

17. Сейдафаров Р.А., Уразгильдин Р.В. Характеристика морфологических параметров листьев липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях промышленного загрязнения воздуха // Вестн. Оренб. гос. ун-та. – 2007. – № 75. – С. 309–311.



УДК 619:597.8

Л.Н. Афанаскина, Т.Я. Орлянская

**СТРУКТУРНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ КЛЕТОЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СЛОЕВ МОЗЖЕЧКА ЛЯГУШКИ ОСТРОМОРДОЙ (*RANA ARVALIS*) НЕКОТОРЫХ БИОТОПОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Исследована вариабельность морфометрических показателей нейронов и глиоцитов молекулярного, ганглионарного и зернистого слоев мозжечка лягушки остромордой, обитающей в биотопах с разной степенью вмешательства антропогенного фактора. Дана сравнительная оценка компенсаторно-приспособительным перестройкам на уровне глио-нейрональных популяций мозжечка переходной группы низших позвоночных животных, адаптирующихся к действию источников негативного воздействия на естественную среду обитания.*

**Ключевые слова:** земноводные, антропогенные биотопы, мозжечок, клеточные популяции.

L.N. Afanaskina, T.Ya. Orlyanskaya

**CELL POPULATION STRUCTURAL POLYMORPHISM OF THE MOOR FROG (*RANA ARVALIS*) CEREBELLUM LAYERS OF SOME BIOTOPES IN KRASNOYARSK REGION IN THE ANTHROPOGENIC IMPACT CONDITIONS**

*Morphometric parameter variability of the neurons and gliocytes of the molecular, gangliar and granular cerebellum layers of the moor frog that inhabits the biotopes with various degree of the anthropogenic factor interference is researched. Comparative estimation of the compensatory-adaptive alterations at the glio-neuronal population level of a cerebellum of the transition group of the lower vertebrate animals that adapt to the negative effect source influence on the natural habitats is given.*

**Key words:** amphibians, anthropogenic biotopes, cerebellum, cellular populations.

**Введение.** Антропогенное загрязнение окружающей среды вызывает различные реакции у обитающих в этих условиях животных и требует всестороннего анализа их адаптивных возможностей [7]. Изменение условий существования приводит к активному включению интегративных систем, необходимых для поддержания оптимальных условий выживания и адаптации к новым трансформированным условиям [2].

Изучение адаптивных перестроек в структурах нервной системы на клеточном уровне с учетом поддержания стабильности белкового фонда и процессов внутриклеточной регенерации в норме и при техногенных воздействиях антропогенного фактора на природу имеет большое значение.

Центральная нервная система (ЦНС) представляет собой непрерывно работающий конгломерат нейронов, которые получают, анализируют, перерабатывают информацию и принимают конкретное решение. Нервные клетки окружены нейроглиальными клетками. Нервные и глиальные клетки очень плотно упакованы и между этими двумя типами клеток существует динамическое взаимодействие. Глиальные клетки влияют на состав жидкости вокруг нейронов, секретируют питательные вещества и трофические факторы во внеклеточное пространство [5].

**Цель исследования.** Провести сравнительный анализ реактивных перестроек гистологических нейроморфологических параметров на популяционно-клеточном уровне слоев мозжечка лягушки остромордой, обитающей в некоторых биотопах с относительно напряженным экологическим состоянием.

**Материалы и методы исследования.** Остромордая лягушка является фоновым видом на территории южной части Средней Сибири и заселяет все благоприятные для жизни биотопы: старицы, заливные и заболоченные луга, низинные болота, искусственные озера, пойменные леса, временные водоемы.

Идентификация вида батрахофауны осуществлялась по морфологическим признакам при помощи определителей [1, 4].

Представители данного вида (36 особей, массой  $17,9 \pm 1,2$  г) отловлены в периоды максимальной активности земноводных на нерестилищах (период размножения) [3]. Набраны пять групп животных одного вида (*Rana arvalis*) из следующих биотопов Красноярского края: 1-я группа – река Березовка, окрестности г. Красноярск; 2-я группа – искусственный пруд Канского района; 3-я группа – пруд Татанщик Абанского района; 4-я группа – пруд Егоровка Абанского района; 5-я группа – пойма реки Берешь Шарыповский район.

Амфибии в контейнерах транспортировались в лабораторию, где производился забор материала под воздушно-эфирным наркозом с соблюдением правил, утвержденных Международной федерацией по защите животных (Приложение к приказу МЗ СССР №755 от 12.08.77; Приказ №1179 МЗ СССР от 11.10.1983). Головной мозг после извлечения из черепной коробки целиком помещали в фиксатор (жидкость Карнуа), заливали в парафин и изготавливали на санном микротоме «Slide 2002» серийные срезы толщиной 5–6 мкм. На срезах проводили качественные нейростологические реакции на рибонуклеопротеидные комплексы (РНП) тионином по Нисслию [6]. На гистологических препаратах с помощью микроскопа Zeiss Axioskop со встроенной видеокамерой и прилагаемым программным обеспечением (Axio Vision LE Rel. 4.3) количественными методами изучены субпопуляции нейронов и глиоцитов трех слоев мозжечка остромордой лягушки.

**Объект исследования.** Мозжечок, обеспечивающий регуляцию и координацию движений амфибий на суше. Проанализированы нейронные популяции молекулярного, ганглионарного и зернистого слоев. Выявлена и сопоставлена плотность ( $\rho$ ) распределения свободной и сателлитной глии. Для дифференцировки слоев мозжечка и тонкого выявления соответствующих клеточных популяций использован атлас мозга земноводных [8].

Изучены линейные параметры клеток и их компонентов в нейронных популяциях (площадь сечения тела – Ст, цитоплазмы – Сц, ядра – Ся), а также структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент (сЯЦО) как отношение  $S_y / S_c$ , отражающие морфологические особенности нейронов изучаемых слоев мозжечка у особей разных биотопов [6]. На светооптическом уровне применяли ручную морфометрию – линейное интегрирование с использованием варианта микрометрических сеток для вычисления плотности распределения нейронов и глиоцитов на единицу площади ( $1 \text{ мм}^2$ ), анализировали глионейрональные индексы, отражающие число сателлитной и свободной глии, приходящихся на один нейрон. Для каждой группы исследовалось не менее 10 полей зрения, анализировалась вариабельность для животных каждого биотопа.

В клеточных популяциях ганглионарного слоя дана оценка тинкториальных свойств КП: подсчитывали число нормохромных, гипохромных и гиперхромных нейронов. Отмечали наличие единичных нейронов с деструктивными изменениями (тотально-гиперхромные, сморщенные и клетки-тени). Состояние нейронов зернистого слоя оценивалось по характеру распределения, числу и величине глыбок хроматина в ядре [6].

Полученный цифровой массив обработан с использованием программы «Micromed Statistica».

**Результаты и их обсуждение.** На гистологических препаратах в мозжечке *Rana arvalis* четко выделяют три слоя: молекулярный с редко встречающимися звездчатыми клетками (ЗК); ганглионарный, представленный крупными клетками Пуркине (КП), аморфно расположенными на границе молекулярного и зернистых слоев, без четкой локализации и часто внедряющиеся в соседние слои. Зернистый слой более выражен и представлен клетками-зернами (КЗ).

Анализ средних значений площади профильного поля Ст ЗК молекулярного слоя выявил в исследуемых группах разброс показателей в определенном диапазоне значений:  $10,0 \text{ мкм}^2 > 9,1 \text{ мкм}^2 > 8,5 \text{ мкм}^2 > 8,1 \text{ мкм}^2 > 7,3 \text{ мкм}^2$ . Самые крупные нейроны в молекулярном слое у *R. arvalis* в районе окрестностей г. Красноярск (группа 1), близкие к ним показатели были у животных группы 3. Самые мелкие ЗК отмечались в мозжечке группы 5 – обитателей Шарыповского района. Промежуточное положение занимали показатели Ст ЗК молекулярного слоя в группах 2 и 4. Достоверное варьирование показателей отмечается по переменным средним значениям профильных полей Сц и Ся. В группах 3 и 4 в ЗК площадь профильного поля ядра превышала значения цитоплазмы, поэтому сЯЦК имел значения больше единицы. Цитоплазма таких клеток имеет неровные изгибы с зонами, где она выделяется в виде четкого выпячивания, и участки, практически приближенные к ядру. В группах 1 и 2 в ЗК ядра существенно меньше, четко определяются извилистые границы цитоплазмы (табл. 1). Возможно, варьирование средних значений площади профильного поля ядер связано с реактивностью нейронов и направлено на поддержание относительного гомеостаза, необходимого для выполнения конкретных функций, требующих оптимального пластического и энергетического баланса в клетках.

Таблица 1

**Морфологические характеристики нейронных популяций слоев мозжечка остромордой лягушки (*Rana arvalis*)**

Показатель	Ст	Ся	Сц	сЯЦК
<b>Молекулярный слой (M ± s)</b>				
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	10±0,2	4,9±0,17	5,2±0,1	0,95±0,03
2. Искусственный пруд Канского района	8,5±0,2*	3,8±0,14*	4,7±0,12*	0,8±0,03*
3. Пруд Татанщик Абанского района	9,1±0,16*	5,4±0,12*	3,8±0,06*	1,4±0,03*
4. Пруд Егоровка Абанского района	8,1±0,16*	4,9±0,12	3,2±0,06*	1,52±0,03*
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	7,3±0,18*	3,8±0,12*	3,56±0,08*	1,06±0,02*
<b>Ганглионарный слой (M ± s)</b>				
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	25,9±0,8	8,3±0,4	17,6±0,6	0,5±0,02
2. Искусственный пруд Канского района	23±0,6*	6,7±0,3*	16,3±0,5	0,4±0,02*
3. Пруд Татанщик Абанского района	29,7±0,9*	10,8±0,37*	18,9±0,7	0,6±0,03*
4. Пруд Егоровка Абанского района	28,6±0,8*	13,4±0,6*	15,2±0,5*	0,95±0,06*
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	27,6±0,8	11,9±0,45*	15,7±0,57*	0,8±0,03*
<b>Зернистый слой (M ± s)</b>				
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	9,3±0,3	4,1±0,2	5,2±0,1	0,8±0,04
2. Искусственный пруд Канского района	12,5±0,4*	5,6±0,2*	6,9±0,16*	0,8±0,03
3. Пруд Татанщик Абанского района	9±0,16	5,6±0,14*	3,4±0,06*	1,7±0,04*
4. Пруд Егоровка Абанского района	9,7±0,17	6,2±0,13*	3,5±0,06*	1,8±0,03*
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	10±0,2	6,4±0,18*	3,6±0,06*	1,8±0,04*

Примечание: Ст – площадь профильного поля тела; Сц – цитоплазмы, Ся – ядра сЯЦК – структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент; s – ошибка среднего; \* – достоверность различий по сравнению с показателями особей р. Березовка, окрестности г. Красноярска,  $p < 0,05$ .

В клеточных популяциях ганглионарного слоя средние значения Ст варьируют в диапазоне большего разброса: 29,7 мкм<sup>2</sup> > 28,6 мкм<sup>2</sup> > 27,6 мкм<sup>2</sup> > 25,9 мкм<sup>2</sup> > 23,0 мкм<sup>2</sup>. При этом в группе 3 выявляются, как и в молекулярном слое, крупные нейроны. КП относятся к цитохромному типу нейронов, имеют крупный ободок цитоплазмы и ядро незначительного объема. Минимальные значения Ст КП выявлены в ганглиозном слое мозжечка лягушек остромордых Канского района (группа 2). В таких нейронах средние показатели Сц на 80% превышали значения Ся, поэтому их сЯЦК имел значения меньше единицы. У животных группы 4 (Абанский

район) средние показатели Ся самые высокие, а Сц, наоборот, самые низкие в сравниваемых группах, поэтому сЯЦК таких КП имеет значение, близкое к единице (см. табл. 1).

В зернистом слое средние значения профилного поля Ст КЗ варьируют в небольшом интервале аналогично ЗК молекулярного слоя:  $12,5 \text{ мкм}^2 > 10 \text{ мкм}^2 > 9,7 \text{ мкм}^2 > 9,3 \text{ мкм}^2 > 9,0 \text{ мкм}^2$ . Во всех изученных биотопах остромордой лягушки, несмотря на варибельность показателей линейных параметров, в популяциях зернистого слоя клетки-зерна имеют более крупные размеры, чем звездчатые клетки молекулярного слоя, но их Ст значительно меньше клеток Пуркине ганглионарного слоя мозжечка. В 1-й группе КЗ самые мелкие, имеют небольшие ядра. В группах 3, 4, 5, наоборот, при небольших размерах тела и цитоплазмы ядра крупные. В соответствии с чем сЯЦК меньше единицы в группах 1 и 2, а в группах 3,4,5 КЗ выглядят как типичные карихромные, их сЯЦК высокий и приближен к двум (см. табл. 1).

Варьирование средних показателей профилного поля тел клеток, ядра и цитоплазмы (гипо- и гипертрофия) у исследуемых групп следует связать с их длительным существованием в среде с комплексом разнообразных по действию экологических факторов. Включение компенсаторно-приспособительных процессов на уровне морфологических изменений сопровождается повышением или нормализацией уровня жизни и обеспечением приспособления водно-наземных животных к изменившимся условиям существования.

В исследуемых нейрональных популяциях цитохромных КП остромордой лягушки, согласно классификации типовых форм морфологической изменчивости ЦНС по оценке тинкториальных свойств во всех группах животных, преобладал нормохромный тип клеток (табл. 2).

Таблица 2

**Соотношение клеток Пуркине ганглионарного слоя остромордой лягушки (*Rana arvalis*) по оценке базофильной субстанции**

Показатель	Оценка хромотофильной субстанции нейронов ( $M \pm s$ )		
	Нормохромные	Гипохромные	Гиперхромные
р. Березовка, окрестности г. Красноярска	70,6±2,13	9,08±1,24	20,3±2,05
Искусственный пруд Канского района	59,3±2,7*	11,4±1,6	29,2±2,9*
пруд Татанщик Абанского района	91±0,96*	3,6±0,8*	5,4±0,8*
Пруд Егоровка Абанского района	91,8±0,86*	3,1±0,7*	5,2±0,8*
Пойма р. Берешь Шарыповского района	91,6±1*	3,07±0,6*	5,4±0,8*

\* – достоверность различий по сравнению с показателями особей р. Березовка, окрестности г. Красноярска,  $p < 0,05$

На фоне нормохромных нейронов у особей во всех биотопах чаще встречались темные – гиперхромные клетки с сохранной структурой и реже светлые – гипохромные нейроны, что указывает на невысокий разброс в пределах нормального функционирования нейрональных популяций по анализируемому показателю. В группах 3, 4, 5 в ганглионарном слое КП доминируют нормохромные клетки (92%). Эти нейроны расположены диффузно и в просветленной части цитоплазмы содержат равномерно распределенные глыбки тигроидного вещества (РНП). В группе 1 и особенно в группе 2 в клетках ганглионарного слоя мозжечка амфибий достоверно нарастание в популяции гиперхромных КП (см. табл. 2). Такие темные нейроны накапливают и не выводят за пределы клеток РНП комплексы, что указывает на включение компенсаторно-приспособительных механизмов и создание запасающего фонда в клетке. Появление в популяции в незначительном процентном соотношении светлых, активно работающих КП указывает на активацию клеточных популяций, направленную на восстановление оптимальных условий функционирования под действием факторов среды.

Плотность распределения нейронов в исследуемых слоях на фиксированную единицу площади ( $1\text{мм}^2$ ) существенно отличается. Показатели плотности ЗК в молекулярном слое варьируют существенно, имея значительный разброс: от наименьшего значения (410 клеток, группа 4) до максимальной плотности (1623, группа 1). Плотность распределения КП ганглионарного слоя в мозжечке *R. arvalis* соответственно имеет меньший диапазон разброса: от 1244 (группа 5) до 1645 клеток (группа 4). Показатели плотности нейронов в зернистом слое мозжечка *R. arvalis* у особей во всех биотопах достоверно высокие:  $29985 > 28545 > 28467 > 26367 > 20186,8$ .

Наибольшие показатели плотности распределения свободных и сателлитных глиоцитов молекулярного и ганглионарного слоев наблюдаются у животных группы 2. Минимальные значения плотности распределения глиоцитов изученных слоев у лягушек групп 3 и 5 (табл. 3). Усиление пролиферативных процессов и миграционной активности глии (гиперплазия) указывает на включение компенсаторных механизмов, направленных на стабилизацию функционирования нейроцитов данного отдела мозга.

Таблица 3

**Показатели плотности нейронов и глиоцитов слоев мозжечка остромордой лягушки (*Rana arvalis*) на фиксированной площади ( $1\text{мм}^2$ )**

Показатель	ρ нейронов	ρ глии своб.	ρ глии сат.	ГНИ своб.	ГНИ сат.
	<b>Молекулярный слой (<math>M \pm s</math>)</b>				
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	1623± 61,3	746,8± 40,9	304,1± 27,2	0,47± 0,02	0,19± 0,02
2. Искусственный пруд Канского района	1383,6± 49,4*	813,7± 34,1	425,8± 27,2*	0,65± 0,03*	0,33± 0,03*
3. Пруд Татанцик Абанского района	409,9± 19*	183,2± 10,6*	242,9± 13*	0,49± 0,02	0,62± 0,03*
4. Пруд Егоровка Абанского района	625,1± 18,8*	251±13*	107,5± 10,3*	0,43± 0,03	0,2± 0,02
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	598,9± 21,5*	196,3± 8,6*	233± 10,1*	0,37± 0,02*	0,42± 0,02*
	<b>Ганглионарный слой (<math>M \pm s</math>)</b>				
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	1294± 65,7	806,3± 56,6	500,1± 43,2	0,47± 0,02	0,19± 0,02
2. Искусственный пруд Канского района	1475± 46,3*	974± 30,7*	599± 25*	0,7± 0,04	0,4± 0,02
3. Пруд Татанцик Абанского района	1144,9± 39,7	312,5± 17,3*	578,7± 20	0,3± 0,02*	0,57± 0,03*
4. Пруд Егоровка Абанского района	1645,3± 69,5*	268,4± 14,9*	254,6± 16,9*	0,2± 0,02*	0,18± 0,01*
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	1244± 50,8	227,8± 14*	221,8± 12,6*	0,2± 0,01*	0,2± 0,01*

Примечание: ρ – плотность; своб. – свободная глиа; сат. – сателлитарная глиа; ГНИ – глионейрональный индекс; s – ошибка среднего; \* – достоверность различий по сравнению с показателями особей р. Березовка, окрестности г. Красноярска,  $p < 0,05$ .

В зернистом слое мозжечка оценка кариохромных клеток-зерен по количеству хроматиновых глыбок в их ядре показала разброс в диапазоне от 2–3 крупных до 10 и более мелких. Во всех биотопах у особей в популяции КЗ доминировали нейроны с умеренно-средним, средне-высоким содержанием глыбок хроматина, что отражает повышенный процесс функционирования белоксинтезирующей системы в нейроцитах (табл. 4). Высокое и крайне высокое содержание глыбок хроматина у амфибий группы 3 показывает снижение процессов метаболизма клеток-зерен зернистого слоя мозжечка.

**Соотношение клеток-зерен в зернистом слое мозжечка остромордой лягушки (*Rana arvalis*) по содержанию глыбок хроматина**

Показатель ( $M \pm s$ )	2–3 низкое	4–5 умеренно- среднее	6–7 средне- высокое	8–9 высо- кое	10 и более крайне высокое
1. р. Березовка, окрестности г. Красноярска	5,7±0,06	30,5±0,1	40,8±0,1	19,1±0,1	4,7±0,1
2. Искусственный пруд Канского района	8,0±0,1*	36,1±0,1*	37,5±0,1*	15,7±0,1*	3,0±0,06*
3. Пруд Татанцик Абанского района	4,7±0,06*	14,7±0,07*	26,8±1,0*	29,8±0,1*	24,1±0,1*
4. Пруд Егоровка Абанского района	14,4±0,1*	53,2±0,2*	27,4±0,1*	5,0±0,06*	1,0±0,03*
5. Пойма р. Берешь Шарыповского района	13,4±0,2*	48,5*±0,1	31,5±0,1*	5,4±0,1*	1,3±0,03*

\* – достоверность различий по сравнению с показателями особей р. Березовка, окрестности г. Красноярска,  $p < 0,05$

В популяциях зернистого слоя у амфибий из групп 1 (58%) и 4 (57,6%) преобладали нейроны с центральным расположением ядрышек. Смещенные к периферии ядрышки наблюдались в данном слое среди КЗ зернистого слоя мозжечка у особей из трех биотопов: группа 2 – 63%; 3 – 55,8; 5 – 64,2% .

### Выводы

Проведенный анализ количественных параметров на уровне клеток, их компонентов и клеточных популяций слоев мозжечка остромордой лягушки свидетельствует о разнонаправленном характере включения и протекания компенсаторно-приспособительных процессов, направленных на восстановление и поддержание нарушенного гомеостаза интегративной системой в меняющихся условиях конкретного биотопа обитания вида.

Наличие в нейрональных популяциях звездчатых клеток с нетипичным по размерам и набухшим ядром; появление в популяции клеток Пуркине светлых – гипохромных нейронов, в которых активно используются и выводятся за ее пределы рибонуклеопротеидные комплексы; снижение плотности распределения нейронов и пролиферативной активности глиоцитов указывают на наличие в среде обитания изученного вида неблагоприятных факторов, ведущих к включению крайних вариантов компенсации, находящихся на границе нормы, что, вероятно, может прогнозировать неблагоприятный исход, связанный с нарастанием в образованиях ЦНС деструктивных процессов.

Сохранение и поддержание в изученных популяциях нормохромных клеток, появление темных – гиперхромных нейронов, накапливающих тигроид, повышение показателей плотности распределения клеток в изученных слоях, усиление пролиферативной активности в глиальном окружении, нарастание в зернистом слое клеток-зерен со светлыми ядрами можно рассценивать как вариант позитивной переадаптации, дающей возможность ихтиопсидному типу мозга конкретного вида амфибий, преодолевать испытываемые воздействия и поддерживать жизнеспособность в меняющихся условиях обитания.

Выявленную вариабельность морфометрических характеристик нейроглиальных популяций мозжечка остромордой лягушки можно рассматривать как оптимальный вариант функционирования нервной системы земноводных, направленный на поддержание относительной стабильности биологической системы, обеспечивающей приспособление организма и выживание изученного вида в условиях антропогенного воздействия на урбанизированных территориях Красноярского края.

Литература

1. Банников А.Г., Даревский И.С. Определитель земноводных и пресмыкающихся. – М.: Высш. шк., 1977. – 217 с.
2. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
3. Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методики для земноводных / пер. с англ. С. М. Ляпкина. – М.: КМК, 2003. – 380 с.
4. Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР. – М.: КМК, 1999. – С. 153–154.
5. От нейрона к мозгу / Дж.Г. Николлс [и др.]; пер. с англ. П.М.Балабана [и др.]. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 672 с.
6. Орлянская Т.Я. Закономерности проявления морфоцитохимических показателей на уровне популяций функционально различных нейронов мозжечка в филогенезе позвоночных животных // Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – М.: Изд-во НИИ мозга РАМН, 2005. – С. 211–214.
7. Шиян А.А. Изменение популяционных характеристик озерной лягушки (*Rana Ridibunda* Pall.) при обитании в прудах-испарителях сахарных заводов // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №67 (03). – С. 1–10.
8. Ketali M., Breitenberg V. Atlas of the frog brain. – Berlin: Springer Verl., 1969. – 284 p.



УДК 591.524.1

В.А. Колесников, Н. Б. Бойченко

**ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РАЗНЫХ ВИДОВ РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ПРЕДЕЛАХ ОДНОЙ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

*В статье представлены данные об эколого-токсикологическом состоянии водных объектов Красноярского края, а также освещена проблема распределения и накопления токсикоэлементов в органах и тканях рыб разных видов, обитающих в одном водоеме.*

**Ключевые слова:** водная среда, гидробионты, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, медь, цинк, хром.

V.A. Kolesnikov, N.B. Boichenko

**DYNAMICS OF THE HEAVY METAL COMPOUND ACCUMULATION IN THE ORGANS AND TISSUES OF VARIOUS FISH SPECIES THAT LIVE IN THE LIMITS OF ONE WATER ECOSYSTEM**

*Data on ecological and toxicological condition of the water objects in Krasnoyarsk region are given and the issue of toxicoelement distribution and accumulation in the organs and tissues of fish of various species that live in one water reservoir is covered in the article.*

**Key words:** water environment, hydrobionts, lead, cadmium, mercury, arsenic, copper, zinc, chrome.

---

В современных условиях сформировалась геохимическая обстановка, неблагоприятная не только для человека, но и для животного и растительного мира. Среди многочисленных неорганических соединений наибольшее токсикологическое значение имеют металлы и их соединения, которые, попадая в объекты окружающей среды в результате человеческой деятельности, загрязняют атмосферный воздух, воду, почву, а следовательно, и продукты питания [3].