МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра біоресурсів, аквакультури та природничих наук

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Бугайчук Олександр Сергійович

УДК: 639.2.03
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Смакові вподобання та поведінка коропових риб

207 Водні біоресурси та аквакультура
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.С. Бугайчук
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Стріха Володимир Андрійович
(прізвище, ім'я, по-батькові)
кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Bugaichuk O.S. Taste preferences and behavior of carp fish. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 207 - Water bioresources and aquaculture - Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

Content of the abstract: the qualifying work reveals the results of complex studies on the study of taste preferences, sensitivity to taste stimuli of various types and peculiarities of taste behavior in closely related species of fish (on the example of fish of the carp family, Cyprinidae).

Key words: taste preferences, sensitivity, taste stimuli, taste behavior, fish species, carp, ponds.

ЗМІСТ

Вступ 6

Розділ 1. Роль органів смаку у споживанні рибами харчових продуктів (огляд літератури) 9

1.1. Розташування смакових рецепторів у риб 9

Розділ 2. Матеріал і методи досліджень 11

Розділ 3. Смакові уподобання класичних смакових речовин, вільних амінокислот і органічних кислот у коропових риб 13

3.1. Класичні смакові речовини 13

3.2. Вільні амінокислоти 14

3.3. Органічні кислоти 18

3.4. Смакова чутливість коропових риб 20

3.5. Ріст та життєздатність іхтіофауни на різних етапах вирощування 20

3.6. Структура та динаміка смакової поведінкової відповіді у коропових риб 21

Висновки 26

Практичні пропозиції виробництву 27

Список використаних джерел 28

ВСТУП

Смакова рецепція є провідною сенсорною системою в регуляції фінальної фази харчової поведінки та забезпечення селективного споживання рибами харчових організмів, характерних для особин певного виду, віку та фізіологічного стану. Відмінні риси смакової системи риб пов'язані з топографією смакових бруньок і з їх абсолютною кількістю У багатьох видів риб смакові бруньки розташовуються не тільки в ротовій порожнині, але і на зовнішній поверхні тіла - на голові, тулубі, плавцях. Адекватними смаковими подразниками для риб служать різні типи хімічних речовин, їх суміші та екстракти корму. За рівнем смакової чутливості риби значно перевершують багатьох інших хребетних тварин. індивідуальна варіабельність смакових переваг, особливості формування в онтогенезі риб [13].

Актуальність роботи. Харчова поведінка лежить в основі найважливішої життєвої функції риб - харчування, що має визначальне значення і для кожної особини окремо, так і для популяції і виду в цілому. відповідність потребам риб, і навіть споживання рибами адекватних кормових об'єктів [21]. Численні дослідження з вивчення функціональних властивостей смакової системи риб проводилися переважно з допомогою електрофізіологічних методів [16]. Останнім часом інтенсивно розвивається й інший напрямок у вивченні смакової рецепції, заснований на використанні поведінкових тест-реакцій. За допомогою таких методів вдалося оцінити смакові переваги великої кількості видів риб. подібність та відмінності харчових спектрів ефективних смакових речовин у риб різного систематичного становища, популяційної приналежності, віку, мотиваційного стану, а також показує подібності та відмінності зовнішньої та внутрішньо ротової смакової рецепції [23].

Незважаючи на значні успіхи у вивченні смакових переваг у риб, деякі аспекти смакової рецепції, як і раніше, залишаються слабо дослідженими або суперечливими. До таких питань належить ступінь схожості смакових переваг близьких родинних видів риб. Не з'ясовано смакові властивості для риб багатьох класів речовин, таких як органічні кислоти та деякі інші. Вкрай обмежені відомості про порогові концентрації смакових речовин, що викликають у риб позитивні або негативні смакові відповіді. Практично недослідженою є власне смакова поведінка,

її структура та особливості прояву рибами, що відрізняються способом життя та живлення [43].

Предмет дослідження: смакові уподобання риб, смакова поведінка риб, поведінкові акти смакової відповіді риб.

Об’єкт дослідження: рівень смакової чутливості коропових риб до смакових речовин, зв'язок між смаковою привабливістю речовин та їх деякими структурними та фізико-хімічними властивостями.

Мета роботи. Дослідити смакові уподобання, чутливість до смакових стимулів різного типу та особливості смакової поведінки у близькоспоріднених видів риб (на прикладі риб родини коропових, Cyprinidae).

До завдань дослідження входило:

• порівняти смакові переваги класичних смакових речовин та вільних амінокислот у коропових риб;

• з'ясувати смакові переваги органічних кислот у коропових риб;

• дослідити зв'язок між смаковою привабливістю речовин та їх деякими структурними та фізико-хімічними властивостями;

• визначити рівень смакової чутливості коропових риб до смакових речовин, що мають стимулюючі та детерентні властивості;

• дослідити смакову поведінку коропових риб, її структуру, динаміку та особливості основних елементів смакової поведінкової відповіді.

Наукова новизна. Наукова новизна справжньої роботи полягає в розширенні уявлень про функціональні особливості смакової системи у близькоспоріднених видів риб і з'ясування особливостей смакової поведінкової відповіді, що виявляються ними. риб до органічних кислот

Вперше визначено рівень смакової чутливості 3-х видів коропових риб до речовин, що володіють позитивними смаковими властивостями, а також до речовин, що викликають негативні смакові відповіді (детеренти), молекулярна маса, pH розчину, число функціональних груп). Вперше досліджено структуру поведінкової смакової відповіді риб, з'ясовано динаміку її прояву, визначено тривалість окремих поведінкових актів смакової відповіді окремо для дослідів, що закінчуються заковтуванням або відкиданням штучного харчового об'єкта (гранули корму).

Практичне значення роботи. Результати цього дослідження можуть знайти застосування в практиці аквакультури та рибальства при пошуку високоефективних харчових хімічних стимуляторів, при вдосконаленні та розробці штучних приманок та насадок, при складанні та вдосконаленні рецептур штучних кормів для підвищення їх смакової привабливості для риб. Отримані результати по динаміці смакової поведінкової відповіді дозволяють скласти чіткіше уявлення про особливості прояву рибами заключної фази складно організованої харчової поведінки та способи її спрямованого регулювання за допомогою хімічних стимулів.

Положення, що виносяться на захист:

1. Смакові переваги близькоспоріднених видів риб, що належать до одного родини (коропові);

2. Смакова привабливість деяких речовин у близьких родин риб;

3. Порогові концентрації речовин, що володіють для риб привабливими та відштовхуючими смаковими властивостями;

4. Залежність смакової поведінки риб від смакових властивостей харчового об'єкта.

Перелік публікацій автора за темою дослідження. Матеріали досліджень були опубліковані у ряді конференцій, зокрема:

1. Світельський М.М., Бугайчук О.С. Структура смакової поведінкової відповіді у коропових риб. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Водні та наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття-2022»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во Поліського національного університету, 2022. С. 82-83.

2. Бугайчук О.С. Динаміка смакової поведінкової відповіді у коропових риб. IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Водні та наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття-2023»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во Поліського національного університету, 2023. С. 12-15.

Структура та обсяг роботи. Роботи містить 35 сторінок комп’ютерного тексту, складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій та 60 позицій використаних джерел, кількість таблиць – 2, діаграм - 4.

РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ОРГАНІВ СМАКУ У СПОЖИВАННІ РИБАМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ (огляд літератури)

1.1. Розташування смакових рецепторів у риб. Прийнято вважати, що оскільки риби стоять на нижчому щаблі організації ніж ссавці, то і їх органи чуття - примітивніше. Насправді це не так. Хоча їх чуттєві органи значно відрізняються від наших, вони не менш цікаві й різноманітні, ніж у вищих хребетних. І, звичайно ж, в повній мірі розвиток цих органів пов'язаний з місцем існування риб – водою [7].

Зір. Він має менше значення у водних мешканців в порівнянні з наземними. Це пов'язано, по-перше, з тим, що зі збільшенням глибини значно знижується освітленість, по-друге, дуже часто риби змушені жити в умовах низької прозорості води, по-третє, водне середовище дозволяє їм використовувати інші органи чуття з набагато більшою ефективністю. Багато видів пристосували свій зір до вузькоспецифічних умов проживання. Наприклад, деякі риби, що збирають корм з поверхні води, володіють очима, розділеними на дві половини: верхня бачить те, що відбувається в повітрі, нижня - під водою [16].

Більшість риб наших вод мають добре розвинений колірний зір. Типові хижаки наших водосховищ - щука, судак, окунь мають відмінний предметний і колірний зір. Погано розвинений зір лише у деяких придонних видів - сома, в'юна, щиповки. Слух. Як не дивно, риби мають прекрасно розвинений слух, незважаючи на відсутність у них зовнішніх ознак. Їх органи слуху суміщені з органами рівноваги і являють собою замкнуті мішечки з плаваючими в них отолітами. Дуже часто плавальний міхур виконує функцію резонатора. У щільному водному середовищі звукові коливання поширюються швидше, ніж в повітрі, тому слух відіграє значну роль в житті риб. Багато риб здатні видавати різні цілеспрямовані звуки: терти лусочку одна об одну, вібрувати різними частинами тіла і таким чином здійснювати звукову комунікацію [34].

Нюх. Нюх відіграє в житті риб значну роль. Це пов'язано з тим, що запахи поширюються в воді дуже добре. Всім відомо, що риболовля буде значно успішнішою за умови використання пахучої принади. Тонкий нюх розвинений у риб завдяки тому, що нюхова цибулина займає значну частину їх головного мозку. Смак. Смакові речовини також прекрасно розрізняються рибами [25].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами дослідження були лин Tinca tinca (довжина та маса тіла 7,8-8,6 см та 4,8-6,4 г), гірчак Rhodeus sericeus amarus (5,3 см та 1,2 г), вівсянка Leucaspius delineatus (58 см і 18 г), золотий карась Carassius, carassius (10,8 см і 17,7 г), лящ Abramis brama (7,5 см і маса 34 г)

Смакові переваги риб оцінювали за поведінковою відповіддю одиночних особин на штучні гранули, виготовлені з агар-агарового гелю (2%) н містять одну незмивну речовину і барвник (Ponceau 4R, 0,0005 М). В якості тестованих смакових речовин використані вільні амінокислот (L-стереоізомери), органічні кислоти та класичні смакові речовини, що викликають основні типи смакових відчуттів у людини (перелік речовин та їх концентрація наведені в таблиці 2 і на малюнках 1 і 2) Як подразники використовували речовини з високим ступенем хімічної чистоти

В ході досвіду реєстрували поведінкову реакцію риб на гранулу, що вноситься в акваріум 1) число актів схоплювання внесеної гранули до моменту заковтування або остаточного відкидання, 2) тривалість утримання гранули (в секундах) при першому схоплюванні впродовж грати утримування рибою досвіду, 4) поїдання гранули, тобто була з'їдена або відкинута схоплена гранула Тривалість утримання рибою гранули реєстрували за допомогою ручного секундоміра "Агат" підсумовуючого типу Момент заковтування гранули визначали по завершенню рибами характерних рухів щелепами та відновленню ритмічних рухів від зябер наближень до неї або спроб схоплювання Гранули з різними смаковими подразниками подавали у випадковій послідовності і чергували з гранулами, що містять екстракт личинок хірономід (175 г/л) і з контрольними гранулами, що містять тільки барвник. менше 10-15 хвилин Число дослідів з гранулами одного типу на різних піддослідних особинах було близьким або збігалося. Піддослідних риб годували один раз на добу живим або свіжозамороженим мотилем (личинками комарів Chironomidae). [60] Використана методика дозволяє досліджувати функціональні властивості інтраоральної смакової рецепції риб, оскільки аносмування не призводить до будь-яких змін характеру або інтенсивності поведінкової відповіді на гранули, що містять речовини, що тестуються, і не

відбивається на рівні чутливості риб до нього (Sutterlm, Sutterhn, 1970, Касу Морей, 1996)

Для вивчення динаміки смакової поведінкової відповіді використано комп'ютерну програму "BH-Fish", що дозволяє визначати тривалість подій з точністю 0,1 с.

Для з'ясування достовірності відмінностей рівня споживання гранул від контрольних застосовували критерій %, для виявлення відмінностей з контролем за всіма іншими параметрами, що реєструвалися, використовували критерій Стьюдента, ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (rs) застосовували при порівняльному аналізі смакових відповідей різних видів риб.

Загальна кількість дослідів щодо з'ясування смакових переваг риб становила 24413 (табл. 1). Крім того, виконано 2246 дослідів для визначення рівня смакової чутливості риб до деяких речовин, а також 485 дослідів щодо з'ясування динаміки прояву рибами поведінкової смакової відповіді.

Таблиця 1

Число дослідів з'ясування смакових переваг 5 видів коропових риб до різних типів смакових речовин

Вид риб	Смакові подразники				Контроль
	Класичні смакові речовини	Аміно-кислоти	Органічні кислоти	Екстракт мотиля	
Вівсянка	594	2885	-	112	196
Гірчак	840	3080	841	140	280
Золотий карась	780	2990	-	260	260
Лящ	1065	1672	-	212	374
Лин	900	2987	3150	150	645

РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРА ТА ДИНАМІКА СМАКОВОЇ ПОВЕДІНКОВОЇ ВІДПОВІДІ У КОРОПОВИХ РИБ

3.1. Класичні смакові речовини

Усі досліджені нами види риб здатні розпізнавати присутність у гранулах класичних смакових речовин і диференційовано ними реагувати. Серед речовин, що зазнали тестування, були відсутні стимули, що викликають негативні смакові відповіді у лина та ляща та позитивні смакові відповіді у верхівки та гірчака. У золотого карася класичні смакові речовини викликали всі типи смакової відповіді.

Лимонна кислота мала високо привабливі смакові властивості для ляща і лина і сильний відштовхуючий смак для гірчака, золотого карася і верхівки. Хлорид натрію викликав достовірне збільшення рівня споживання гранул у лина і ляща, а інших видів був індиферентним речовиною. Хлорид кальцію служив ефективним смаковим стимулятором для лина, ляща та золотого карася, відношення верхівки до смаку хлориду кальцію було негативним, а у гірчака – індиферентним. Ставлення всіх 5 видів риб до смаку сахарози було індиферентним (табл. 2).

Індиферентне ставлення до смаку сахарози, безсумнівно, пов'язане з характером харчування риб. [42] У лина, ляща та верхівки основу харчування становить тваринна їжа – зообентос чи зоопланктон. У харчуванні гірчака та золотого карася рослинні компоненти зустрічаються частіше, але їхня частка в раціоні невелика. Припущення, що індиферентне ставлення риб до сахарози пов'язані з відсутністю чи незначною часткою рослинних компонентів у харчуванні підтверджується даними, отриманими інших риб. [42] Відомо, що багато тваринних риб виявляють байдуже ставлення до смаку сахарози.У риб, харчування яких ґрунтується на рослинній їжі або у яких така їжа становить значну частку раціону, ставлення до сахарози зазвичай позитивне. Такі відповіді характерні для ялинця Leuciscus leuciscus, білого амура Ctenopharyngodon idella, плотви Rutilus rutilus, гуппі Poectha reticulata. Однак, зв'язок між фітофагією та позитивним ставленням до смаку сахарози не завжди виражений і в ряді випадків може не підтверджуватись (срібний карась Carassius auratus gibeho) (Kasumyan, Nikolaeva, 2002).

Таблиця 2

Смакові переваги класичних смакових речовин у коропових риб (споживання гранул, %)

Речовина, концентрати %	Лящ	Лин	Золотий карась	Гірчак	Вівсянка
Хлорид натрію, 10%	20,0±3,4	54,7±4,0	77,7+3,7	32,1+4,0	15,2±3,6
Лимонна кислота, 5 %	19,3 ±3,3	90,7±2,3	18,5+3,4	2,1±1,2	3,8±2,2
Хлорид кальцію, 10 %	15,0±3,0	50,7±4,1	86,9+3,0	31,4±3 9	7,8±2,7
Сахароза, 10%	10,0±2,5	31,3±3,8	76,9±3,7	40,7±4,2	214±3,8
Контроль	7,1±2,2	25, 3±3,6	76,9+3,7	36,4±4,1	25,0±5,0

Інша смакова речовина, на яку відповіді риб становлять певний інтерес, є лимонна кислота. На відміну від сахарози, лимонна кислота у всіх досліджених нами видів риб викликала достовірні смакові відповіді. Для більшості інших видів риб лимонна кислота також зазвичай служить високоефективним смаковим стимулом, істотно або стимулюючи споживання гранул в одних видів, або пригнічуючи споживання в інших.

3.2. Вільні амінокислоти.

Вільні амінокислоти є адекватними смаковими подразниками для риб Вважається, що сполуки саме цього класу визначають смакову привабливість для риб природних харчових об'єктів та штучних кормів (Mackie, 1982).

Виконані експерименти показали, що вільні амінокислоти можуть володіти для коропових риб привабливим, відштовхуючим або байдужим смаком (рис. 1). викликають детерентні відповіді, у гірчака (43%) У золотого карася і верхівки частка індиферентних амінокислот перевищувала 50% (95% і 52% відповідно).

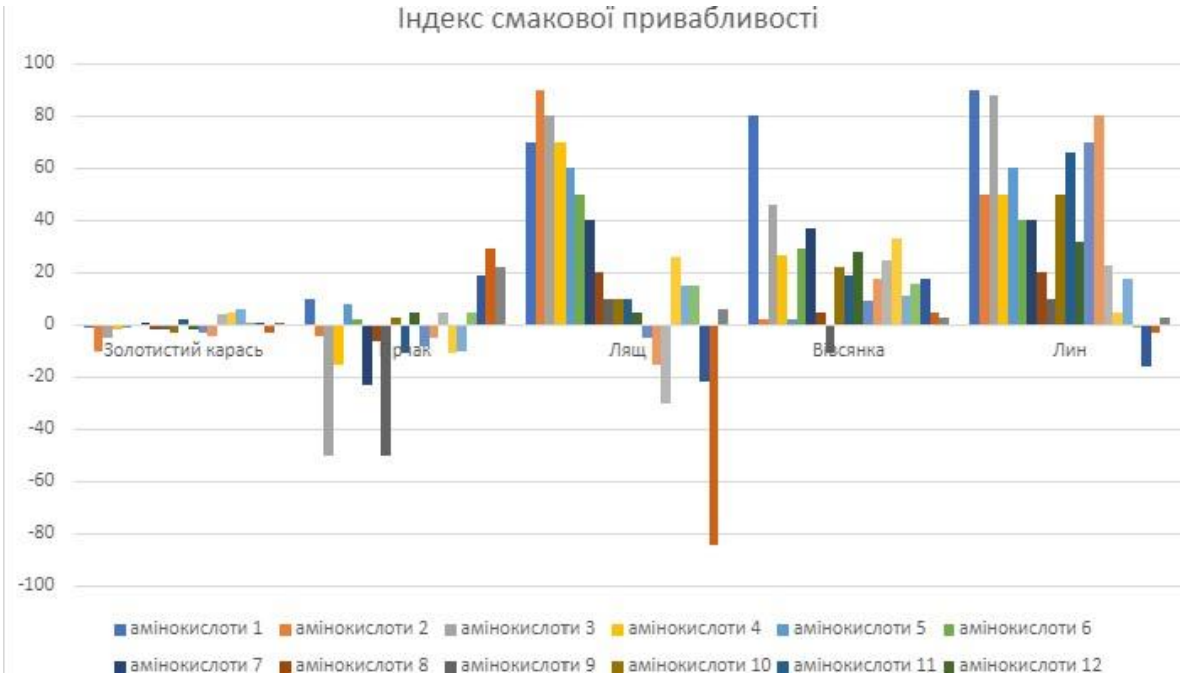

Рис. 1. Індекс смакової привабливості вільних амінокислот для коропових риб. 1 – аланін, 2 – гліцин, 3 – цистеїн, 4 – глутамін, 5 – лізин, 6 – аспарагін, 7 – валін, 8 – треонін, 9 – аргінін, 10 – гістидин, 11 – серин, 12 – пролін

За різноманітністю типів смакової відповіді на вільні амінокислоти досліджені види можуть бути поділені на 3 групи:

• види, у яких виявлені амінокислоти з привабливим, відразливим та індиферентним смаком (лящ та гірчак);

- види, у яких виявлені амінокислоти з привабливим та індиферентним смаком (лин та верхівка);

- види, у яких виявлені амінокислоти з індиферентним та відразливим смаком (золотий карась).

У ляща привабливими були 8 амінокислот. Половина з них - цистеїн, глутамін, аспарагін, треонін відкосилися до групи полярних амінокислот з незарядженим радикалом, 3 амінокислоти аланін, гліцин, валін - до неполярних амінокислот; і лізин - амінокислота з позитивно зарядженою R-групою (основна амінокислота). Одна амінокислот для ляща була детерентним стимулом: неполярний ізолейцин.

У лина більшість амінокислот - 12 з 21 викликали достовірне збільшення споживання гранул. Детерентні амінокислоти у лина не виявлено. Найбільш

сильний привабливий смак для лина мав цистеїн – полярна амінокислота із незарядженим радикалом. Присутність цистеїну в гранулах призводила майже до 100% їхнього споживання рибами. Далі в міру зниження смакової привабливості слідують неполярні амінокислоти аланін, валін, пролін (амінокислота), серин - полярна амінокислота з незарядженим радикалом, основні амінокислоти аргінін, лізин та гістидин.

Потім слідує неполярний метіонін, полярні амінокислоти з незарядженим радикалом глутамін, аспарагін і гліцин.

Привабливими для гірчака були лише 4 амінокислоти, що належать до різних груп - аланін, лізин, тирозин і метіонін. Детеррентних амінокислот було 9, число індиферентних амінокислот - 8 Для верхівки привабливим смаком мали 10 амінокислот, серед них аланін, лейцин, пролін, серії, треонін, цистеїн, тирозин, аспарагінова і глутамінова кислоти і норвалін амінокислота, цистеїн, мала різко негативні властивості риб.

Таким чином, до числа амінокислот, що володіють подібними смаковими характеристиками для різних видів риб входять амінокислоти з різними структурними і фізико-хімічними властивостями. тільки підвищують споживання корму, але і володіють відштовхуючими смаковими властивостями, робить більш зрозумілою роль сполук цього класу в регуляції харчування риб. і L-P-фенілаланіном збігався Не виявлено статистично значимих відмінностей смакових відповідей за параметром «тривалість утримання гранули після першого схоплювання». Однак за параметрами “кількість актів схоплювання гранули” та “тривалість утримання гранули протягом усього досвіду” відмінності смакової відповіді риб на L-a-фенілаланіном та L-P-фенілаланіном досягають високого рівня ($p<0001$).

Серед усіх амінокислот виділяються відповіді на цистеїн риби виявляють до нього або сильні позитивні реакції (верхівка, лин, лящ), або сильні негативні реакції (гірчак, золотий карась). близький за ефективністю до екстракту мотиля – натурального комплексного смакового стимулу. За своїми контрастними смаковими властивостями для риб цистеїн нагадує лимонну кислоту, проте відповіді на цистеїн в більшості випадків сильніші. Так само контрастними смаковими властивостями

цистеїн володіє і для представників інших систематичних груп риб (Касумян, Ніколаєва, 1997, Фокіна, Касумян, 2003).

Ще однією загальною особливістю смакових переваг досліджених нами риб є висока смакова привабливість аланіну (виняток склав золотий карась). Аланін часто зустрічається у вільній, формі у складі екстракту кормових об'єктів риб - личинках хірономід (Шивокене, 1983). срібного карася - індиферентний (Kasumyan, Doving, 2003).

В цілому, досліджені коропові риби виявляють однотипні або подібні смакові реакції на одні вільні амінокислоти та протилежні відповіді на інші. 66 можливих парних порівнянь лише у 7 випадках виявляється достовірна кореляція, причому у 6 з них позитивна (табл. 3) При порівнянні спектрів 21 виду риб з різних сімейств, з 210 можливих парних порівнянь у 13 випадках виявлено достовірну позитивну кореляцію та у 7 випадках – достовірну негативна.

Проведений аналіз показує, що в більшості парних порівнянь, навіть якщо вони проводяться між видами одного сімейства, не виявляється достовірних кореляційних зв'язків. міжвидової конкуренції за їжу у риб, що мають збігаються ареали і спільно населяють одні і ті ж водойми Результати кореляційного аналізу смакових спектрів виявляють її одну особливість при порівнянні між собою представників одного і того ж сімейства частка достовірних позитивних зв'язків завжди вища, а частка достовірних негативних зв'язків , ніж при порівнянні риб, що належать до різних сімейств Частіше виявлення позитивних зв'язків між смаковими спектрами у видів з однієї родини вказує на певну схожість смакових переваг у таких риб. Досліджені види риб належать до різних трофічних груп і відрізняються не тільки особливостями споживаної їжі, але і широтою спектра кормових об'єктів. Найбільш широкий спектр привабливих за смаком амінокислот у лина, ляща і верхівки, але у золотого карася привабливих за смаком амінокислот не виявлено Найбільше вільних амінокислот, що викликають детерентні відповіді у стенофага гірчака У смаковому спектрі гірчака, однак, були присутні. У цих риб схожі смакові відповіді на класичні смакові речовини і на багато вільних амінокислот.

Таким чином, говорити про те, що існує явний зв'язок між різноманітністю споживаних рибами харчових об'єктів і широтою спектра привабливих за смаком речовин не є можливим. даних інших дослідників підтверджує висновок про відсутність помітного зв'язку між типом харчування або рівнем еврифагії риб і смаковими уподобаннями.

3.3. Органічні кислоти.

Смакові властивості органічних кислот досліджені на прикладі лина і гірчака Тестування були піддані 18 карбоксильних кислот і одна жовчна кислота (холієва). яблучна, лимонна і малонова) було найвищим байдужим смаком для лина мали оцтова і холієва кислоти.

Для гірчака привабливим смаком мала тільки холієва кислота, 5 кислот (мурашина, оцтова, масляна, валеріанова і пропіонова) були індиферентними, інші 13 кислот були детерентними стимулами. 91 p<0 001), що підтверджує високу видову специфічність смакових переваг у риб (рис 2).

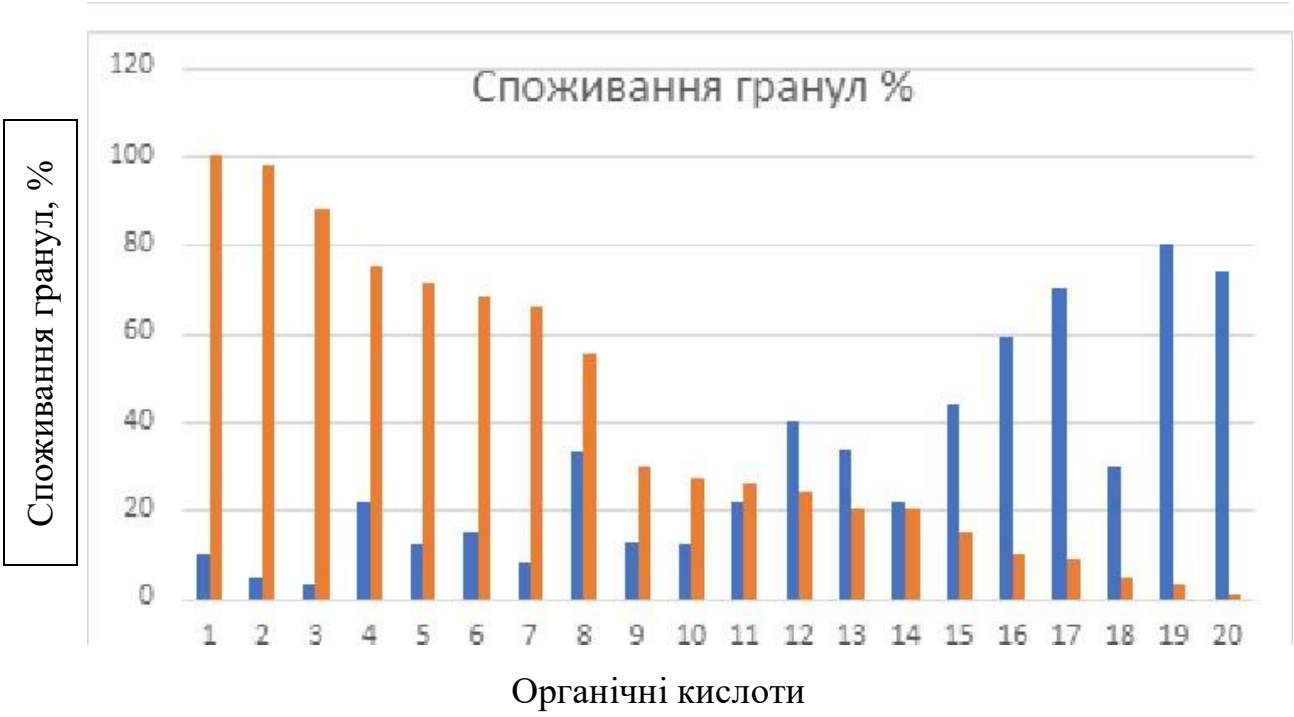

Рис. 2. Смакові вподобання лина та гірчака органічних кислот (0,1 М).
1 – малеїнова, 2 - альфа-кетоглутарова, 3 – щавлева, 4 – винна, 5 – яблучна, 6 – лимонна, 8 – гліколева, 9 – янтарна, 10 – фумарова, 11 – капронова, 12 – адипінова, 13 – валеріанова, 14 – масляна, 15 – аскорбінова, 16 – мурашина, 17 – пропіонова, 18 – оцтова, 19 – холієва, 20 – контроль

На прикладі лина проведено аналіз зв'язку смакової ефективності карбонових

кислот від розміру молекули, її структурних особливостей та деяких інших властивостей. Виявлено достовірний зв'язок між молекулярною масою кислоти та її смаковою привабливістю Добре помітне швидке зростання смакової привабливості кислот (з однаковою довжиною вуглецевого ланцюга) у міру збільшення числа карбоксильних груп у молекулі. низькою або не виявлялася зовсім (оцтова кислота), в той час як всі 9 дикарбонових кислот викликали достовірне посилення споживання гранул, причому 5 з них були високоефективними. Обидві трикарбонові кислоти, яблучна та лимонна, також належать до групи високоефективних смакових стимулів для лина. У гірчака розглянуті вище зв'язки здебільшого мали зворотний характер (рис 3).

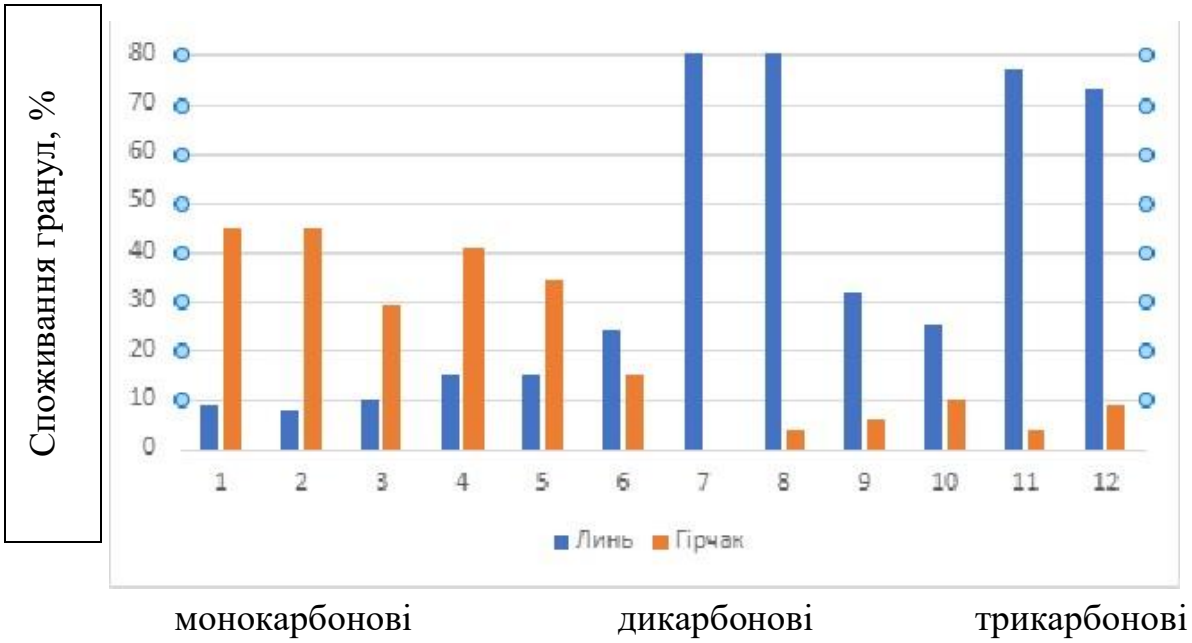

Рис. 3. Смакова привабливість для лина та гірчака моно-, ди- і трикарбонових кислот (0.1 М) з різним числом атомів карбону (С) в молекулі. Темні стовпчики – смакові відповіді лина, світлі – гірчака. 1 – мурашина (С=1), 2 – оцтова (С=2), 3 – пропіонова (С=3), 4 – масляна (С=4), 5 – валеріанова (С=5), 6 – капронова (С=6), 7 – щавлева (С=2), 8 – малеїнова (С=3), 9 – бурштинова (С=41), 10 – адипінова (С=5), 11 – яблучна (С=4), 12 – лимонна (С=6).

Зміни конфігурації молекули кислоти істотно відображаються на її смаковій привабливості Так, ефективність для лина малеїнової та фумарової кислот, що являють собою цис-і транс-ізомери бутендіонової кислоти різко різняться (p<0 001) У ліня добре виражена залежність рівня споживання гранул від pH розчину кислот (rs-0 84, p<0 001) (рис 4).

3.4. Смакова чутливість коропових риб.

Порогові концентрації для деяких з найбільш ефективних смакових речовин були визначені, ґрунтуючись на показнику смакової відповіді споживання гранул. Для лину порогова концентрація цистеїну та малеїнової кислоти дорівнює 2 5*10'2 і 10' М відповідно Для ляща порогова концентрація аланіну дорівнює 5 0х 10'2 М На прикладі гірчака вперше визначена порогова концентрація для детеррентного стимулу - цистеїну' М.

Виконані розрахунки показують, що При пороговій для лину концентрації діючої речовини одна гранула містить 17,3 мкг у разі цистеїну і 6,6 мкг у разі малеїнової кислоти. взаємодіє частина містяться в гранули молекул, що знаходиться в її поверхневому шарі Необхідно відзначити, що величина порогової концентрації може різнитися при використанні різних параметрів смакової відповіді як критерії реагування риб Так, порогова концентрація малеїнової кислоти для лина за критерієм «число актів схоплювання гранул0 3 М, ті в 10 разів нижче, ніж при використанні критерію «споживання гранул».

3.5. Структура смакової поведінкової відповіді.

Найбільш часто відкидають і повторно схоплюють гранули лящ і лин, рідше - гірчак, золотий карась і верхівка. [21] Ці видові відмінності, безсумнівно, пов'язані з способом життя риб і характером харчування видобутком, тоді як у харчуванні гірчака, золотого карася та верхівки велику частку становлять рухомі планктонні організми. Багаторазове тестування таких об'єктів підвищує ризик їх втрати і може знижувати ефективність живлення.

Гранули з привабливими за смаком речовинами піддаються рибами більш тривалому тестуванню, ніж гранули з речовинами відштовхувального смаку Високо достовірна позитивна кореляція між смаковою привабливістю і тривалістю утримання гранули проявляється у всіх досліджених видів витрат часу при харчуванні Найбільш привабливі гранули утримуються рибами в кілька разів довше гранул, що містять відштовхуючі за смаком речовини. рибами ретельніше, що підкреслює важливу роль смакової системи в сенсорному контролі фінальної фази харчової поведінки, коли рибами приймається рішення про заковтування або

відкидання схопленого видобутку. Час, витрачається на тестування гранул, очевидно, залежить і від особливостей харчування риб. величини, що характеризують тривалість одноразового (разового) утримання гранули. метою її подальшого схоплювання, остаточне відкидання гранули. У наших дослідах середні значення тривалості одноразового утримання гранул широко варіювали та залежали від виду риб, смакової привабливості речовини та її концентрації у гранули. У дослідах з линем середнє мінімальне значення тривалості одноразового утримання гранули становило 1,0 с у дослідах, що завершилися заковтуванням гранули, і 0,6 с у дослідах, що завершилися відкиданням гранули У дослідах з лящем цей час у ряді випадків було ще менше – 0,3 -0,4 с. Згідно з наявними в літературі даними, більшість цього часу витрачається на обробку інформації в мозкових центрах та формування відповідної поведінкової відповіді.

3.6. Динаміка смакової поведінкової відповіді

Як зазначалося, заковтування чи остаточне відкидання гранули відбувається зазвичай після кількох відкидань і повторних схоплювань гранули. Використання програми “BH-Fish” дозволило вперше визначити тривалість кожного з послідовних періодів утримань рибами гранули та інтервалів між схоплюваннями і таким чином з'ясувати динаміку смакового , з'ясувати деякі його особливості та закономірності

Найбільш детальним чином динаміка смакової відповіді була досліджена на прикладі ляща, для якого типовими були багаторазові відкидання і повторні схоплювання 1ранули. 2-3 рази (рис. 5).

Чим більше число повторних схоплювань, тим більше часу риба витрачає на прийняття остаточного рішення - заковтнути або відкинути гранулу. [53] Цей час варіює від 17 3 с до 92 2 с , ніж середня тривалість інтервалів між схоплюваннями (3 1 с) Майже у всіх випадках інтервали між схоплюваннями були коротшими за попередній або подальший утримання гранули. довше всіх наступних утримань З кожним наступним схоплюванням гранули тривалість її утримання закономірно знижується. Тривалість інтервалів між схоплюваннями варіює слабкіше і будь-якої чіткої тенденції у зміні цього параметра в міру проходження досвіду виявити не вдається.

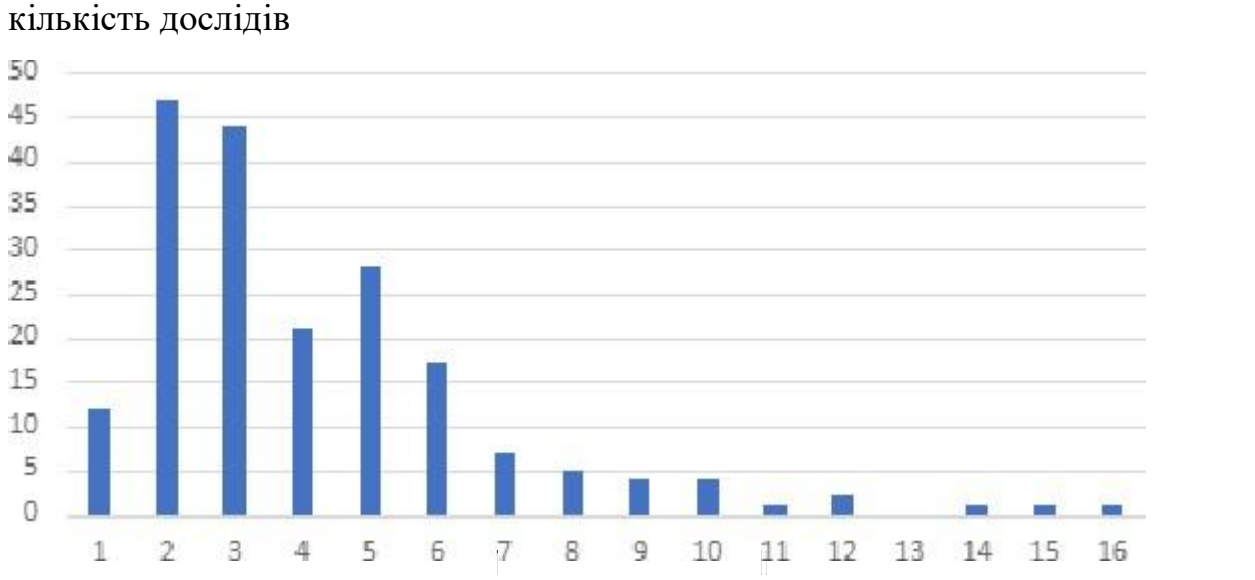

Рис. 5. Досліди з різним числом схоплювань лящем гранул, які містять цистеїн (0,1 М)

Перераховані особливості смакової відповіді ляща на гранули з цистеїном характерні для випадків, що закінчилися заковтуванням гранули (ЗГ-досліди). - вона майже в 10 разів менша (17 с) Загалом, в ОГ-дослідах тривалість утримання гранули слабо варіювала і не виявляла будь-якої помітної тенденції до підвищення або зниження з кожним наступним схоплюванням гранули.

Інтервали між схоплюваннями в ОГ-дослідах завжди були більш тривалими, ніж у ЗГ-досвідах. 4-5 схоплювання У ОГ-дослідах більш тривалим був період реагування риб на гранулу, що впала у воду, тобто, інтервал між падінням її у воду та схоплюванням рибою (Ic) В ОГ-дослідах ця величина перевищувала 6 секунд, і була більша майже вдвічі, ніж у ЗГ-дослідах Можливо, цей параметр відображає харчову мотивацію піддослідних риб – фактор, здатний впливати на прояв рибами смакової відповіді

Якщо розглядати те, як змінюються параметри смакової відповіді в залежності від кількості вчинених у досліді схоплювань гранули, то для ЗГ-дослідів виявляється негативний зв'язок. гранули При використанні в дослідах з лящем гранул з іншою амінокислотою - глутаміном (0,1 М) тривалість послідовних періодів утримання

гранули та інтервалів між схоплюваннями та динаміка їх змін були близькими до тих, що й у дослідах з цистеїном.

Лин, на відміну ляща робить менше повторних тестувань гранули (аланін, 0.1 М). У багатьох дослідів спостерігалося 1-2 схоплювань, максимально - 6.Як і у ляща, тривалість відповіді прямо залежала від числа повторних схоплювань гранули і варіювала від 5,7 с у разі одного схоплювання до 33.1 с при 6 схоплювання. У середньому періоди утримання гранули були значно коротшими (2,72 с), ніж інтервали між схоплюваннями (4,52 с), що відрізняє лина і ляща. Найбільш тривалим було утримання гранули після першого схоплювання гранули (У1) та інтервал між 1-м та 2-м схоплюваннями (І1-2). При наступних схоплювання проявляється тенденція до скорочення тривалості періодів утримання гранули та інтервалів між схоплюваннями. Близькі результати були отримані і при аналізі динаміки прояву линем смакової поведінкової відповіді окремо для дослідів, що закінчилися заковтуванням і для дослідів, що відкинули гранули.

Повторні схоплювання гранули найменш виражені у гірчака (гранули з аланіном, 0,1 М). Заковтування або остаточне відкидання гранули відбувалося у більшості дослідів у результаті одноразового тестування. Частка дослідів, у яких зареєстровано 2-3 і більше схоплювань (максимально – 6) незначна. Періоди утримання гранули значно триваліші, ніж інтервали між схоплюваннями, найбільш тривале утримання гранули після 1-го схоплювання, причому в дослідах, де відбувалося заковтування гранули, цей показник був майже в 20 разів вище (25,3 с), ніж у дослідах, де риби відкидали гранулу (1,4 с).

Таким чином, у досліджених риб заковтування або остаточне відкидання гранули відбувається після кількох відкидань та повторних схоплювань гранули. Чим більша кількість повторних актів схоплювання гранули, тим триваліша смакова відповідь. Це повною мірою відноситься до дослідів, які завершилися заковтуванням гранули і до дослідів, в яких гранула в результаті була відкинута рибою. [53] Тривалість смакової відповіді в останньому випадку значно коротша, насамперед через менш тривалі періоди утримання гранули в ротовій порожнині. Тривалість утримання гранули швидко і закономірно знижується з кожним наступним схоплюванням, тоді як інтервали між схоплювання змінюються менш істотно. Отже,

час, що витрачається рибами на оцінку смакових якостей схопленого харчового об'єкта, послідовно зменшується з кожним його повторним схоплюванням.

Результати, отримані в ході виконання цієї роботи, підтверджують високий рівень видової специфічності смакових спектрів у риб, у тому числі і у близьких споріднених видів. тим, відношення до смаку деяких речовин у близькоспоріднених риб може бути близьким або навіть збігатися, що свідчить про певну схожість у них смакових уподобань. напрямі та збільшення числа досліджених видів риб допоможуть знайти відповіді та на деякі інші ще недостатньо розкриті питання смакової рецепції риб, зокрема, про взаємозв'язок між смаковою вибірковістю риб та їх способом життя та характером харчування

У роботах, присвячених смаковій рецепції риб, велика увага приділяється пошуку структурних або фізико-хімічних характеристик хімічних речовин, які могли б пояснювати або корелювати з їх смаковими властивостями для риб. молекули або різними своїми властивостями Однак загальних для риб зв'язків між структурними та фізико-хімічними характеристиками речовини та її смаковою привабливістю не виявлено, що пояснюється видовою специфікою смакових спектрів

Вперше отримані дані про структуру смакової поведінки та її динаміку у рибних гранулах. Чим більше число повторних актів схоплювання гранули, тим триваліший час, що витрачається рибами на смакову поведінку, на оцінку смакових якостей видобутку. відповіді в останньому випадку значно коротше, насамперед через менш тривалі періоди утримання гранули в ротовій порожнині. Тривалість утримання гранули швидко і закономірно знижується з кожним наступним схоплюванням, тоді як інтервали між схоплюваннями змінюються менш істотно. Можливо, це пов'язано з відмінностями характеру та стратегії харчування риб, їх способу життя. частинок ґрунту та необхідності сепарувати харчові об'єкти Ці риби роблять і велику кількість повторних схоплювань гранули

Закономірності смакової рецепції риб, специфічні особливості реагування риб на різні типи смакових речовин, динаміка прояву смакової поведінкової відповіді представляють важливий практичний інтерес і можуть знайти застосування для вирішення різних проблем рибальства та аквакультури. Виконані дослідження

показують перспективність пошуку та створення високоефективних стимуляторів та детерентів для риб біологічною основою для розробки способів управління харчовою поведінкою риб за допомогою смакових подразників Отримані нами результати можуть бути використані для підвищення смакової привабливості кормів, рибальських приманок та наживок по корекції їх рецептури за рахунок внесення спеціальних речовин, що володіють високою стимулюючою дією, або шляхом виключення зі складу компонентів, що містять детерентні сполуки. Хемосенсорно привабливих кормів супроводжується у риб більш інтенсивною секрецією травних ферментів.

ВИСНОВКИ

1. Досліджені види коропових риб мають добре виражену смакову чутливість до хімічних речовин різного типу – вільних амінокислот, органічних кислот, класичних смакових речовин.

2. Смакові спектри вільних амінокислот, органічних кислот і класичних смакових речовин у коропових риб розрізняються за широтою, складом та відносною ефективністю речовин Значна кореляція між смаковими спектрами коропових риб у більшості випадків не виявляється, що підтверджує високий рівень видової специфічності смакових переваг у риб, числі й у близьких видів.

3. Смакові переваги коропових риб до окремих речовин можуть збігатися або бути подібними.

4. Структурні ізомери мають різну смакову привабливість для риб і викликають смакові відповіді, що відрізняються кількісними характеристиками. Не виявлено загальних для коропових риб зв'язків між рівнем смакової привабливості речовин та їх структурними особливостями та фізико-хімічними властивостями (молекулярна маса, pH розчину, число функціональних груп тощо).

ПРАКТИЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Характерною рисою смакової поведінки риб є багаторазові схоплювання і відкидання харчового об'єкта, що передують заковтуванню або остаточній відмові від його споживання. та особливостей харчування риб.

Смакова поведінка протікає подібним чином риб різних видів У випадках заковтування рибами видобутку або остаточної відмови від її споживання смакова поведінка різниться за тривалістю послідовних утримань харчового об'єкта та інтервалів між схоплюваннями і по динаміці цих параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аквакультура // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 7.

2. Алексієнко В.Р. Іхтіологія. Посібник для студентів біологічних факультетів / В.Р. Алексієнко. – К.: Український фітосоціологічний центр, 2007. – 116 с.

3. Андрієнко Т.Л. Клєстов М.Л. Прядко ОЛ. та ін. Кременчуцькі плавні |-проектований | регіональний | ландшафтний | парк Полтавщини // Захист довкілля від техногенного впливу. Кременчук, 1998. - С. 8-16.

4. Байрак. О.М. Місце проектованого регіонального ландшафтного парку | "Нижньоворсклянський" |в системі | перспективного заповідного | фонду |та екологічної (мережі | Лівобережного Придніпров'я // Заповідна справа в Україні. - Т. 7. - Вип.2. - 2001. - С.69-73.

5. Байрак. ОМ. | Стецюк Н.О., Слюсар М.В. Наукова цінність ландшафтних заказників загальнодержавного значення Полтавської області // Заповідна справа в Україні. - Т. 8. - Вип.1. - 2002. - С.74- 81.

6. Біологічний словник /За редакцією Академіків АН УРСР І.Г. Підоплічка, К.М. Ситника, Р.В. Чаговця. – К.:1974. – 552 с.

7. Біохімічні механізми апоптозу: навч. посібник / Остапченко Л.І., Синельник Т.Б., Рибальченко Т.В., Рибальченко В.К. - К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. - 312 с.

8. Борщівський П. Стратегічні проблеми розвитку рибного господарства України / П. Борщівський, М. Стасішен, Н. Алесіна // Стратегія розвитку України: наук. жур. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2004. – № 1–2. – С. 370-388.

9. Боярин М.В, Нетробчук І. М. Основи гідроекології : теорія й практика :навч. пос. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 364 с.

10. ВАК України. Паспорт спеціальності. Затверджено постановами президії ВАК України від 26 березня 1998 р. N 19-09/3, N 20-09/3 «Бюлетень Вищої атестаційної комісії України», N 4, 2001 р.

11. Вернадский В.И. Биосфера / В.И.Вернадский - Т.1, Т.2. - Л., 1926.

12. Вивчення якості води. Дата оновлення: 27.03.18 http://www.novaecologia.org/voeco-861.html

13. Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод. Міхєєв О.М., Маджд С.М., Лапань О.В., Кулинич Я.І., видавництво «Центр учбової літератури», м. Київ -2018 р.

14. Виноградов В.К., Золотова З.К. Вплив білого амура на екосистеми водойм // Гідробіологічний журнал. – 1974. – Т. 10. – № 2. – С.90-98.

15. Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник [Архівовано 11 грудня 2020 у Wayback Machine.] / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. — К.: Інтерпрес, 2014. — 164 с.

16. Водні ресурси // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 40.

17. Воловова Л.А., Студенецький С.А. Пасовищна аквакультура на прісноводних водоймах // Журнал «Рибне господарство», 1993. - № 12. - С.5-7.

18. Ганна Трегуб. Обмежені ресурси: до 2030 року половина людства зіткнеться з нестачею води та сільськогосподарських земель [Архівовано 29 листопада 2014 у Wayback Machine.] // Український тиждень, № 29 (246), 20 липня 2012 року

19. Географічна енциклопедія України : [у 3 т.] / редкол.: О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. — К., 1989—1993. — 33 000 екз. — ISBN 5-88500-015-8.

20. Гидробиологический журнал - періодичне видання НАНУ, Інституту гідробіології НАНУ (коротко про видання на сайті Наукової електронної бібліотеки періодичних видань НАН України [Архівовано 31 липня 2020 у Wayback Machine.])

21. Гідробіологія : практикум : посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т. В. Пінкіна. - Житомир : Житомирський нац. агроекологічний ун-т, 2010. - 184 с. : рис. - Бібліогр.: с. 178-179. - ISBN 978-966-8706-47-9

22. Гідрологічні умови Кременчуцького водосховища http://www.eco.com.ua/node/1448

23. Горєлова О.А., Бауліна О.І., Соловченко А.Є., Федоренко ТА., Кравцова Т.Р. Чівкунова О.Б., Кокшарова О.А., Лобакова О.С. Зелені мікроводорості, ізольовані з асоціації з безхребетними Білого моря та мікробіології. 2012 року. Т. 81. №4. С.505-507.

24. Гриб О.М. Антропогенний вплив на водні екосистеми: конспект лекцій. – Одеса: Од.держ. еколог. ун-т, 2018. – 194 с.

25. Грінжевський М.В. Аквакультура України. – Львів: Вільна Україна, 1998. − С. 331.

26. Гроховська Ю.Р. Аналіз гідроекологічних процесів у малій річці // Таврійський наук.вісн. – Херсон, 2007. – Вип. 48. – С. 121–129.

27. Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В. Водні екосистеми басейну Прип'яті: рівень деградації та природоохоронні заходи / Міжнародна науково-практична інтернетконференція «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування». Рівне, 31 жовтня 2019. 4 с.

28. Довідник за властивостями, методами аналізу та очищення води // Київ: Наукова Думка, 1980. - ч. 2. - С.773-781.

29. еколог. ун-т, 2009. 202 с. URL: www. twirpx.com/file/370886/

30. Екологічне право України. Академічний курс: Підручник /За заг.ред. Ю.С.Шемшученка. – К.: ТОВ «Видавництво «Юридична думка», 2005. – 848 с

31. Екологія рослин В. Лархер. – редакція біологічної літератури, 1976 р.

32. Еколого-економічні проблеми довкілля Житомирщини. [Кол. мо-ногр.]/ В.І. Карпов, С.П. Сіренький, В.К. Данилко та ін.; Під заг. ред. П.П. Михайленка. - Житомир, 2001. - 320 с.

33. Євтушенко М. Ю. Акліматизація гідробіонтів: підруч. / Євтушенко М. Ю., Дудник С. В., Глєбова Ю. А. — К.: Аграрна освіта, 2011. — 240 с. — ISBN 978-966-2007-57-2.

34. Загальна гідробіологія. Константинов А.С. – М.: Вища школа, 1986р.

35. Загальна гідрологія: підручник /В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. – К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2008. – 399 с.

36. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с

37. Збереження і моніторинг біологічного і ландшафтного різноманіття в Україні. – К.:Національний екологічний центр України, 2000 – 244с.

38. Клименко М. О., Трушева С.С., Гроховська Ю.Р. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем : навч. посібник / М. О. Клименко, С. Клименко М.О. Гідроекологія : навч. посіб. / М. О. Клименко, Ю. Р. Гроховська, О. О. Бєдункова. – Рівне: НУВГП, 2008. – 178 с.

39. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Гідроекологічний моніторинг та фітоіндикація стану водних екосистем басейну Прип'яті. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 2 (66). С. 29–38. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ep3.nuwm.edu.ua/3608/

40. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 194 с.

41. Коваленко В.О. Індустріальне рибництво/В.О. Коваленко. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів. К.: Аграр Медіа Груп, 2011. - 140 с.

42. Козлов А.В. Розведення риби, раків, креветок у присадибній водоймі. М: ТОВ «Акваріум-Принт», 2008. 176 с.

43. Кравцова Т.Р., Лазбна І.В., Лазебний О.Є., Волкова Є.Ю., Федоренко Т.А., Горєлова О.А., Бауліна О.І., Лобакова О.С., Васетенко А.Є., Кокшарова О.А. Молекулярна філогенія зеленої мікроводорості, ізольованої з Halichondria panicea (P., 1766) Білого моря // Фізіологія рослин. 2013. Т. 60. №4. С. 569-573.

44. Курілов О. В. Гідробіологія : конспект лекцій. Частина I, II. Одес. держ.

45. Лавровський В.В. Оборотне водопостачання при промисловому вирощуванні молоді райдужної форелі // Рибне госп-во, 1977. - №11. - С.58-59.

46. Лозовіцький П.С. Хімічний склад води річок українського Полісся і екологічна оцінка їх якості // Водне господарство України, 2007. № 5. С. 50 - 54.

47. Лукін В.Б. 2002. Перебудови у співтоваристві фітоперифітону в ході сезонної сукцесії: осідання планктонних форм та прес фітофагів (личинок хірономід) // Журн. загальної біології. Т. 63. № 5. с. 418-425.

48. Лукін В.Б. 2003. Механізми, що формують видову структуру перифітону в ході сезонної сукцесії: роль міжвидової конкуренції та осідання планктонних форм // Журн. загальної біології. Т. 64. № 3. с. 263-272.

49. Лукін В.Б., Сапова., Є.В., 2002. Зміни в екосистемі водопровідного каналу, що викликаються розвитком фітообрастань // Актуальні проблеми екології та природокористування (випуск 3) / збірник наукових праць. С. 83-87

50. Макрофіти – індикатори змін природного середовища. Дублена Д.В., Гейне С., Гроудова З.І. – К.: Наукова думка, 1993.

51. Мамонтов Т.Ю. «По Сіверському Дінцю» Путівник. Донецьк. - 1968

52. Мельдер Х.А., Ліпре Ю.М. Регенерація води у системах зворотнього водопостачання індустріальних форелевих господарств. - Таллінн, 1979. - 12с.

53. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін; Київ: ЗАТ ВІПОЛ, 2001. 48 с.

54. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. - К.: Символ - Т, 1998. - 28 с.

55. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод України / Яцик А. В., Денисова О. І., Чернявська А. П., Верниченко Г. А.; Київ: Оріяни, 2004. 20 с.

56. Мойсеєв П.А., Ілясов Ю.І. Світова прісноводна аквакультура. // Журнал «Рибництво та рибальство», 1999. - № 4. - С.6-7.

57. Нетробчук І. М. Гідробіологія : конспект лекцій / Волинський національний університет імені Лесі Українки, географічний факультет, кафедра фізичної географії. Луцьк : Вежа–Друк, 2021. 90 с.

58. Олександрійська А.А., Котляр О.А. Вирощування риби в циркуляційних системах / / Рибництво і рибальство. – 1979. – № 6. – С. 13-15.

59. Приймачук В., Конельська, І. Рекреаційно-оздоровча діяльність на природоохоронних територіях та об’єктах. Актуальні проблеми формування здорового способу життя [Текст]: Матеріали наук.-практ. Конференції / В. Приймачук, І. Конельська. – Кривий Ріг: КДПУ, 2007

60. Природна кормова база рибгосподарських водойм. Кражан С.А, Хижняк М.І., видавництво «Олді плюс», 2017р.