

МОРФОЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕЙРОН-ГЛИАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA ARVALIS*) АНТРОПОГЕНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Афанаскина Л.Н.¹, Медведева Н.Н.¹, Вершинин В.Л.²

¹ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, Красноярск, e-mail: afanln@mail.ru;

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, лаборатория функциональной экологии наземных животных, Екатеринбург, e-mail: wow@ipae.uran.ru

В статье анализируются морфоцитохимические адаптивные преобразования нейрон-глиальных популяций VI слоя крыши среднего мозга земноводных, обитающих на территории южной части Красноярского края, характеризующихся разным уровнем антропогенного воздействия. У амфибий ихтиопсидный тип головного мозга с высшим интегрирующим центром в среднем мозге. Совместно с мозжечком средний мозг обеспечивает регуляцию и координацию движений земноводных. С повышением уровня антропогенной трансформации среды выявлено наличие ряда компенсаторно-приспособительных реакций. Так, у *Rana arvalis* Pall. из популяций зоны малоэтажной застройки Березовского и Канского районов с повышенным уровнем загрязнения, в нейрон-глиальных популяциях изученных слоев мозга наблюдается увеличение линейных параметров нейронов, увеличение плотности распределения нервных клеток и глиоцитов, уменьшение числа нормохромных клеток, увеличение количества гиперхромных и гипохромных нейронов, снижение содержания в цитоплазме и ядрах нейронов общих водонерастворимых белков.

Ключевые слова: земноводные, антропогенные биотопы, средний мозг, нейроны, клеточные популяции.

MORPHOCYTOCHEMICAL INDICATORS OF NEURON-GLIAL BRAIN POPULATIONS OF MOOR FROGS (*RANA ARVALIS*) ANTROPOGENICALLY THE TERRITORIES OF THE SOUTHERN PART OF THE KRASNOYARSK REGION

Afanaskina L.N.¹, Medvedeva N.N.¹, Vershinin V. L.²

¹Krasnoyarsk State Medical University n.a. V. F. Voyno-Yasenetsky of Ministry of health of the Russian Federation, Krasnoyarsk, e-mail: afanln@mail.ru;

²Institute of Plant and Animal Ecology Russian Academy of Sciences, Laboratory of functional ecology of terrestrial animals, Ekaterinburg, e-mail: wow@ipae.uran.ru

The article analyzes morphocytochemical adaptive transform neuron-glia populations of layer VI roof of the midbrain of amphibians, inhabiting the southern part of the Krasnoyarsk region, characterized by different levels of anthropogenic impact. Amphibians ichthyopsida type of brain with the highest integrating center in the midbrain. Together with the cerebellum, the midbrain provides for the regulation and coordination of movements of amphibians. With increasing level of anthropogenic transformation of the environment revealed the presence of a number of compensatory-adaptive reactions. So, *Rana arvalis* Pall. populations from areas of low-rise buildings Berezovsky and Cannes areas with increased pollution levels in the neuron-glia populations of the studied layers of the brain there is an increase of the linear parameters of the neurons, increasing the density of the distribution of neurons and gliocytes, reducing the number of normochromic cells, the increase in the number of hyperchromic and hypochromic neurons, reduction of the cytoplasm and nuclei of neurons the total water-insoluble proteins.

Keywords: amphibians, man-made biotopes, midbrain, neurons, the cellular populations.

Взаимодействие живых организмов с факторами окружающей среды в настоящее время интенсивно изучается при анализе механизмов адаптации. Динамические перестройки на различных уровнях организации организмов способствуют приспособлению животных к урбанизированным условиям обитания [6].

Целью настоящего исследования явилось изучение адаптивных перестроек нейрон-глиальных популяций VI слоя крыши среднего мозга остромордой лягушки (*Rana arvalis*), обитающей на территории южной части Красноярского края с разным уровнем антропогенного воздействия.

Материалы и методы

Исследования проведены на остромордых лягушках (*R. arvalis*), отловленных в мае-июне 2008–2010 гг. из биотопов Красноярского края, отличающихся степенью урбанизации и уровнем загрязнения окружающей среды. Всего исследовано 37 амфибий.

Забор материала осуществлялся в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 23.08.2010 № 708н г. Москва «Об утверждении правил лабораторной практики». Изъятый мозг фиксировали по стандартной гистологической методике для нервной ткани с последующим изготовлением серийных срезов на санном микротоме «Slide 2002». Готовые срезы, толщиной 5–7 мкм, окрашивали на выявление рибонуклеопротеидных комплексов тионином по Нисслию в модификации И.В. Викторова [2] и на содержание общего белка амидочерным (АЧ 10Б) [4].

Крыша среднего мозга земноводных, *tectum opticum*, состоит из поверхностного, центрального и перивентрикулярного слоев. Последние два слоя (центральный и перивентрикулярный) объединяются в так называемое центральное серое вещество, в котором выделяют 9 слоев. В перивентрикулярный слой входят 1–6 слои крыши среднего мозга [7]. В данной работе изучены эфферентные нейроны VI (наружного зернистого) слоя крыши среднего мозга земноводных, идентичные IV слою крыши среднего мозга костных рыб. Средний мозг является высшим интегрирующим центром и обеспечивает регуляцию и координацию движений амфибий. Дифференцировку структур проводили по атласам мозга земноводных [10]. Изучены следующие характеристики клеток: площадь сечения тела (St), ядра (Sя) и цитоплазмы (Sc) клеток, плотность распределения нейронов и глиоцитов на единицу фиксированной площади (1 мм²), подсчитано число нейронов с разной степенью хроматофилии цитоплазмы: нормохромные, гипохромные и гиперхромные [5]. На препаратах, окрашенных амидочерным 10Б, с помощью микроскопа Zeiss Axioskop со встроенной видеокамерой и прилагаемым программным обеспечением, в нейронах VI слоя крыши среднего мозга количественными методами определено суммарное содержание и концентрация общих водонерастворимых белков, составляющих основу сухого веса клеточных структур [8]. Полученные результаты обработаны непараметрическим критерием Ньюмана – Кейлса. Значимыми принимали значения при $p < 0,05$. Статистические данные представлены в виде Me [25 %; 75 %].

Результаты исследования

На основании анализа Государственных докладов «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае» за 2008–2011 гг. и типизации урбанистического градиента В.Л. Вершинина [6], районы выборки амфибий подразделены на три группы: 1 – районы с низким уровнем загрязнения (Абанский район, группа 2 и 3); 2 – районы с повышенным уровнем загрязнения (Шарыповский район, группа 5); 3 – районы с высоким уровнем загрязнения (Березовский и Канский районы, группа 1 и 2). Подразделение районов на группы осуществлялось на основании данных о количестве выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, уровне загрязнения воды в водоемах, загрязнению почвы, доли интенсивно эксплуатируемых земель, платы за негативное влияние на природу по районам края и степени освоенности территории человеком [3].

Ответная реакция нейронов на патологические экзо- и эндогенные воздействия проявляется увеличением их площади, округлением сомы и ядер клеток, вздутием, укорочением отростков, поражением нейронов по типу центрального хроматолиза [9]. В нашем исследовании сопоставление средних значений площади профильного поля St клеток VI слоя крыши среднего мозга *Rana arvalis* позволило выявить в исследуемых биотопах вариабельность показателей в определенном диапазоне значений от 16,2 мкм² до 14,8 мкм². Самые крупные нейроны выявлены в VI слое у остромордой лягушки из поймы р. Берешь Шарыповского района (биотоп 5), близкие к ним показатели были в популяции лягушек 1 биотопа. Самые мелкие клетки отмечались в популяции у земноводных 4 биотопа (пруд Егоровка Абанского района). Промежуточное положение занимали показатели St нейронов *R. arvalis* из 2 биотопа (таблица 1). Наличие в популяции нейронов VI слоя *R. arvalis* разных биотопов клеток с крупными и мелкими размерами свидетельствует либо о набухании нейронов, приводящем к увеличению их St, либо уменьшению размеров вследствие истощения, дистрофии и угнетения пластического обмена под действием факторов среды.

Таблица 1

Морфологические характеристики нейронных популяций VI слоя крыши среднего мозга остромордой лягушки (*R. arvalis*)

Биотоп \ Показатель	Площадь тела, St	Площадь ядра, Sя	Площадь цитоплазмы, Sц	Структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент, сЯЦК
	Me [25%; 75%], мкм ²			
1 – р. Березовка, Березовский р-н	16,0 [14,2; 18,5]	9,3 [8,1; 11,3]	6,5 [5,8; 7,4]	1,4 [1,3; 1,6]
2 – искусственный пруд Канский р-н	15,5 [13,6; 17,3]	9,6 [8,4; 11,0]	5,8 [5,3; 6,5]	1,6 [1,5; 1,8]
	p = 0,15	p = 0,82	p = 0,0001	p = 0,0001
3 – пруд Татанщик Абанский р-н	14,9 [12,9; 17,0]	9,2 [7,9; 10,4]	5,6 [5,0; 6,5]	1,6 [1,4; 1,8]
	p _{3,1} = 0,97 p _{3,2} = 0,15	p _{3,1} = 0,24 p _{3,2} = 0,32	p _{3,1} = 0,01 p _{3,2} = 0,042	p _{3,1} = 0,0001 p _{3,2} = 0,5

4 – пруд Егоровка Абанский р-н	14,8 [12,2; 17,2]	9,2 [7,2; 10,8]	5,8 [5,1; 6,5]	1,6 [1,4; 1,7]
	p _{4,1} = 0,0002	p _{4,1} = 0,01	p _{4,1} = 0,0001	p _{4,1} = 0,034
	p _{4,2} = 0,008	p _{4,2} = 0,0029	p _{4,2} = 0,15	p _{4,2} = 0,0016
	p _{4,3} = 0,0002	p _{4,3} = 0,0003	p _{4,3} = 0,001	p _{4,3} = 0,02
5 – пойма р. Берешь Шарыповский р-н	16,2 [13,4; 18,8]	9,8 [8,2; 12,5]	6,0 [5,1; 6,7]	1,7 [1,5; 2,0]
	p _{5,1} = 0,75	p _{5,1} = 0,19	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,0001
	p _{5,2} = 0,3	p _{5,2} = 0,2	p _{5,2} = 0,71	p _{5,2} = 0,067
	p _{5,3} = 0,75	p _{5,3} = 0,8	p _{5,3} = 0,1	p _{5,3} = 0,03
	p _{5,4} = 0,0007	p _{5,4} = 0,0002	p _{5,4} = 0,072	p _{5,4} = 0,0001

Примечание: значимость различий по сравнению с показателями особей биотопа 1 – 5 (критерий Ньюмана – Кейлса)

У особей во всех изученных биотопах площадь ядра превышала значения цитоплазмы, поэтому с ЯЦК имел значения больше единицы. У земноводных биотопов 3 и 4 ядра нейронов меньше, чем в клетках лягушек 1, 2, 5 биотопов. Вариабельность линейных параметров (St, Sc и Sя) нейронов у *R. arvalis* исследуемых биотопов связана с реактивностью клеток, направленной на адаптацию функционирования и поддержания постоянства внутренней среды у лягушек, обитающих на территории с повышенным и высоким уровнем загрязнения среды (таблица 1).

Вещество Ниссля в нервных клетках является наилучшим индикатором для оценки их функционального состояния при воздействии факторов среды. В популяциях VI слоя во всех биотопах у *R. arvalis* преобладали нормохромные клетки. Значения показателя варьировали в близких пределах: от 58,6 до 68,7. В наших исследованиях, как и работах других авторов [9], достоверно доказано, что при действии неблагоприятных факторов уменьшается число нормохромных клеток и увеличивается число гипо- и гиперхромных нейронов (таблица 2).

Таблица 2

Соотношение клеток VI слоя крыши среднего мозга остромордой лягушки (*Rana arvalis*) по оценке базофильной субстанции

Биотоп	Показатель	Нормохромные	Гипохромные	Гиперхромные
		Me [25 %; 75 %], %		
1 – р. Березовка, Березовский р-н		58,6 [55,0; 68,0]	10,5 [8,6; 13,6]	23,5 [18,2; 27,8]
2 – искусственный пруд Канский р-н		58,8 [52,4; 65,0]	11,1 [8,3; 14,3]	26,8 [21,7; 33,3]
		p = 0,0001	p = 0,0001	p = 0,0001
3 – пруд Татанцик Абанский р-н		68,7 [62,5; 76,2]	15,4 [11,1; 19,3]	20,0 [16,1; 23,3]
		p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,001
		p _{3,2} = 0,016	p _{3,2} = 0,0001	p _{3,2} = 0,0001
4 – пруд Егоровка Абанский р-н		66,7 [57,7; 73,1]	15,5 [12,0; 20,0]	23,3 [16,7; 26,3]
		p _{4,1} = 0,0002	p _{4,1} = 0,0001	p _{4,1} = 0,41
		p _{4,2} = 0,0005	p _{4,2} = 0,0001	p _{4,2} = 0,0001
		p _{4,3} = 0,06	p _{4,3} = 0,7	p _{4,3} = 0,006
5 – пойма р. Берешь		61,1 [56,0; 67,7]	14,3 [11,1; 20,0]	23,3 [18,2; 28,6]

Шарыповский р-н	$p_{5,1} = 0,69$ $p_{5,2} = 0,0001$ $p_{5,3} = 0,0001$ $p_{5,4} = 0,0005$	$p_{5,1} = 0,98$ $p_{5,2} = 0,0001$ $p_{5,3} = 0,0001$ $p_{5,4} = 0,0001$	$p_{5,1} = 0,8$ $p_{5,2} = 0,0001$ $p_{5,3} = 0,002$ $p_{5,4} = 0,41$
-----------------	--	--	--

Примечание: значимость различий по сравнению с показателями особей биотопа 1–5 (критерий Ньюмана – Кейлса).

В биотопах 1, 2 в клетках VI слоя наблюдается незначительное нарастание в популяции гиперхромных клеток, накапливающих рибонуклеопротеидные комплексы, что указывает на интенсификацию адаптационных механизмов и создание запаса белкового фонда в клетке. Появление в небольшом соотношении гипохромных, активно работающих нейронов, указывает на активацию клеточных популяций и интенсивное функционирование под воздействием негативных факторов среды. Полученное соотношение нейронов по количеству хроматофильного вещества свидетельствует об адаптации клеток к внешним воздействиям, и переходе их из нормохромного состояния в гипо- или гиперхромное.

Плотность распределения нейронов в исследуемом слое у особей различных биотопов существенно варьирует от минимального значения – 5403,2 (биотоп 3 с низким уровнем загрязнения) до максимальной плотности – 8589,7 (биотоп 1 с высоким уровнем загрязнения). Показатели плотности нейронов находятся в диапазоне значений: $8589,7 > 7943,2 > 7204,3 > 5911,2 > 5403,2$.

Таблица 3

Показатели плотности нейронов и глиоцитов VI слоя крыши среднего мозга остромордой лягушки (*R. arvalis*) на фиксированной площади (1 мм²)

Биотоп \ Показатель	Плотность нейронов	Плотность глиисвоб.	Плотность глиисат.	Глио-нейрональный индекс, ГНИ	
				ГНИ своб.	ГНИ сат.
Me [25%; 75%], абс. число					
1 – р. Березовка, Березовский р-н	8589,7 [7758,5; 9975,2]	4433,4 [3602,1; 4987,6]	2863,2 [2493,8; 3325,1]	0,5 [0,4; 0,6]	0,3 [0,3; 0,4]
2 – искусственный пруд Канский р-н	7943,2 [7019,6; 9421,0] $p = 0,005$	4064,0 [3325,1; 4710,5] $p = 0,084$	2689,6 [2216,7; 2955,6] $p = 0,0005$	0,5 [0,4; 0,6] $p = 0,6$	0,3 [0,3; 0,4] $p = 0,07$
3 – пруд ТатанщикАбанский р-н	5403,2 [4710,5; 6095,9] $p_{3,1} = 0,0001$ $p_{3,2} = 0,0001$	2586,2 [2216,7; 3140,3] $p_{3,1} = 0,0001$ $p_{3,2} = 0,0001$	1662,5 [1385,4; 2216,7] $p_{3,1} = 0,0001$ $p_{3,2} = 0,0001$	0,5 [0,4; 0,6] $p_{3,1} = 0,83$ $p_{3,2} = 0,8$	0,3 [0,3; 0,4] $p_{3,1} = 0,18$ $p_{3,2} = 0,94$
4 – пруд ЕгоровкаАбанский р-н	5911,2 [5541,8; 6650,1] $p_{4,1} = 0,0001$ $p_{4,2} = 0,0001$ $p_{4,3} = 0,0001$	3325,1 [2770,9; 4156,3] $p_{4,1} = 0,0001$ $p_{4,2} = 0,0001$ $p_{4,3} = 0,0001$	2216,7 [1847,3; 2493,8] $p_{4,1} = 0,0001$ $p_{4,2} = 0,0001$ $p_{4,3} = 0,0001$	0,6 [0,5; 0,7] $p_{4,1} = 0,0001$ $p_{4,2} = 0,0001$ $p_{4,3} = 0,0001$	0,4 [0,3; 0,4] $p_{4,1} = 0,002$ $p_{4,2} = 0,0001$ $p_{4,3} = 0,0001$
5 – пойма р. Берешь	7204,3	3463,6	2432,3	0,5 [0,4; 0,6]	0,3 [0,3; 0,4]

Шарыповский р-н	[6373,0; 7758,5]	[2493,8; 4433,4]	[2216,7; 2798,0]		
	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,37	p _{5,1} = 0,48
	p _{5,2} = 0,0001	p _{5,2} = 0,0003	p _{5,2} = 0,001	p _{5,2} = 0,62	p _{5,2} = 0,29
	p _{5,3} = 0,0001	p _{5,3} = 0,0001	p _{5,3} = 0,0001	p _{5,3} = 0,62	p _{5,3} = 0,56
	p _{5,4} = 0,0001	p _{5,4} = 0,82	p _{5,4} = 0,36	p _{5,4} = 0,0001	p _{5,4} = 0,0003

Примечание: значимость различий по сравнению с показателями особей биотопа 1 – 5 (критерий Ньюмана – Кейлса).

При изменении условий среды и воздействии антропогенных факторов наблюдаются комплексные перестройки нервной системы на уровне реактивных структурных, функциональных, метаболических и количественных преобразований нейронов и глиального окружения. Увеличивается пролиферация и миграционная активность глиоцитов, количество перинеурональных сателлитов [1]. В нашей работе наибольшие показатели плотности распределения свободных и сателлитных глиоцитов в VI слое у *R. arvalis* исследуемых биотопов наблюдаются у животных 1 биотопа из р. Березовка, Березовского района (таблица 3). Минимальные значения плотности глиоцитов у лягушек биотопа 3 из пруда Татанщик Абанского района. Полученные соотношения нейронов, перинеурональной и свободной глии свидетельствуют об увеличении пролиферативной и миграционной активности глии при повышении уровня загрязнения биотопов. Такие динамические перестройки направлены на поддержание стабильности функционирования нервной системы.

Одним из показателей функциональной активности нервных клеток является состояние белкового фонда. В наших исследованиях концентрация и содержание общих водонерастворимых белков в нейронах VI слоя крыши среднего мозга связаны с уровнем загрязнения водоемов. С повышением уровня загрязнения практически во всех слоях в цитоплазме и ядрах нейронов наблюдалось достоверное повышение концентрации и содержания общих водонерастворимых белков. В нейронах VI слоя крыши среднего мозга средние значения концентрации белков в цитоплазме во всех биотопах практически идентичны и превышают значения концентрации белков в ядре. У остромордой лягушки 2, 3, 5 биотопов средние значения концентрации белков в цитоплазме нейронов превышают значения в ядре в 1,7 раз. Меньшие показатели Ся были у особей биотопа 4 (1,3 раза), а наибольшие (2,5 раза) у *R. arvalis* из р. Березовка, Березовского района (таблица 4).

Таблица 4

Состояние фонда общих водонерастворимых белков в нейронных популяциях VI слоя крыши среднего мозга остромордой лягушки (*R. arvalis*)

Биотоп \ Показатель	Концентрация белков		Регуляторный ЯЦК, рЯЦК	Содержание белков		Функциональный ЯЦК, фЯЦК
	в цитоплазме, Сц	в ядре, Ся		в цитоплазме, Мц	в ядре, Мя	
	Ме [25%; 75%], пкг/мкм ²					
1 – р. Березовка, Березовский р-н	0,5 [0,4; 0,5]	0,2 [0,1; 0,2]	0,4 [0,2; 0,5]	2,7 [2,4; 3,2]	1,5 [1,1; 2,2]	0,6 [0,4; 0,8]
2 – искусственный пруд Канский р-н	0,5 [0,4; 0,5]	0,3 [0,2; 0,4]	0,7 [0,6; 0,8]	2,8 [2,3; 3,1]	2,3 [1,9; 3,0]	0,6 [0,4; 0,9]
	p = 0,32	p = 0,0001	p = 0,0001	p = 0,0003	p = 0,0001	p = 0,0001
3 – пруд ТатанщикАбанский р-н	0,5 [0,5; 0,5]	0,3 [0,3; 0,4]	0,6 [0,5; 0,7]	3,5 [2,7; 3,9]	2,9 [2,1; 3,7]	0,9 [0,7; 1,0]
	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001	p _{3,1} = 0,0001
	p _{3,2} = 0,0001	p _{3,2} = 0,21	p _{3,2} = 0,0001	p _{3,2} = 0,004	p _{3,2} = 0,0001	p _{3,2} = 0,0001
4 – пруд ЕгоровкаАбанский р-н	0,5 [0,5; 0,6]	0,4 [0,3; 0,4]	0,7 [0,6; 0,8]	3,1 [2,7; 3,6]	3,5 [2,9; 4,5]	1,1 [1,0; 1,4]
	p _{4,1} = 0,006	p _{4,1} = 0,001	p _{4,1} = 0,0001	p _{4,1} = 0,0001	p _{4,1} = 0,0001	p _{4,1} = 0,0001
	p _{4,2} = 0,0005	p _{4,2} = 0,0002	p _{4,2} = 0,27	p _{4,2} = 0,0003	p _{4,2} = 0,0001	p _{4,2} = 0,004
	p _{4,3} = 0,16	p _{4,3} = 0,0001	p _{4,3} = 0,0001	p _{4,3} = 0,21	p _{4,3} = 0,0001	p _{4,3} = 0,0001
5 – пойма р. Берешь Шарыповский р-н	0,5 [0,5; 0,6]	0,3 [0,3; 0,3]	0,6 [0,4; 0,7]	3,0 [2,6; 4,0]	3,0 [2,6; 3,4]	0,9 [0,8; 1,2]
	p _{5,1} = 0,002	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,017	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,0001	p _{5,1} = 0,0001
	p _{5,2} = 0,0002	p _{5,2} = 0,0001	p _{5,2} = 0,0001	p _{5,2} = 0,44	p _{5,2} = 0,001	p _{5,2} = 0,0001
	p _{5,3} = 0,27	p _{5,3} = 0,0001	p _{5,3} = 0,0001	p _{5,3} = 0,39	p _{5,3} = 0,22	p _{5,3} = 0,18
	p _{5,4} = 0,0001	p _{5,4} = 0,002	p _{5,4} = 0,003	p _{5,4} = 0,03	p _{5,4} = 0,05	p _{5,4} = 0,6

Примечание: значимость различий по сравнению с показателями особей биотопа 1 – 5 (критерий Ньюмана – Кейлса).

Значения рЯЦК у особей всех биотопов варьируют в пределах от 0,4 до 0,7, что обусловлено преобладанием концентрации плотных веществ в цитоплазме над таковыми в ядре, при более высоких линейных параметрах последних. Полученные данные также свидетельствуют о снижении интенсивности биосинтеза белка в ядрах клеток и пластического обмена в нейронах в целом. Содержание общих водонерастворимых белков в цитоплазме (Мц) превышает содержание белков в ядре (Мя) у животных из 3 и 2 биотопов в 1,2 раза, а у особей биотопа 1 в 1,8 раз. У лягушек 4 и 5 биотопа Мя и Мц имели близкие значения. Высокие показатели содержания белков в цитоплазме и ядрах клеток свидетельствуют о повышенной функциональной активности нейронов VI слоя у *R. arvalis* 1, 2 и 5 биотопов, и преобладаем процессов биосинтеза белков. Высокие значения фЯЦК (0,6 - 1,2) у особей всех биотопов связаны с превышением содержания белков в цитоплазме нейронов по сравнению с ядром (таблица 4).

Заключение

Для остромордых лягушек из Абанского района (биотопы 3, 4 – с низким уровнем загрязнения) характерно наличие нейронов с типичной организацией, повышение количества гиперхромных клеток (на 25,4 %), находящихся в состоянии покоя и накапливающих тигроид, умеренная плотность распределения нейронов и пролиферативная активность глиоцитов, снижение показателей концентрации (на 20–23 %) и содержания (на 23–50 %)

общих водонерастворимых белков. Данные показатели расцениваются как позитивные переадаптации нейроморфологических характеристик нейронов, отражающие обитание амфибий в благоприятных условиях.

Полученные морфоцитохимические данные свидетельствуют о наличии адаптационных перестроек на уровне клеточных популяций нейронов VI слоя крыши среднего мозга амфибий в ответ на негативное воздействие факторов среды. В районах с высоким (Канском и Березовском – биотопы 1, 2) и повышенным (Шарыповском – биотоп 5) уровнем загрязнения у *R. arvalis* наблюдается увеличение линейных параметров клеток, повышение числа гипохромных нейронов (на 26–32 %), увеличение плотности распределения нейроцитов (на 25–37 %), усиление пролиферативной активности свободных (на 25–42 %) и сателлитных (на 32–42 %) глиоцитов, снижение концентрации и содержания белков в клетках. Данные морфоцитохимические перестройки нейрон-глиальных популяций указывают на наличие в среде обитания у *R. arvalis* неблагоприятных факторов, ведущих к включению компенсаторных механизмов, находящихся на границе нормы, и нарастанием деструктивных процессов. Пластичность нейроморфологических характеристик нейронов позволяет амфибиям адаптироваться к воздействиям среды и поддерживать жизнеспособность в трансформированных биотопах.

Список литературы

1. Алексеева Н.Т., Глухов А.А., Семенов С.Н., Фетисов С.О. Реакция глиального окружения нейронов спинномозгового ганглия на глубокую рану кожи и стимуляцию её заживления тромбоцитарным концентратом // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – № 7. – С. 43–44.
2. Викторов И. В. Окраска нервной ткани забуференным раствором кризилового фиолетового прочного. Современные методы морфологических исследований мозга. – М.: Изд. Ин-та мозга, 1969. – С. 5–7.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 год» / М-во природ. ресурсов и лесн. комплекса адм. Краснояр. края, Енисейс. упр. Федерал. службы по экол., технол. и атом. надзору, Упр. Федерал. службы по надзору в сфере природопользования по Краснояр. краю ; [общ. рук. Д. В. Варфоломеев ; науч. рук.: И. В. Варфоломеев, Ю. М. Мальцев]. – Красноярск, 2008. – 266 с.
4. Луппа Х. Основы гистохимии / Пер. с нем. – М.: Мир, 1980. – 343 с.
5. Лютикова Т. М., Яценко А. Д. Морфометрические и цитохимические особенности мотонейронов медиальных ядер спинного мозга диких грызунов // Фундаментальные науки –

практика: Материалы III межрегиональной заочной науч.-практ. конф. – Ижевск, 2011. – С. 44-47.

6. Неустроева Н. С., Вершинин В. Л. Скелетные отклонения сеголеток бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестник ОГУ. – 2011. – № 4. – С.85-90.

7. Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Анатомия лягушки: практ. пособие для биол., медиц. и с.-х. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1994. – 320 с.

8. Савоненко А.В. Экспериментальное изучение психического влечения к алкоголю у крыс линии Вистар и некоторые цитохимические корреляты этого состояния: дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1994. – 155 с.

9. Федоров В.П., Гундарова О.П., Сгибнева Н.В., Маслов Н.В. Радиационно-индуцированные и возрастные изменения нейронов мозжечка // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – № 4. – С. 12-18.

10. Kemali M., Breitenberg V. Atlas of the forg brain. – Berlin: Springer Verl., 1969. – 284 p.