

# РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЛАНКАХ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ СТАВІВ ЗА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ РИБИ

Н.Л. Колесник

Інститут рибного господарства НААН України

*Досліджено розподіл важких металів у ланках гідроєкосистеми (воді, донних відкладах, фіто- та зоопланктоні, зообентосі, органах та тканинах корошових риб) ставів ВАТ “Сумирибгосп” за інтенсивної технології трирічного вирощування риби. Проведено порівняльний аналіз та визначено рівень забруднення важкими металами ланок гідроєкосистеми ставів через коефіцієнти та ступені накопичення.*

Через погіршення екологічної ситуації в Україні великого значення набувають дослідження взаємозв'язку між накопиченням, розподілом та впливом важких металів (ВМ) на водні екосистеми. Останнім часом все гостріше постають питання негативних наслідків забруднення екосистем як накопичувачів токсичних речовин, насамперед ВМ. Дослідження змін у гідроєкосистемах за дії ВМ має комплексний характер, особливо при хронічному забрудненні. Цьому сприяє розподіл важких металів у воді та донних відкладах, а також розподіл у межах трофічних ланцюгів: фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, риби.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили у повносистемному господарстві ВАТ “Сумирибгосп” протягом 2001–2002 рр., що використовує інтенсивну технологію вирощування риби у полікультурі (короп та товстолобик) із трирічним оборотом. У період вирощування риби були задіяні вирощувальні стави I і II порядків та нагульний, відповідно, № 3, № 2 та № 1. Для досягнення оптимальних результатів рибопродуктивності при посадці личинок, однорічок та дворічок обрано оптимальні щільності, враховуючи біотехнічні нормативи та особливості росту риби у ставах, що вплинуло на високу рибопродуктивність.

Весною, літом та восени досліджували вміст ВМ (Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Pb і Cd) у ланках гідроєкосистеми ставів (воді, донних відкладах, фіто- та зоопланк-

тоні, зообентосі, органах та тканинах корошових риб).

Відбір проб та їх аналіз проводили за загальноприйнятими в гідрохімії, гідробиології та токсикології методиками [1–7].

Результати досліджень оброблено методом варіаційної статистики за загальноприйнятою методикою [8]. Статистичну обробку даних проведено на ПК Intel Pentium Celeron 333A.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для кількісної оцінки матеріальної кумуляції використовують коефіцієнт накопичення ( $K_n$ ), який є відношенням максимального вмісту речовини в організмі риб (мг/кг) до його концентрації у воді (мг/дм<sup>3</sup>) [9].

Розраховано коефіцієнти накопичення, які можуть дати загальну картину розподілу вмісту ВМ та ступінь їх накопичення (табл. 1). Для цього із середньостатистичних показників ВМ по роках обрано максимальні зафіксовані значення у воді, донних відкладах, фітопланктоні, зоопланктоні, зообентосі, органах та тканинах корошових видів риб (м'язах, зябрах, печінці, нирках, шкірі) та розраховано коефіцієнти накопичення за формулою

$$K_n = K_{ле} / K_в,$$

де,  $K_n$  — коефіцієнт накопичення;  $K_в$  — концентрація важкого металу у воді;  $K_{ле}$  — концентрація важкого металу у ланці екосистеми ставу.

Таблиця 1. Розподіл важких металів у ланках екосистеми ставів та коефіцієнти їх накопичення у ставах (2001–2002 рр.)

Ланки екосистеми ставів	Концентрації та вміст важких металів							
	Fe	Zn	Mn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
Вода, мг/дм <sup>3</sup>	0,3251	0,0399	0,0873	0,0055	0,0097	0,0038	0,0101	0,0006
Донні відклади, мг/кг	6 034,47	24,78	170,14	5,00	9,40	3,00	16,11	0,18
Фітопланктон, мг/кг	13 846,71	1564,79	5013,65	211,71	251,07	36,31	581,60	7,28
Зоопланктон, мг/кг	5 720,02	987,42	527,53	135,87	84,97	15,74	26,16	1,92
Зообентос, мг/кг	2 967,36	1 784,90	33,17	27,37	83,74	20,44	18,78	5,00
М'язи, мг/кг	22,63	9,47	0,15	0,68	0,87	0,13	0,35	0,01
Зябра, мг/кг	163,47	76,61	2,31	1,12	3,08	0,39	1,32	0,05
Печінка, мг/кг	93,36	59,07	6,28	3,75	2,95	0,22	0,61	0,02
Нирки, мг/кг	128,23	57,95	0,88	1,39	19,45	0,34	0,30	0,03
Шкіра, мг/кг	108,34	53,68	0,75	1,91	7,47	0,30	0,52	0,13

*Коефіцієнти накопичення (K<sub>n</sub>), ступінь накопичення речовини:  
50 — слабкий, 51–200 — помірний, 201–1000 — високий, > 1000 — надвисокий*

Донні відклади	18 562	621	1 949	909	969	789	1 595	300
Фітопланктон	42 592	39 218	57 430	38 493	25 884	9 555	57 584	12 133
Зоопланктон	17 595	24 747	6 043	24 704	8 760	4 142	25 90	3 200
Зообентос	9 128	44 734	380	4976	8 633	5 379	1 859	8 333
М'язи	70	237	2	124	90	34	35	17
Зябра	503	1 920	26	204	318	103	131	83
Печінка	287	1 480	72	682	304	58	60	33
Нирки	394	1 452	10	253	2 005	89	30	50
Шкіра	333	1 345	9	347	770	79	51	217

Аналізуючи максимальні значення, ми встановили закономірність розподілу ВМ у ланках гідроекосистеми ставів. Залежно від здатності накопичувати важкі метали компоненти водної екосистеми у порядку зменшення слід розмістити у такі ряди:

- Fe — донні відклади → фітопланктон → зоопланктон → зообентос → зябра → нирки → шкіра → печінка → м'язи;

- Zn — зообентос → фітопланктон → зоопланктон → зябра → печінка → нирки → шкіра → донні відклади → м'язи;

- Mn — фітопланктон → зоопланктон → донні відклади → зообентос → печінка → зябра → нирки → шкіра → м'язи;

- Cu — фітопланктон → зоопланктон → зообентос → донні відклади → печінка → шкіра → нирки → зябра → м'язи;

- Ni — фітопланктон → зоопланктон → зообентос → нирки → донні відклади → шкіра → зябра → печінка → м'язи;

- Co — фітопланктон → зообентос → зоопланктон → донні відклади → зябра → нирки → шкіра → печінка → м'язи;

- Pb — фітопланктон → зоопланктон → зообентос → донні відклади → зябра → печінка → шкіра → м'язи → нирки;

- Cd — фітопланктон → зоопланктон → зообентос → донні відклади → шкіра → зябра → нирки → печінка → м'язи.

При цьому виявлено масові частки ВМ у загальній частці концентрацій ВМ у ланках екосистеми ставів (рис. 1–3).

Як видно із рядів розподілу ВМ по ланках екосистеми ставів, майже для всіх ВМ характерне найбільше накопичення у природній кормовій базі (див. табл. 1).

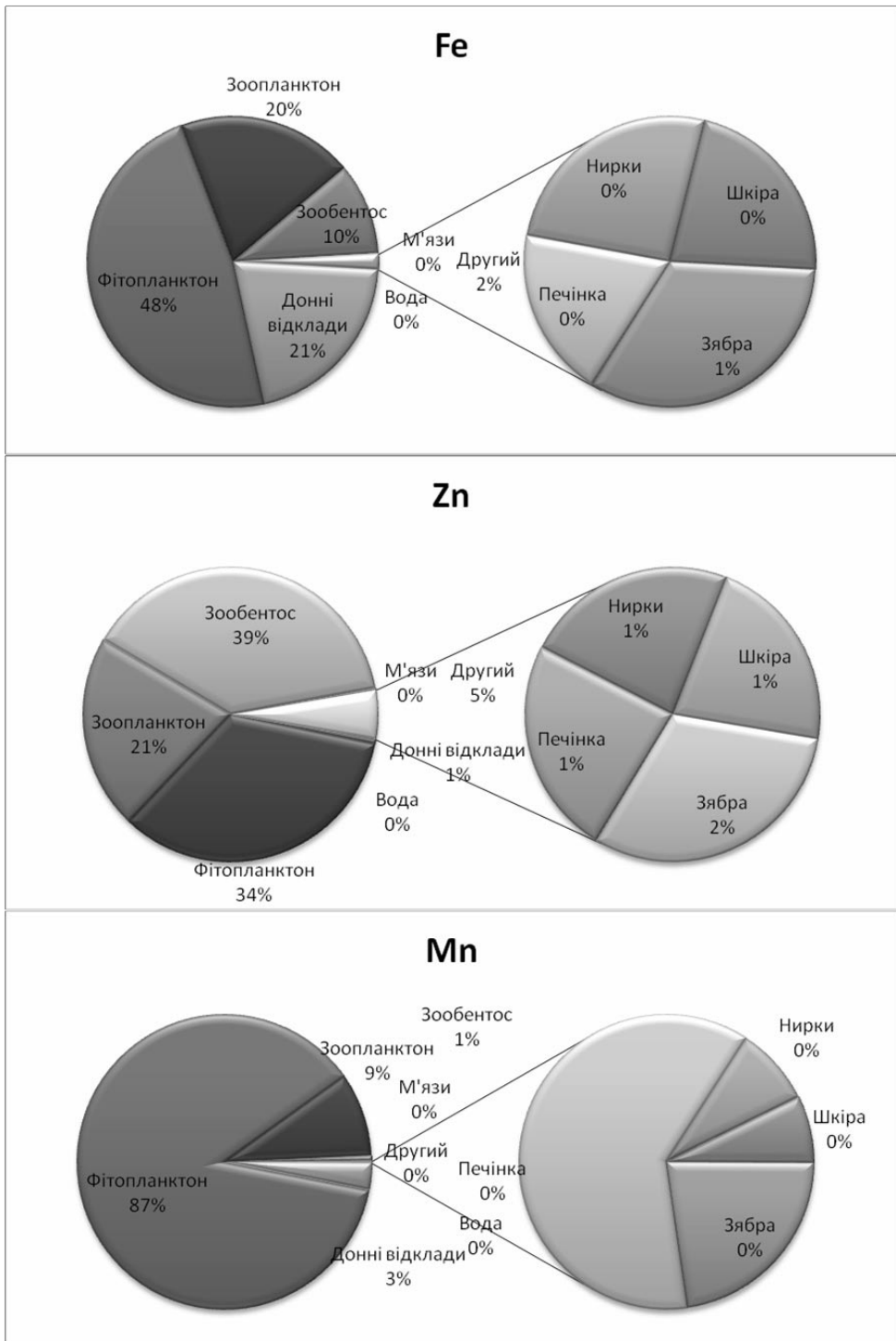


Рис. 1. Масові частки Fe, Zn та Mn у ланках екосистеми ставів

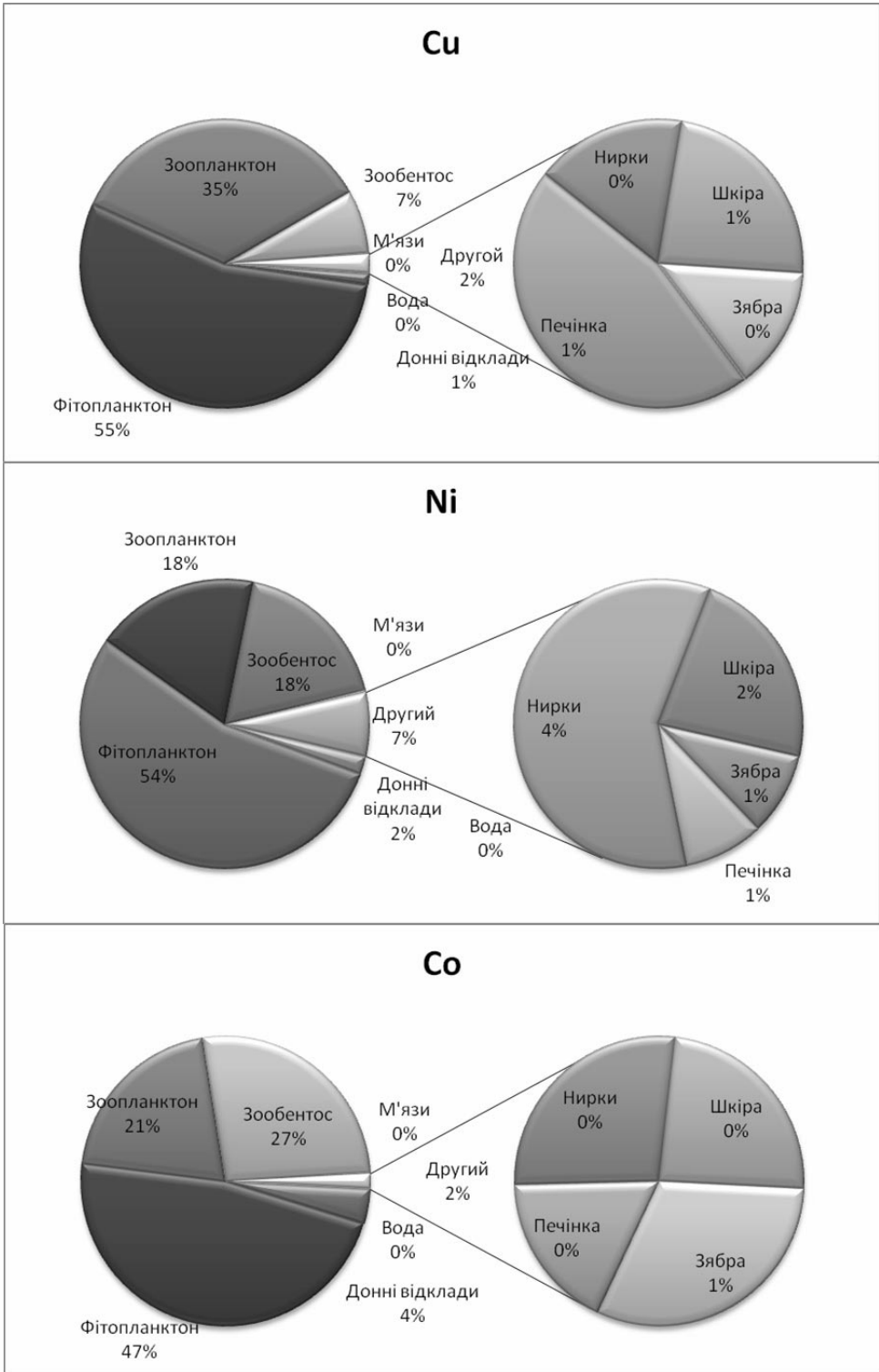


Рис. 2. Масові частки Cu, Ni та Co у ланках екосистеми ставів

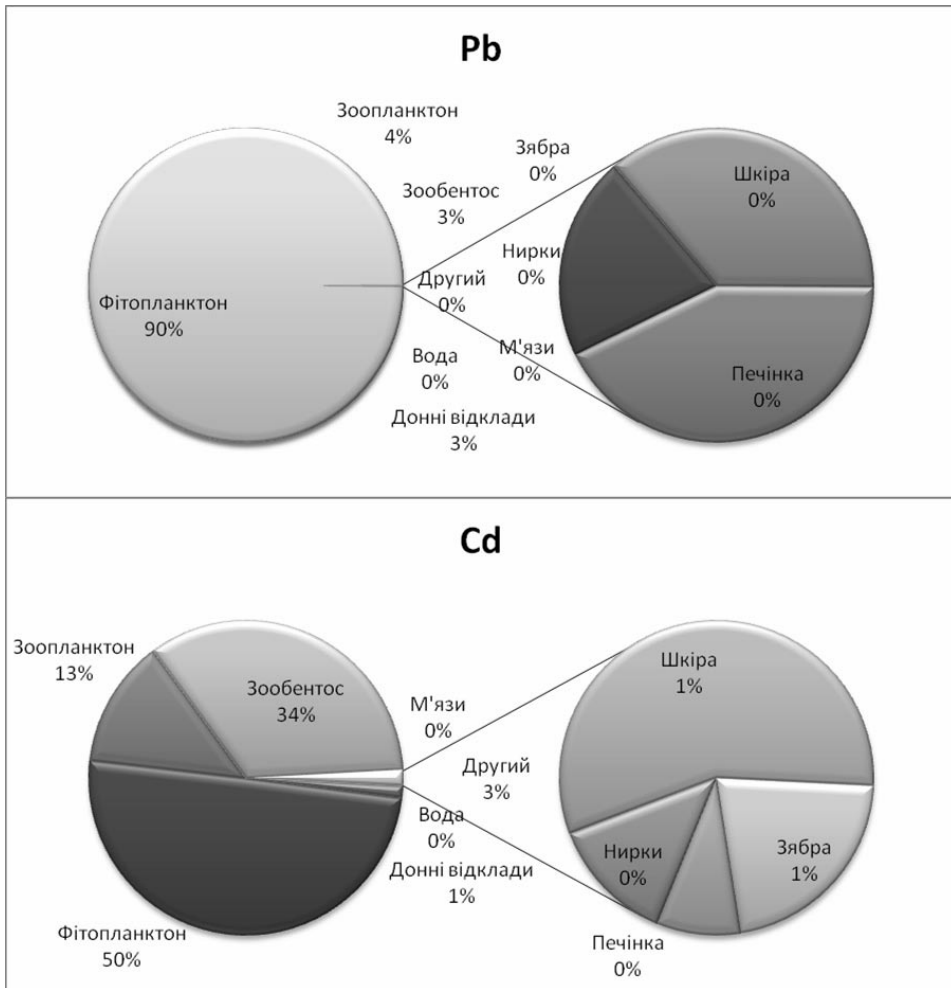


Рис. 3. Масові частки Pb та Cd у ланках екосистеми ставів

Приміром, для Mn, Cu, Ni, Co, Pb та Cd на першому місці в рядах накопичення був фітопланктон, для Zn — зообентос, а для Fe — донні відклади, друге місце для Mn, Cu, Ni та Pb посів зоопланктон, для Fe та Zn — фітопланктон, для Co та Cd — зообентос.

Третю позицію для Fe, Zn, Co та Cd займає зоопланктон, для Cu, Ni та Pb — зообентос, а для Mn — донні відклади. На четвертому місці для Cu, Co, Pb та Cd — донні відклади, для Fe та Mn — зообентос, для Zn — зябра, а для Ni — нирки. П'яту позицію для рядів Fe, Co, Pb посідали зябра коропових, для Zn, Mn, Cu — печінка, для Ni — донні відклади, а для Cd — шкіра коропових. На шостій

позиції для рядів Mn та Cd були зябра, Fe, Zn та Co — нирки, Cu та Ni — шкіра, а для Pb — печінка. Сьоме місце для Fe, Zn, Co та Pb займала шкіра коропових, для Mn, Cu та Cd — нирки, а для Ni — зябра. Восьму позицію для Fe, Ni, Co та Cd посідала печінка, для Mn — шкіра, Cu — зябра, Pb — м'язи, Zn — донні відклади. На дев'ятому місці для Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co та Cd розмістились м'язи, а для Pb — нирки.

Залежно від коефіцієнта накопичення ( $K_n$ ) речовину за класифікацією К.К. Врочинського (табл. 2.) відносять до відповідної групи ступеня накопичення та коефіцієнта запасу ( $K_z$ ) [10].

Вивчаючи ступінь накопичення за коефіцієнтами, можна відмітити, що для

Таблиця 2. Класифікація речовин за ступенем накопичення їх в організмах

Група	Ступінь накопичення	Коефіцієнт накопичення ( $K_n$ )	Коефіцієнт запасу ( $K_z$ )
1	Слабкий	50	1
2	Помірний	51–200	2
3	Високий	201–100	4
4	Надвисокий	>1000	16

донних відкладів був характерний високий ступінь накопичення Cu, Ni, Co, Cd та Zn при  $K_z = 4$ , і надвисокий — Fe, Mn та Pb при  $K_z = 16$ . Для природної кормової бази (фітопланктону, зоопланктону, зообентосу) встановлено надвисокий ступінь накопичення майже всіх досліджуваних металів при  $K_z = 16$ , винятком був високий ступінь Mn для зообентосу при  $K_z = 4$ . Для м'язів коропових визначено коефіцієнти зі слабким ступенем накопичення Mn, Co, Pb та Cd ( $K_z = 1$ ), помірним — Fe, Cu, Ni ( $K_z = 2$ ), та високим — Zn ( $K_z = 4$ ). Зябра коропових мали слабкий ступінь накопичення Mn ( $K_z = 1$ ), помірний — Co, Pb та Cd ( $K_z = 2$ ), високий — Fe, Cu та Ni ( $K_z = 4$ ), надвисокий — Zn ( $K_z = 16$ ). Для печінки коропових був характерним слабкий ступінь накопичення Cd ( $K_z = 1$ ), помірний — Mn, Co та Pb ( $K_z = 2$ ), високий — Fe, Cu та Ni ( $K_z = 4$ ), надвисо-

кий — Zn ( $K_z = 16$ ). Нирки коропових характеризувалися слабким ступенем накопичення Mn, Pb та Cd ( $K_z = 1$ ), помірним — Co ( $K_z = 2$ ), високим — Fe та Cu ( $K_z = 4$ ), надвисоким — Zn та Ni ( $K_z = 16$ ). Для шкіри коропових були характерними слабкий ступінь накопичення Mn ( $K_z = 1$ ), помірний — Co та Pb ( $K_z = 2$ ), високий — Fe, Cu, Ni, Cd ( $K_z = 4$ ) та надвисокий — Zn ( $K_z = 16$ ).

## ВИСНОВКИ

Розподіл ВМ по ланках екосистеми ставів за інтенсивної технології вирощування риби мав свої закономірності. Для донних відкладів були характерними високі та надвисокі ступені накопичення. Вміст майже всіх досліджуваних ВМ характеризувався надвисокими ступенями накопичення у природній кормовій базі, при цьому найвищі концентрації ВМ спостерігались у фітопланктоні. Органи та тканини коропових видів риб мали різні ступені накопичення — від слабого до надвисокого. Дуже важливим є визначення вмісту ВМ у м'язах риби, тому що вони є основною їстівною частиною для людини, і безперечно є чинником переходу та накопичення ВМ в організмі людини. У м'язах коропових визначено слабкі та помірні ступені накопичення ВМ, виняток становив високий ступінь накопичення Zn.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алектин О.А., Семенов А.Д., Скопінцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеоздат, 1973. — 268 с.; Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 541 с.
2. Усачев Т.П. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // ТР ВЗБО, 1961. XI — 411 с.
3. Киселев И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресн. вод СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — С. 183–265.
4. Жадин В.И. Методика изучения донной фауны водоемов и озоления донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — Т. 4. — С. 52–56.
5. Грибовская И.Ф., Карякин А.В., Фараонов М.М. Влияние озоления на результаты спектрального анализа растений // Агрехимия. — 1969. — № 7. — С. 48.
6. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ / пер. с болг. Г.А. Шейниной; под ред. С.З. Яковлевой. — Л.: Химия, 1983. — 144 с., ил. — София, 1980.
7. Львов Б.В. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. — М., 1966.
8. Лакин В.Т. Биометрия. — М.: Высш. шк., 1980. — 343 с.
9. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 04.08.2009 N 695.
10. Лесников Л.А., Врочинский К.К. Классификация пестицидов с рыбохозяйственных позиций // Изв. ГосНИОРХ. — Л., 1974. — Т. 98. — С. 9–13.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ЗВЕНЬЯХ ГИДРОЕКОСИСТЕМЫ ПРУДОВ  
ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ**

*Н.Л. Колесник*

Исследовано распределение тяжелых металлов в звеньях гидроеко системы (воде, донных отложениях, фито- и зоопланктоне, зообентосе, органах и тканях карповых рыб) прудов ОАО “Сумырыбхоз” при интенсивной технологии трехлетнего выращивания рыбы. Проведен сравнительный анализ и определены уровни загрязнения тяжелыми металлами звеньев гидроеко системы прудов через коэффициенты и степени накопления.

**DISTRIBUTION OF THE HEAVY METALS  
IN PARTS OF POND’S HYDRO-ECO-SYSTEM  
IN CASE OF THE INTENSIVE FISH BREEDING TECHNOLOGY**

*N. Kolesnik*

Investigated the distribution of heavy metals levels in parts of hydro-eco-system (water, sediments, phyto-and zooplankton, zoobenthos, organs and tissues of carp fish) of ОАО “Sumyrybhosp” ponds in case of the intensive three-year fish breeding technology. A comparative analysis was conducted and determined the level of contamination of the hydro-eco-system parts with heavy metals by the mean of the coefficients and level of accumulation.