>3</sup>/кг натуральної маси), зокрема родин n-3 (35,03 проти 34,49 г<sup>3</sup>/кг), n-6 (95,00 проти 93,90 г<sup>3</sup>/кг), n-7 (5,50 проти 5,43 г<sup>3</sup>/кг) і n-9 (309,64 проти 297,44 г<sup>3</sup>/кг натуральної маси). При цьому, у серпні місяці, порівняно з травнем, у зообентосі не виявлено вірогідних змін у вмісті окремих НЕЖК (табл. 1).

Виходячи з вищенаведеного, у серпні, порівняно з червнем і липнем, НЕЖК зообентосу ставів представляють меншу цінність для організму ставкових риб. Вони є менш цінними з енергетичного, структурного та біологічно-активного боку.

Біохімічні дослідження зоопланктону ставів показали, що у ньому містяться насичені з парною (лауринова, міристинова, пальмітинова та стеаринова) і непарною (пентадеканова) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичені (пальмітоолеїнова, олеїнова та ейкозаєнова) та поліненасичені (лінолева, ліноленова, ейкозациєнова, ейкозатриєнова, ейкозатетраєнова-арахідонова, ейкозапентаєнова, докозатриєнова, докозатетраєнова, докозапентаєнова та докозагексаєнова) НЕЖК (табл. 2).

Таблиця 2

**Концентрація НЕЖК у зоопланктоні ставів впродовж літнього періоду,  
г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси, (M±m, n=3)**

НЕЖК та їх код	Місяць року, в якому проводилось дослідження			
	травень	червень	липень	серпень
Лауринова, 12:0	2,43±0,088	3,33±0,219	3,17±0,186*	2,40±0,100
Міристинова, 14:0	2,37±0,120	3,37±0,260	3,27±0,240	2,90±0,200
Пентадеканова, 15:0	1,67±0,067	2,67±0,233	2,53±0,219	2,30±0,208
Пальмітинова, 16:0	16,07±1,168	23,0±1,015*	22,10±0,850	20,67±0,825
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,63±0,120	3,27±0,176	3,07±0,120	2,83±0,088
Стеаринова, 18:0	22,0±0,808	25,40±0,346*	23,97±0,145*	22,27±0,240
Олеїнова, 18:1	58,90±1,291	64,60±1,193	63,10±1,039	61,83±0,784
Лінолева, 18:2	23,57±0,410	27,03±0,612	26,37±0,698*	25,60±0,643
Ліноленова, 18:3	15,90±0,819	19,0±0,400	18,33±0,233	16,10±0,173
Ейкозаєнова, 20:1	2,63±0,0818	3,63±0,273	3,37±0,233**	3,03±0,120
Ейкозациєнова, 20:2	2,60±0,115	3,30±0,153	3,13±0,120**	2,83±0,088
Ейкозатриєнова, 20:3	5,70±0,153	6,70±0,265*	6,20±0,153	5,83±0,186
Арахідонова, 20:4	12,33±0,481	14,57±0,536*	13,93±0,467*	13,37±0,328
Ейкозапентаєнова, 20:5	38,83±0,939	42,30±0,513*	41,47±0,754	39,77±0,376
Докозатриєнова, 22:3	3,0±0,058	3,63±0,120	3,47±0,133	3,17±0,088
Докозатетраєнова, 22:4	5,23±0,088	6,07±0,186*	5,87±0,088	5,50±0,100
Докозапентаєнова, 22:5	7,73±0,176	8,63±0,176*	8,40±0,200	8,10±0,153
Докозагексаєнова, 22:6	11,10±0,608	13,17±0,219*	13,10±0,153	12,60±0,115**

Встановлено, що загальна кількість НЕЖК у зоопланктоні ставів у червні, липні та серпні збільшується відповідно до 327,67 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси, 264,85 і 251,10 проти 234,72 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні. Причому, у червні, порівняно з травнем, вона збільшується переважно за рахунок ненасичених НЕЖК (269,90 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 190,15 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси), ніж насичених (55,10 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 42,87 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). На це вказує ІНЛ, який у червні місяці становить 0,21 проти 0,23 у травні. До того ж, у червні кількість ненасичених НЕЖК у зоопланктоні ставів збільшується за рахунок як мононенасичених (до 71,50 проти 64,16 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні), так і поліненасичених (198,40 проти 125,99 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) кислот. Можливо, це пов'язано з підвищенням температури ставкових вод та збільшенням у ній кількості природного корму (фітопланктону) для зоопланктону. Концентрація насичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод у червні, порівняно з травнем, збільшується за рахунок кислот з парною (до 55,10 проти 42,87 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) та непарною (до 2,67 проти 1,67 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

З таблиці 2 видно, що концентрація насичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод у червні, порівняно з травнем, збільшується з боку лауринової, міристинової, пентадеканової, пальмітинової та стеаринової кислот; мононенасичених — пальмітоолеїнової та ейкозаєнової кислот; поліненасичених — лінолевої, ліноленової, ейкозациєнової, ейкозатриєнової,

ейкозатетраєнової-арахідонової, ейкозапентаєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот.

З вищенаведеного випливає, що у червні, порівняно з травнем, через підвищення рівня НЕЖК, зростає доступність високомолекулярних жирних кислот зоопланктону ставкових вод для організму білого товстолоба. Крім того, у цей період, через підвищення рівня НЕЖК і їх ненасиченості, збільшується енергетична та пластична цінність високомолекулярних жирних кислот зоопланктону ставів для організму вищенаведених ставкових риб.

У липні та серпні, порівняно з травнем, загальна концентрація НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод збільшується переважно за рахунок насичених НЕЖК (55,04 і 50,54 проти 44,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси), ніж ненасичених (209,81 і 200,56 проти 190,15 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). На це вказує ІНЛ, який у липні та серпні місяцях становить відповідно 0,26 і 0,25 проти 0,23 у травні. До того ж, у липні та серпні концентрація насичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод збільшується за рахунок кислот як з парною (відповідно до 52,51 і 48,24 проти 42,87 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні), так і з непарною (відповідно до 2,53 і 2,30 проти 1,67 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні місяці) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. У липні та серпні вміст ненасичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод зростає за рахунок як мононенасичених (відповідно до 69,54 і 67,69 проти 64,16 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні), так і поліненасичених (відповідно до 140,27 і 132,87 проти 125,99 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) кислот.

З таблиці 2 видно, що вміст насичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод у липні, порівняно з травнем, зростає за рахунок лауринової, міристинової, пентадеканової та пальмітинової кислот; мононенасичених — ейкозаєнової кислоти; поліненасичених — лінолевої, ліноленої, ейкозадиєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової та докозагексаєнової кислот. У серпні, порівняно з травнем, у зоопланктоні ставкових вод підвищується рівень насичених НЕЖК з непарною (пентадеканової кислоти) та парною (пальмітинової кислоти) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

У липні та серпні, порівняно з травнем, через високий рівень НЕЖК, високомолекулярні жирні кислоти зоопланктону ставкових вод також є доступнішими для організму білого товстолоба. У цей період, через більшу кількість НЕЖК, високомолекулярні жирні кислоти зоопланктону ставкових вод є енергетично ціннішими для організму цього виду ставкових риб. Але, через меншу їх ненасиченість, вони слабше можуть використовуватися їх організмом як пластичний матеріал. Вміст мононенасичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод збільшується за рахунок кислот родин n-7 (у червні, липні та серпні відповідно до 3,27, 3,07 і 2,83 проти 2,63 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) і n-9 (у червні, липні та серпні відповідно до 71,53, 69,60 і 67,69 проти 64,13 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні).

Концентрація поліненасичених НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод у червні, липні та серпні місяцях, порівняно з травнем, збільшується за рахунок кислот родин n-3 (відповідно до 146,80, 90,64 і 85,24 проти 81,79 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) і n-6 (відповідно до 48,30, 46,50 і 44,80 проти 41,16 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). З вищенаведеного випливає, що у червні, порівняно з травнем, через високий рівень поліненасичених НЕЖК родини n-3 високомолекулярні жирні кислоти зоопланктону ставкових вод є найбільш цінними, у пластичному відношенні, для організму білого товстолоба. Відомо, що в організмі риб із поліненасичених жирних кислот родини n-3 синтезується один ряд біологічно активних речовин, а із кислот родини n-6 — другий. Крім того, метаболіти кислот родини n-3 здатні створити вираженіший рідинний стан мембран клітин організму зоопланктону, ніж метаболіти кислот родини n-6.

Слід відмітити, що збільшення концентрації неетерифікованих форм лінолевої та ліноленої кислот у зоопланктоні ставкових вод супроводжується зростанням вмісту їх

більш довголанцюгових і більш ненасичених метаболітів (родин відповідно n-6 і n-3). Особливо це виражено у червні, порівняно з травнем.

Біохімічні дослідження фітопланктону ставів показали, що в ньому містяться насичені з парною та непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичені та поліненасичені НЕЖК (табл. 3).

Встановлено, що у червні (найбільше), липні та серпні, порівняно з травнем, у фітопланктоні ставкових вод збільшується загальна концентрація НЕЖК (відповідно до 544,87 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси, 534,79 і 515,60 проти 487,19 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). Вона збільшується за рахунок як насичених (відповідно до 58,93, 57,43 і 53,77 проти 49,40 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси), зокрема з парною (відповідно до 56,30, 54,93 і 51,50 проти 47,30 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) та непарною (відповідно до 2,63, 2,50 і 2,27 проти 2,10 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, так і ненасичених (відповідно до 485,94, 477,36 і 461,83 проти 437,79 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси), зокрема мононенасичених (відповідно до 82,74, 81,17 і 79,36 проти 74,04 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) і поліненасичених (відповідно до 403,20, 396,19 і 382,47 проти 363,75 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) НЕЖК. Слід відмітити, що збільшення концентрації насичених НЕЖК у червні та липні місяцях, порівняно з травнем, є вищим, ніж у ненасичених. На це вказує ІНЛ, який у червні та липні становить 0,12 проти 0,11 у травні. Інтенсивність зростання вмісту насичених і ненасичених НЕЖК у серпні, порівняно з травнем, є однаковою (ІНЛ становить 0,11).

Зокрема, у червні, порівняно з травнем, вміст насичених НЕЖК у фітопланктоні ставкових вод зростає за рахунок кислот як з парною (лауринової, міристинової, пальмітинової та стеаринової), так і з непарною (пентадеканової) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, у липні та серпні — з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу (у липні відповідно лауринової, міристинової, пальмітинової та стеаринової, а у серпні — міристинової та стеаринової).

З таблиці 3 видно, що рівень ненасичених НЕЖК у фітопланктоні ставкових вод у червні та липні місяцях, порівняно з травнем, підвищується за рахунок мононенасичених жирних кислот родин n-7 (пальмітоолеїнової) і n-9 (олеїнової та ейкозаєнової) і поліненасичених жирних кислот родин n-3 (ліноленої, ейкозапентаєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової) і n-6 (лінолевої, ейкозадиєнової, ейкозатриєнової та ейкозатетраєнової – арахідонової). У серпні, порівняно з травнем, у фітопланктоні ставкових вод зростає вміст мононенасичених НЕЖК родини n-7 (пальмітоолеїнової) і n-9 (олеїнової) та поліненасичених НЕЖК родин n-3 (докозатетраєнової та докозагексаєнової) і n-6 (лінолевої та ейкозатриєнової).

Таблиця 3

Динаміка вмісту НЕЖК у фітопланктоні ставів впродовж вегетаційного періоду, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси, (M±m, n=3)

НЕЖК та їх код	Місяць року, в якому проводилось дослідження			
	травень	червень	липень	серпень
Лауринова, 12:0	1,07 ± 0,067	1,37±0,033*	1,33±0,033*	1,23±0,033
Міристинова, 14:0	3,03 ± 0,120	3,70±0,100*	3,57±0,088*	3,40±0,058*
Пентадеканова, 15:0	2,10 ± 0,115	2,63±0,088*	2,5±0,100	2,27±0,067
Пальмітинова, 16:0	33,0 ± 0,781	37,10±0,513*	36,40±0,503*	33,80±0,231
Пальмітоолеїнова, 16:1	2,57 ± 0,120	3,60±0,153**	3,47±0,133**	3,23±0,120*
Стеаринова, 18:0	10,20 ± 0,462	14,13±0,406**	13,63±0,348**	13,07±0,521*
Олеїнова, 18:1	68,50 ± 0,961	75,67±0,706**	74,37±0,694**	73,03±0,186**
Лінолева, 18:2	33,37 ± 0,348	37,30±0,493**	36,53±0,371**	35,0±0,436*
Ліноленова, 18:3	37,97 ± 1,146	43,37±0,536*	42,60±0,503*	41,27±0,491
Ейкозаєнова, 20:1	2,97 ± 0,088	3,47±0,088*	3,33±0,067*	3,10±0,058

Ейкозациєнова, 20:2	3,17 ± 0,088	3,73±0,067**	3,63±0,067*	3,30±0,058
Ейкозатриєнова, 20:3	4,60 ± 0,153	6,03±0,233**	5,60±0,115**	5,20±0,100*
Арахідонова, 20:4	14,27 ± 0,467	18,37±0,590**	17,83±0,555**	16,20±0,751
Ейкозапентаєнова, 20:5	123,10± 1,504	130,87±0,851*	129,60±0,924*	127,37±0,669
Докозатриєнова, 22:3	4,47 ± 0,088	5,20±0,153*	5,10±0,153*	4,80±0,153
Докозатетраєнова, 22:4	7,73 ± 0,176	9,23±0,219**	9,03±0,219**	8,63±0,120*
Докозапентаєнова, 22:5	46,30 ± 0,907	52,10±0,874**	50,87±1,017*	48,40±0,643
Докозагексаєнова, 22:6	88,77 ± 0,899	97,0±0,721**	95,40±0,503**	92,30±0,404*

Вищенаведене може вказувати на те, що у червні та липні фітопланктон ставкових вод є найбільш цінним для організму строкатого товстолоба. Він є цінним з енергетичного, структурного та біологічно активного боку.

Біохімічні дослідження вищої водної рослинності ставів показали, що в ній містяться насичені (з парною та непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу), мононенасичені (родин n-7 і n-9) та поліненасичені (родин n-3 і n-6) НЕЖК (табл. 4).

Таблиця 4

**Рівень НЕЖК у вищій водній рослинності ставів впродовж вегетаційного періоду, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси, (M±m, n=3)**

НЕЖК та їх код	Місяць року, в якому проводилось дослідження			
	травень	червень	липень	серпень
Лауринова, 12:0	4,53±0,176	5,83±0,120	5,70±0,153	5,47±0,133
Міристинова, 14:0	7,37±0,203	8,67±0,145	8,50±0,115	7,93±0,120
Пентадеканова, 15:0	2,97±0,088	4,03±0,219	3,87±0,113	3,03±0,067
Пальмітинова, 16:0	67,83±0,797	76,0±0,643	74,10±0,700	70,77±0,448
Пальмітоолеїнова, 16:1	3,67±0,240	4,97±0,145	4,87±0,088	4,20±0,115
Стеаринова, 18:0	27,40±0,907	34,30±0,404	33,57±0,285	30,40±0,346
Олеїнова, 18:1	67,47±1,110	76,17±0,731	74,53±0,584	71,13±0,751
Лінолева, 18:2	26,47±0,437	31,50±0,569	30,67±0,546	28,23±0,555
Ліноленова, 18:3	34,27±1,048	40,40±0,721	39,27±0,498	36,47±0,353
Ейкозаєнова, 20:1	1,53±0,133	2,53±0,120	2,43±0,088*	2,0±0,100*
Ейкозациєнова, 20:2	1,20±0,115	1,93±0,120	1,80±0,100	1,53±0,067
Ейкозатриєнова, 20:3	1,70±0,058	2,23±0,067	2,10±0,058	1,93±0,067
Арахідонова, 20:4	1,63±0,088	2,40±0,115	2,30±0,058	1,98±0,088
Ейкозапентаєнова, 20:5	3,03±0,120	3,50±0,058	3,53±0,067	3,30±0,058
Докозатриєнова, 22:3	1,17±0,088	1,67±0,088	1,53±0,067	1,40±0,058
Докозатетраєнова, 22:4	1,13±0,067	1,50±0,058	1,43±0,033	1,30±0,058
Докозапентаєнова, 22:5	1,57±0,088	2,10±0,100	1,93±0,067	1,80±0,058
Докозагексаєнова, 22:6	2,40±0,115	3,20±0,153	3,03±0,120*	2,70±0,058

Встановлено, що загальна кількість НЕЖК у вищій водній рослинності ставів у червні, липні та серпні збільшується відповідно до 302,93, 295,16 і 277,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 257,34 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні. Причому, вона збільшується з боку насичених і ненасичених НЕЖК. На це вказує індекс насиченості ліпідів (ІНЛ), який у травні, червні, липні та серпні становить рівнозначно 0,74. До того ж, у червні, липні та серпні рівень насичених НЕЖК (відповідно 128,83, 125,74 і 117,6 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 110,10 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) у ставковій рослинності підвищується за рахунок кислот як з парною (відповідно до 124,80, 121,87 і 114,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 107,13 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні), так і з непарною (відповідно до 4,03, 3,87 і 3,03 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 2,97 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу.

Вміст ненасичених НЕЖК у вищій водній рослинності ставів у червні, липні та серпні зростає за рахунок як їх мононенасичених (відповідно до 83,67, 81,83 і 77,33 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 72,67 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні), так і поліненасичених

(відповідно до 90,43, 87,59 і 80,64 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 74,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) компонентів.

Причому, вміст мононенасичених НЕЖК у вищій водній рослинності ставів у червні, липні та серпні зростає за рахунок кислот як родини n-7 (відповідно до 4,97, 4,87 і 4,20 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 3,67 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні місяці), так і родини n-9 (відповідно до 80,63, 78,76 і 74,66 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 70,20 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні). Концентрація поліненасичених НЕЖК у вищій рослинності ставів у червні, липні та серпні збільшується за рахунок кислот родин n-3 (відповідно до 52,37, 50,72 і 46,97 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 43,57 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні) і n-6 (відповідно до 36,13, 35,07 і 32,14 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси проти 29,80 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси у травні).

Вищенаведене може вказувати на те, що підвищення температури води у ставах супроводжується зростанням вмісту НЕЖК у його вищій водній рослинності. Концентрація НЕЖК у вищій водній рослинності ставів, при цьому, збільшується за рахунок як насичених (як з парною, так і з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу), так і ненасичених (мононенасичених і поліненасичених) кислот. Крім того, вищенаведене може вказувати на те, що високомолекулярні жирні кислоти вищої водної рослинності ставів у червні (найбільш виражено), липні та серпні (найменш виражено), через їх неетерифіковані компоненти, є більш доступними для організму білого амура, ніж у травні.

Вміст насичених НЕЖК з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу у вищій водній рослинності ставів у червні та липні, порівняно з травнем, найбільше зростає за рахунок лауринової, міристинової, пальмітинової та стеаринової кислот, а з непарною — пентадеканової (табл. 4). Концентрація мононенасичених НЕЖК родини n-7 у водній рослинності ставів у червні та липні, порівняно з травнем, найінтенсивніше збільшується за рахунок пальмітоолеїнової кислоти, а родини n-9 — олеїнової та ейкозаєнової. Рівень поліненасичених НЕЖК родини n-3 у водній рослинності ставів у червні та липні, порівняно з травнем, найбільше підвищується за рахунок лінолевої, ейкозапентаєнової, докозатриєнової, докозатетраєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот, а родини n-6 — лінолевої, ейкозатриєнової та ейкозатетраєнової (арахідонової).

З таблиці 4 також видно, що вміст НЕЖК у вищій водній рослинності ставів у серпні, порівняно з травнем, зростає за рахунок таких насичених жирних кислот, як лауринова, пальмітинова та стеаринова; таких мононенасичених, як ейкозаєнова; таких поліненасичених, як ейкозатетраєнова-арахідонова.

Вищенаведене може вказувати на те, що у вищій водній рослинності ставів у червні та липні, порівняно з травнем, інтенсивність процесів видовження вуглецевого ланцюга та його десатурації є однаковою у кислот родин n-3 і n-6. У серпні, порівняно з травнем, інтенсивність процесів видовження вуглецевого ланцюга та його десатурації є вищою у кислот родини n-6, ніж у кислот родини n-3.

Встановлено кількісний вміст окремих НЕЖК у штучних (натуральному стандартному гранульованому комбікормі) кормах ставів (табл. 5). Цей штучний корм містить у своєму складі досить велику кількість НЕЖК (1269,4–1521,8 г<sup>-3</sup>/кг). Це переважно поліненасичені жирні кислоти родини n-6, зокрема лінолевої.

Нанесення на стандартний гранульований комбікорм жирних добавок у кількості 5 % призводить до різкого зростання в ньому вмісту НЕЖК. Зокрема, після нанесення ріпакової олії, ріпакового фузу, соняшnikової олії та соняшnikового фузу кількість НЕЖК у комбікормі збільшується в 1,9–2,4 раза. Вміст НЕЖК у стандартному гранульованому комбікормі, в результаті нанесення на нього соняшnikових і ріпакових олій та фузів, зростає за рахунок насичених і, особливо, ненасичених жирних кислот. Кількість насичених НЕЖК збільшується за рахунок кислот як з парною, так і з непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу. Вміст ненасичених НЕЖК зростає за рахунок як мононенасичених, так і поліненасичених жирних кислот.



Після нанесення соняшникового фузу та соняшникової олії вміст мононенасичених і поліненасичених НЕЖК у стандартному гранульованому комбікормі зростає в основному за рахунок кислот родини n-6 (лінолевої), а після нанесення ріпакового фузу та ріпакової олії — родин n-9 (олеїнової, ейкозаєнової та ерукової), n-3 (ліноленої) і частково n-6 (лінолевої). Причому, після нанесення на стандартний гранульований комбікорм ріпакової олії та ріпакового фузу, в ньому зростає вміст окремих НЕЖК: лауринової — відповідно в 1,2–1,8 раз; міристинової — 1,4–1,6 раз; пентадеканої — 1,6–3,6 раз; пальмітинової — в 1,1–1,6 раз; стеаринової — 1,0–1,1 раз; олеїнової — 4,6–4,7 раз; лінолевої — 1,3–1,4 раз; ліноленої — відповідно в 4,3–6,3 раз. У результаті нанесення на стандартний гранульований комбікорм ріпакового фузу та ріпакової олії у ньому появляються такі НЕЖК родини n-9, як ейкозаєнова та докозаєнова (ерукова). Після нанесення на стандартний гранульований комбікорм соняшникової олії та соняшникового фузу, в ньому підвищується рівень таких НЕЖК: лауринової — відповідно в 1,2–1,8 раз; міристинової — 1,5–1,8; пентадеканої — 1,9–3,1; пальмітинової — в 1,6–1,8; стеаринової — 1,2–1,6; олеїнової — 1,9–2,6; лінолевої — 2,0–2,6; ліноленої — відповідно в 1,2–1,6 раз.

Вміст НЕЖК у стандартному гранульованому комбікормі, г/кг натуральної маси, (M±m, n=3)

ВЖК та їх код	Стандартний гранульований комбікорм (СГК)	СГК +5% соняшникової олії	СГК+5% соняшникового фузу	СГК+5% ріпакової олії	СГК+5% ріпакового фузу
Лауринова, 12:0	0,5±0,06	1,4±0,14*	0,5±0,03	0,5±0,03	1,5±0,18*
Міристинова, 14:0	3,7±0,16	6,6±0,21***	5,3±0,26**	4,8±0,26**	6,4±0,23**
Пентадеканова, 15:0	0,6±0,03	2,5±0,18**	1,7±0,07***	1,5±0,05***	2,9±0,12***
Пальмітинова, 16:0	130,1±3,90	261,2±5,22***	189,7±7,65***	174,8±6,31***	168,2±4,20
Пальмітоолеїнова, 16:1	12,0±0,53	26,5±0,87**	15,0±0,53	12,2±0,38	21,3±0,93
Стеаринова, 18:0	36,1±1,28	82,5±1,13***	45,8±1,81*	38,7±1,34	54,8±1,87
Олеїнова, 18:1	287,3±7,72	815,4±3,72***	511,4±22,17***	1248,4±48,15***	1464,5±28,73***
Лінолева, 18:2	854,2±20,03	2353,5±27,67***	1540,8±61,12***	1094,3±42,06**	1201,6±6,32***
Ліноленова, 18:3	52,5±1,08	90,1±1,56***	56,7±2,51	311,4±14,63***	246,2±3,45***
Ейкозаєнова, 20:1	—	—	—	16,7±0,70	12,8±0,43
Ейкозациєнова, 20:2	—	—	—	—	—
Ейкозатриєнова, 20:3	—	—	—	—	—
Арахідонова, 20:4	0,8±0,03	1,0±0,12	0,8±0,03	0,8±0,03	1,4±0,11*
Ейкозапентаєнова, 20:5	—	—	—	—	—
Докозаєнова, 22:1	—	—	—	7,8±0,26	16,9±0,40
Докозатриєнова, 22:3	—	—	—	—	—
Докозатетраєнова, 22:4	—	—	—	—	—
Докозапентаєнова, 22:5	—	—	—	—	—
Докозагексаєнова, 22:6	—	—	—	—	—

## ВИСНОВКИ

1. Найчисельнішим зообентос у ґрунтовому дні ставів, а також зоопланктон у ставкових водах є відповідно у липні та червні, а найменшим — у травні та липні місяцях. Найбільша біомаса зообентосу і зоопланктону в ставах є відповідно у липні та червні місяцях, а найменша — у травні та серпні. Найбільша чисельність та біомаса фітопланктону у воді ставів є у липні, а найменша — у травні.

2. Рослинність займає в середньому третю частину ставів. Найбільшу її кількість (30–40 %) складає придонна рослинність — уруть колосиста та рдест гребінчастий. Далі йде (25–35 %) надводна рослинність — очерет, рогіз, айр болотний та роголижник темно-зелений.

3. Найвищий рівень НЕЖК у зообентосі ставів спостерігається у червні та липні місяцях. Він підвищується, в більшій мірі, за рахунок ненасичених жирних кислот. Зокрема, більше з боку поліненасичених жирних кислот родин n-6 і n-3, ніж мононенасичених жирних кислот родин n-7 і n-9. Рівень НЕЖК у зообентосі ставів у травні та серпні є однаковим.

4. Концентрація НЕЖК у зоопланктоні ставкових вод досягає максимуму у червні. Одночасно у зоопланктоні ставкових вод за рахунок поліненасичених жирних кислот родин n-6 і, особливо, n-3 зростає ненасиченість НЕЖК.

5. Кількість НЕЖК, за рахунок насичених, мононенасичених і, особливо, поліненасичених жирних кислот, зокрема родини n-3, у фітопланктоні ставкових вод досягає максимуму в липні.

6. У червні вміст НЕЖК у вищій водній рослинності ставів є максимальним. Підвищення рівня НЕЖК у вищій водній рослинності ставів супроводжується зростанням їх ненасиченості. Остання є вищою за рахунок поліненасичених жирних кислот родини n-3, ніж родини n-6.

7. Натуральний стандартний гранульований комбікорм містить у своєму складі досить велику кількість НЕЖК (1269,4–1521,8 г<sup>-3</sup>/кг). Це переважно поліненасичені НЕЖК родини n-6 (лінолевої).

8. Нанесення на стандартний гранульований комбікорм рослинних фузів і олій сприяє збільшенню у ньому концентрації НЕЖК (в 1,9–2,4 раза), насамперед ненасичених жирних кислот родин n-6 і n-9 (після нанесення соняшникових жирових добавок), n-3, n-6 і n-9 (після нанесення ріпакових жирових добавок).

## CONCENTRATION OF NONESTERIFIED FORMS OF HIGH MOLECULAR FATTY ACIDS IN NATURAL AND ARTIFICIAL FODDERS OF PONDS

*O. M. Blaga, M. M. Tsap, J. F. Rivis*

### SUMMARY

Assay of nonesterified fatty acids (g<sup>-3</sup>/kg) in natural (zooplankton, zoobenthos, fitoplankton, higher waterplants) and artificial (natural standard granular mixed fodder and the same granular mixed fodder with sunflower and rapeseed oil and fusas additions) fodders of ponds is analyzed. It was established, that fatty-acid composition of natural ponds fodders depends on vegetation period.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Вишнякова Р. И., Брудастова М. А. Кормление рыбы и удобрение прудов. — Москва: Россельхозиздат, 1986. — 71 с.
2. Кражан С. А., Лупачева Л. И. Естественная кормовая база водоемов и методы ее определения при интенсивном ведении рыбного хозяйства. — Львов, 1991. — 102 с.
3. Годівля риб: Підручник / І. М. Шерман, М. В. Гринжевський, Ю. О. Желтов та ін.; За ред. І. М. Шермана. — Київ: Вища освіта, 2001. — 269 с.
4. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб. — Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2001. — 369 с.

5. *Сорвачев К. Ф.* Основы биохимии питания рыб. — Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 248 с.
6. *Мартишев Ф. Г.* Прудовое рыбоводство. — Москва: Высшая школа, 1973. — 427 с.
7. *Кражан С. А., Литвинова Т. Г.* Природна кормова база вирощувальних та нагульних ставів і шляхи її покращення (методичні рекомендації). — К., ІРГ УААН, 1997.
8. *Rivis I. F., Danylic B. B., Procyk J. M.* Simultaneous determination of common, esterified and unesterified fatty acids // 10<sup>th</sup> International Symposium: Advances and application of chromatography in industry. — Bratislava, 1996. — P. 152–153.
9. *Рівіс Й. Ф., Данилик Б. Б.* Газохроматографічне визначення високомолекулярних неетерифікованих жирних кислот в біологічному матеріалі // Український біохімічний журнал. — 1997. — Т. 69, № 1. — С. 79–83.
10. Одночасне газохроматографічне визначення окремих етерифікованих і неетерифікованих високомолекулярних кислот у біологічному матеріалі / Рівіс Й. Ф., Скорохід І. В., Данилик Б. Б., Процик Я. М. // Український біохімічний журнал. — 1997. — Т. 69, № 2. — С. 110–115.