

Э. З. ГАТИЯТУЛЛИНА, Е. Л. ЩУПАК

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА

Согласно исследованиям отечественных авторов (Любашевский и др., 1985), вокруг предприятий цветной металлургии на Урале и в Сибири образуются обширные зоны площадью до 1000 км² и более с повышенным содержанием химических соединений поступающих в окружающую среду с промышленными выбросами. Среди техногенных поллютантов самые токсические - фтор и сернистый ангидрид. Хроническое избыточное поступление фтора и сернистого газа в организмы растений и животных в этих зонах влечет за собой цепь последствий в фито- и зооценозах. В названной работе кратко приведены примеры изменения количества видов позвоночных животных (мелких млекопитающих и амфибий) на загрязняемых фтором территориях.

Цель нашей работы — оценить содержание техногенного фтора в организме амфибий, возможное влияние фтористых и сернистых соединений на рост и развитие особей, пути биогенной трансформации фтора в основных трофодинамических путях.

Материал и методика

Амфибии, в частности остромордая лягушка — «обобщенный» объект исследования подвергаемых загрязнению экосистем, так как их жизненный цикл проходит в водной и наземной средах.

В качестве основных критериев влияния загрязнения в природных условиях использовали показатель смертности яиц и личинок остромордой лягушки, постэмбриональную скорость роста и развития, изменение пигментации, морфологические уродства, изменение цитологических показателей. Цитологическая методика используемая нами, описана ранее (Гатиятуллина, 1975). Стадии развития лягушек определяли по таблицам Дабагына и Слепцовой (1975).

Результаты и обсуждение

Исследование амфибий провели в 1988 г. в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината на Южном Урале. Прилегающая к комбинату территория на юго-востоке в направлении господствующих ветров превратилась в

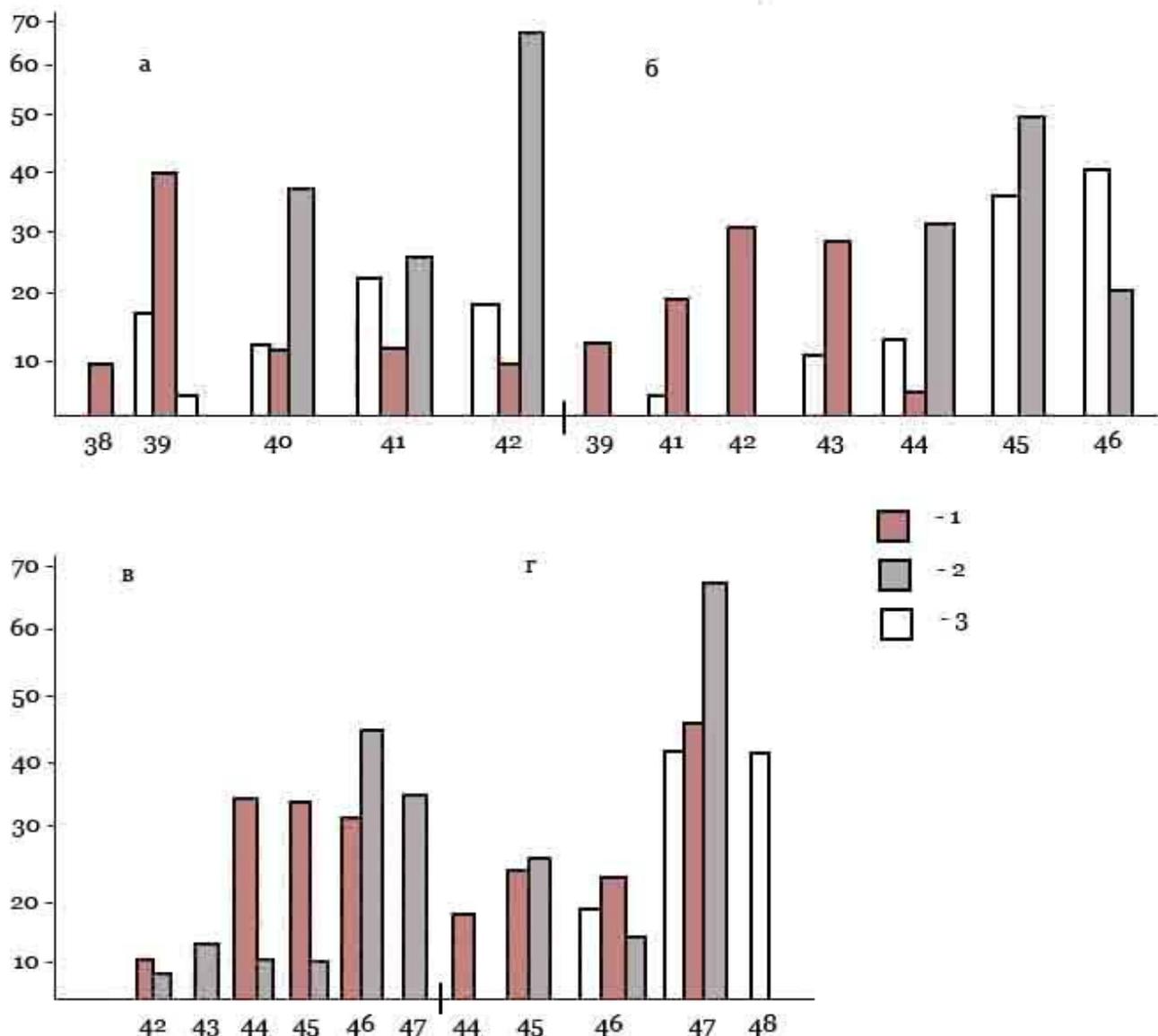


Рис. 1. Соотношение стадий развития личинок остромордой лягушки в отдельных выборках из водоемов в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината в 1988 г. 38 - 48 - стадии развития; а - 1 июня, б - 7, в - 12, г - 15 июня; здесь и на рис. 2: 1 - 3 - водоемы: 1 - в окрестностях КМК, 2 - в 6 км, 3 - в 15 км от пригорода

безжизненную пустыню. На южной окраине города в 3 км от источника эмиссии в водоеме (площадью 900 м²) зеленой зоны подсчитали 150 кладок икры остромордой лягушки общей численностью около 110 тыс. яиц (водоем 1). Для контроля использовали водоемы в 6 и 15 км южнее города (водоемы 2 и 3), в которых обнаружили 71 кладку (64 тыс. икринок) и 16 (около 27 тыс. икринок) соответственно.

Размножение лягушек в трех обследованных нами водоемах началось практически одновременно — 23 апреля. Эмбриональное развитие продолжалось две недели. Эмбриональная смертность незначительна. Отмечено снижение скорости роста головастиков в водоеме 2 (рис. 1,2). Это могло быть связано с относительно более высокой численностью хищников. В конце личиночного периода численность головастиков была в водоеме 1 – 12 500, или 1,4 % от общего количества отложенных икринок; в водоеме 2 – около 1000, или 1,6%; в водоеме 3 – около 1600 головастиков, т.е. почти 10% от общего количества отложенных лягушками яиц.

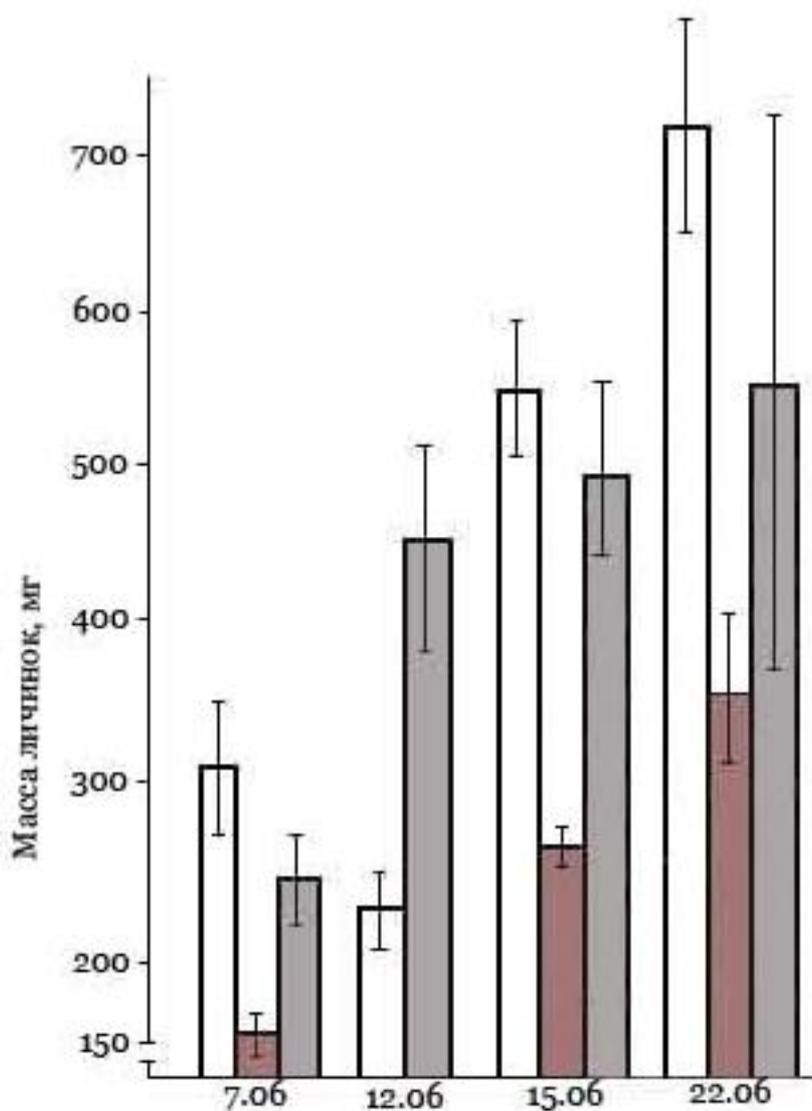


Рис. 2 Рост личинок остромордой лягушки в окрестностях медеплавильного комбината в 1988 г.

Выход сеголеток на сушу в этих водоемах начался одновременно – 23 июня. Доля сеголеток с аномалиями развития и заболеваниями невелика: 1,6 и 1,4% в первых водоемах соответственно, в водоеме 3 она значительно ниже – 0,2%.

Результаты изучения митотической активности (МА) и размеров клеток (РК) у личинок остромордой лягушки исследуемых водоемов приведены в табл. 1.

Для сравнения привлечены результаты исследования амфибий отловленных в окрестностях криолитового завода в г. Полевском Свердловской области. Данные получены в 1983 г. Наблюдения за ростом

и развитием остромордой лягушки и сбор особей проводили в водоемах: 4 — в заводском пруду, расположенном в непосредственной близости от криолитового завода, и 5 — в 6 км от источника фтора по розе ветров. По таким жизненно важным показателям, как температурный режим, освещенность, кормность, эти водоемы практически идентичны.

Икрометание началось 28 апреля и продолжалось до 4 мая. Продолжительность эмбриогенеза составила здесь 10—14 дней. Эмбриональная смертность минимальна по сравнению с эмбриональной смертностью в изученных нами популяциях этого вида.

Темпы роста и развития личинок в сравниваемых водоемах различались (рис. 3). В водоеме 4 отмечено торможение развития на протяжении всего личиночного периода. Скорость роста менялась скачкообразно: была ниже в первой половине и резко повышалась к концу личиночного периода. Изменений в окраске личинок и случаев морфологических изменений (уродств) не обнаружено. Результаты цитологического анализа личинок и за вершивших метаморфоз сеголеток

остромордой лягушки, отловленных в окрестностях криолитового завода, приведены в таблицах 2 и 3.

Во всех пяти обследованных микропопуляциях отмечена общая закономерность изменения МА в процессе развития личинок: среди дифференцированных головастиков по скорости роста и развития быстро развивающиеся личинки имели, как правило, более высокую МА. Явление торможения роста и развития, наблюдавшееся у личинок в первой половине периода в водоеме 4 (заводском пруду), на клеточном уровне проявилось в относительно более крупных средних величинах клеток. Основываясь на литературных данных о связи метаболизма тканей животных с размерами составляющих их клеток (Коржуев, 1964; Smith, 1925; Vernberg, 1955a, б; Goniakowska, 1970), можно полагать, что крупные клетки эпителия роговицы этой

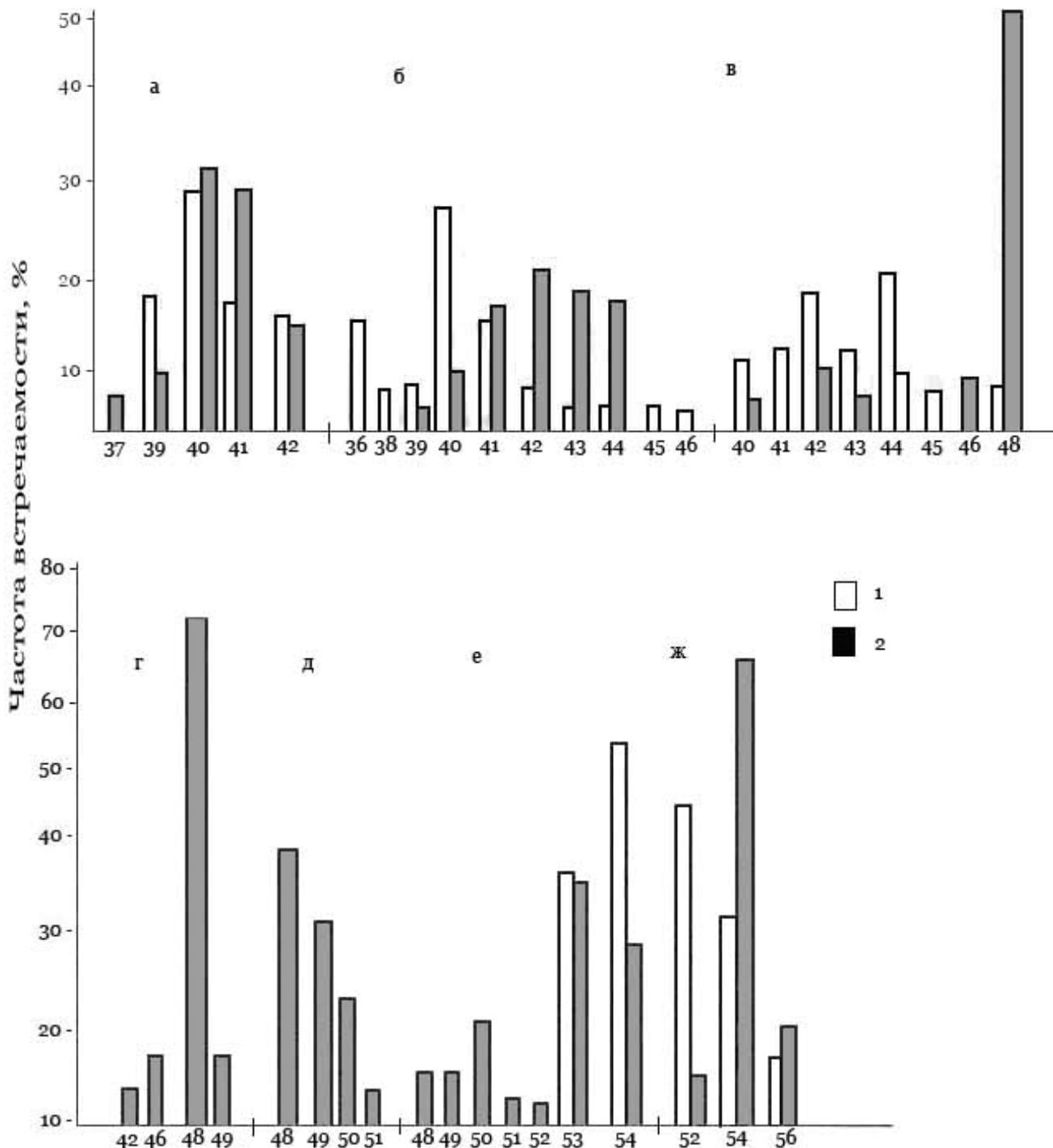


Рис. 3. Соотношение стадии развития личинок остромордой лягушки в отдельных выборках из водоемов окрестностях криолитового завода в 1983 г.

37 - 54 - стадии развития: а - 7 июня, б - 14, в - 19, г - 26 июня, д - 1 июля, е - 5, ж - 9 июля;
1 - водоем 4 (заводской пруд) вблизи криолитового завода, 2 - водоем 5 - в 6 км от завода.

группы личинок на ранних стадиях свидетельствуют об относительно низком уровне обмена животных. Крупные размеры клеток и небольшое их количество (малоклеточность ткани), по мнению ряда авторов (Kucias, 1970; Nitecky, Szarski, 1972), способствуют экономии энергии для метаболизма собственно клеток и высвобождению ее для клеточного деления и дифференцировки. Таким образом, оценку результатов изменения интенсивности клеточного деления при воздействии химических загрязнителей следует проводить, сопоставляя, одновозрастных личинок на идентичных стадиях развития.

Таблица 1

Митотическая активность и размеры клеток эпителия роговицы личинок остромордой лягушки в окрестностях КМК

№ водоема	Дата отлова, 1988 г.	Стадии развития	Масса тела, мг	n	Митотическая активность	Размеры клеток
1	30.05	40	68,8	4	6,2	14,9
		40	90	7	8,7	19,1
		41	112,8	6	8,3	21,4
	9.06	45	284,4	9	7,7	21,6
		46	425,6	9	8	21,5
		47	546,1	8	13,4	24,9
	15.06	48	651,8	6	4,8	23,1
2	1.06	40	54	5	6,4	16,2
		41	67,6	5	8,4	18,1
	7.06	44	140	6	2,5	20,6
		45	214,6	5	7,2	21,7
	13.06	46	296,9	7	12,9	21
		47	429,4	5	2	32,6
3	31.05	42	82,8	3	5,3	23,9
	7.06	44	201,5	6	9,5	19,4
		45	300,8	8	6,1	22,4
		46	458,6	7	3,7	22,1
	13.06	47	685,8	9	5,6	25,9
		47	647,7	7	3,9	29,7
	16.06	47	647,7	7	3,9	29,7
22.06	47	365,5	2	8,5	24,2	
		49	676,7	3	16	32,2

Результаты, представленные в таблицах 1—3, показывают, что в процессе метаморфоза личинок происходило постепенное уменьшение размеров клеток эпителия. К концу метаморфоза величина их уменьшилась в 2—2,5 раза. Одновременно возрастала интенсивность клеточного деления. Полученные результаты согласуются с данными опытов, в которых было показано, что интенсивность клеточного размножения в эпителии роговицы, кожи и двенадцатиперстной кишки у личинок чернопятнистой лягушки (*Rana nigromaculata*) нарастала с началом метаморфоза, параллельно изменениям функциональной активности щитовидной железы (Алов, 1964). Рост и деление клеток — сопряженные физиологические процессы. Из табл. 1 видно, что МА и размеры клеток у личинок на

последовательных стадиях развития вблизи медеплавильного комбината и в контрольных зонах статически не различались.

Таблица 2

Митотическая активность и размеры клеток эпителия роговицы личинок остромордой лягушки в водоеме 4 вблизи криолитового завода

Дата отлова, 1988 г.	Стадии развития	Масса тела, мг	Митотическая активность	Размеры клеток	n
		M ±m	M ±m	M ±m	
7.06	40	30,1±3,6	15,4±4,4	148,7±8,4	8
	41	38,0±10,9	28,2±13,7	137,1±13,1	5
14.06	40	50,7±2,8	13,2±3,0	125,3±13,1	11
	41	78,0±7,1	17,7±4,2	118,1±8,5	9
19.06	42	104,1±13,6	18,9±4,0	107,3±14,7	8
	43	119,2±12,2	18,4±6,2	116,1±14,0	5
	44	127,9±8,9	24,4±5,0	98,5±3,8	8
5.07	52	426,2±24,4	19,8±3,5	51,1±1,8	12
	54	377,5±19,5	21,7±4,9	58,4±1,5	16
9.07	52	595,1±22,1	29,4±2,9	Нет свед.	26
	54	525,3±11,2	31,5±2,7	56,2±4,5	22
13.07	54	517,8±16,5	20,6±3,1	67,3±4,4	20

Таблица 3

Митотическая активность и размеры клеток эпителия роговицы личинок остромордой лягушки в водоеме 5 и 6 вблизи криолитового завода

Дата отлова, 1988 г.	Стадии развития	Масса тела, мг	Митотическая активность	Размеры клеток	n
		M ±m	M ±m	M ±m	
7.06	40	45,1±2,4	11,7±1,5	128,0±12,5	16
	41	63,2±4,8	15,2±2,6	128,7±17,7	15
14.06	41	76,2±8,2	15,4±1,9	123,3±11,2	9
	42	105,9±12,1	19,3±3,0	122,7±10,2	12
	43	123,9±8,8	18,6±1,6	104,0±6,0	10
	44	141,1±6,5	22,5±3,6	109,5±7,7	10
19.06	42	131,4±23,0	11,6±5,8	101,6±10,0	5
	46	327,1±10,9	18,5±1,6	83,6±1,9	35
25.06	46	461,2±18,0	24,2±2,7	67,2±2,3	39
1.07	46	477,2±26,7	23,6±4,4	59,4±1,8	11
	49	552,1±22,5	18,4±3,4	57,5±2,8	9
	50	617,2±48,3	18,6±6,2	57,1±4,6	5
5.07	50	466,6±17,3	20,1±2,9	70,0±2,3	8
	52	294,4±10,9	39,8±4,9	60,0±1,4	18
	54	310,5±10,2	34,1±4,6	65,3±7,4	15
9.07	54	339,1±13,4	33,3±3,6	61,3±2,1	23

Таблица 4

Митотическая активность и размеры клеток эпителия роговицы сеголеток остромордой лягушки в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината

№ водоема	Период развития	Дата отлова, 1988 г	n	Масса тела, мг	Индекс печени, %0	МА	ПРК*	
				М ±m	М ±m	М ±m	М ±m	
1	А	25.06	28	375,1±8,4	Нет свед.	22,9±2,3	29,3	
		27.06	30	394,0±10,6	-	16,4±1,6	30,7	
		29.06	26	378,5±1,3	35,7±1,9	24,7±4,0	30,5	
2	Б	6.07	28	351,4±12,8	27,1±1,1	17,5±1,8	37,2	
		А	25.06	30	284,1±10,1	Нет свед.	18,61±2,7	30
			29.06	29	260,5±11,3	30,4±1,6	17,0±1,3	32,9
3	Б	8.07	25	382,8±11,6	23,6±1,4	18,0±2,0	33,2	
		А	27.06	30	483,1±19,6	Нет свед.	22,6±2,3	34,2
			29.06	24	398,3±15,1	48,8±2,1	28,5±2,0	34,6
	Б	9.07	30	497,9±23,3	27,1±1,7	23,5±1,5	33,5	

Примечание: А – по окончании метаморфоза; Б – после роста сеголеток на суше; ПРК* – плотность расположения клеток на единице площади эпителия роговицы.

Одновозрастные головастики на идентичных стадиях развития в водоемах вблизи криолитового завода (см. табл. 2) и в 6 км от источника эмиссии (см. табл. 3) по цитологическим показателям существенно также не различались.

По окончании метаморфоза сеголетки в сравниваемых группировках в окрестностях КМК имели практически одинаковые размеры клеток (табл. 4). После роста сеголеток на суше клеточные размеры уменьшались. Изменчивость митотической активности выше, но показатели ее у сеголеток в обследованных водоемах статистически не различались. Приведенные в табл. 4 данные сопоставимы с показателями массы тела, митотической активности и размеров клеток эпителия роговицы у завершивших метаморфоз сеголеток, отловленных в пяти лесных водоемах (лесоучасток Вельский Талицкого района Свердловской обл (табл. 5).

Таблица 4

Митотическая активность и размеры клеток эпителия роговицы сеголеток остромордой лягушки развивавшихся в природных лесных водоемах

№ водоема	Масса тела, мг	Митотическая активность	Размеры клеток, мкм	n
	М ±m	М ±m	М ±m	
1	165,2±5,7	24,3±3,2	81,4±3,1	17
2	256,8±10,1	16,0±3,5	79,3±1,8	12
3	471,3±9,9	18,1±2,2	70,5±1,7	14
4	179,7±5,9	24,8±3,4	74,5±2,1	18
5	301,9±15,6	35,2±4,4	107,6±6,4	17

У группы сеголеток, отловленных в окрестностях медеплавильного комбината (см. табл. 4, водоем 1 и 2), в ана-телофаза обнаружены массивные хромосомные повреждения в виде мостов и фрагментации хромосом. Аберрации хромосом

выявлены у 10% животных в выборке из водоема 1 от 27 июня и 12% сеголеток среди отловленных 8 июля вблизи водоема 2. В природных лесных водоемах хромосомные аномалии у сеголеток остромордой лягушки ранее не наблюдали. Хотя доля абберрантных лягушек от общего количества проанализированных невелика — менее 3%, появление в популяции животных с грубыми перестройками хромосом в клетках свидетельствует о возможной мутагенной активности выбросов, загрязняющих среду их обитания. Вопрос о существовании пороговых доз и концентрации химических соединений, поступающих в окружающую среду с выбросами промышленных предприятий, до сих пор не решен (Саноцкий, Фоменко, 1979; Степанов, 1985). Вместе с тем, известна устойчивость амфибий к закислению среды (Clark, 1986; Pierce, Harvey, 1987). Они успешно размножаются и растут вблизи промышленных предприятий (например, в пруду криолитового завода), накапливая в организме огромное количество фтористых соединений.

Данные анализа концентрации фтора показали, что в личинках остромордой лягушки в 2 км от источника фтора содержится 270 мкг/г, в 15 км — всего 30 мкг/г. В тканях сеголеток в радиусе 5 км от завода содержится 37,8 - 85,3 мкг/г. В тканях взрослых лягушек под стенами завода фтора накапливаются до 680, в контроле — 35 мкг/г.

Морфофизиологические показатели: масса тела, индексы печени, размеры мозга и его отделов, приведенные в таблицах 4, 6, 7, у сравниваемых групп личинок и сеголеток статистически не различаются.

Установлено, что изменение условий среды ведет к резкому и быстрому изменению генетической структуры (Шварц, Ищенко, 1968). Изучение генетического состава завершивших метаморфоз сеголеток показало, что изменение соотношения разных генотипов в процессе выхода на сушу в водоемах идет синхронно. Практически одинаково соотношение морф после роста сеголеток на суше (табл. 8). Возможно, одна из причин наблюдаемого явления — небольшое расстояние между обследованными водоемами, перемещение взрослых лягушек и сеголеток между ними ведет к слиянию микропопуляций в единое целое. В этом случае повреждающее действие неблагоприятных факторов техногенного загрязнения в популяциях лягушек не сказывается столь сильно (Шварц, Ищенко, 1968).

Таким образом, под влиянием техногенного загрязнения среды обитания выявлено значительное повышение содержания фтора, как в водной, так и в наземной фазах жизненного цикла остромордой лягушки. Анализ морфофизиологических и цитологических показателей, связанных с ростом и развитием, не выявил существенных различий между группами особей из условно чистых и загрязненных биотопов.

Результаты наблюдений позволяют сделать заключение о толерантности изученных микропопуляций личинок и сеголеток остромордой лягушки на территориях, подверженных техногенному загрязнению.

Повышенное содержание фтора в организме лягушек связано прежде всего с аккумуляцией его из внешней среды, так как накопление фтора через пищевые цепи, в которых лягушка является консументом второго и третьего порядка, невелико. Возможная пища взрослых в этом районе (беспозвоночные, дождевые черви) содержит относительно небольшое количество фтора (Любашевский и др., 1985). В то же время, накапливая большое количество фтора в тканях, лягушки могут

Размеры мозга и его отделов у личинок остромордой лягушки в окрестностях КМК

№ водоема	Дата отлова, 1988 г.	Стадии развития	Масса тела, мг		Индекс мозга	Диаметр зрительной доли	Длина отделов мозга			n
			тела	мозга			промежуточного	переднего	обонятельного	
1	30.05	40	45,2	1,5±0,1	36,4	8,1±0,3	7,5±0,4	8,0±0,3	1,0±0,1	6
		41	73,7	1,0±0,3	14,1	12,6±0,6	10,8±0,4	12,2±0,4	1,9±0,1	9
	2.06	40	95,6	2,0±0,1	22,2	15,9±0,4	13,7±0,4	13,9±0,4	2,0±0,0	10
		41	109,4	1,6±0,1	14,6	16,2±0,7	12,3±0,6	13,2±0,5	2,0±0,1	9
	9.06	45	281,6	2,7±0,2	7,7	22,4±0,4	16,7±0,5	19,1±0,5	3,0±0,5	9
		46	425,6	3,2±0,2	10,2	23,8±0,4	19,7±1,1	20,7±0,6	3,7±0,4	9
	15.06	47	549,1	5,4±0,5	9,9	27,1±0,5	23,2±0,5	25,3±0,5	5,1±0,2	10
		48	638,8	5,9±0,5	9,2	27,4±0,5	22,6±0,4	27,3±0,6	5,9±0,2	9
2	1.06	40	56,3	1,2±0,2	20,6	10,5±0,5	9,7±0,9	11,2±0,7	2,0±0,4	6
		41	59,0	1,3±0,1	22,9	11,5±0,7	10,5±0,9	11,3±0,4	2,0±0,1	8
	7.06	44	146,5	2,6±0,1	17,9	17,9±0,5	15,3±0,5	15,5±0,5	3,0±0,3	8
		45	204,6	2,5±0,1	12,4	19,6±0,3	16,1±0,7	16,6±0,5	3,1±0,3	8
	13.06	46	332,3	3,3±0,3	10,4	22,2±0,9	19,7±0,4	19,9±0,4	3,5±0,3	10
		47	455,6	4,1±0,3	13,3	24,5±0,8	20,5±0,4	21,5±0,9	4,1±0,3	8
	16.06	46	296,7	4,0±0,3	13,7	23,3±0,6	18,3±0,6	19,6±0,7	2,7±0,2	7
		47	456,8	4,3±0,3	10,6	27,4±0,4	22,8±0,8	24,8±0,7	3,6±0,1	9
3	13.05	41	69,3	1,2±0,2	18,3	13,0±0,5	13,2±0,7	13,3±0,4	1,2±0,2	6
		42	106,3	1,6±0,2	15,0	14,0±0,6	11,6±0,6	14,3±0,4	2,3±0,3	7
	7.06	44	204,7	3,2±0,4	16,6	25,5±0,5	16,9±0,6	17,4±0,6	2,2±0,2	9
		45	296,5	4,7±0,3	16,7	27,8±0,5	16,4±0,7	18,8±0,4	2,9±0,2	10
	13.06	46	466,1	3,8±0,2	8,4	19,3±1,1	21,7±0,7	22,7±0,7	4,1±0,3	10
		47	693,7	4,7±0,4	6,9	21,3±0,4	23,3±0,8	24,2±0,6	5,1±0,2	9
	16.06	47	625,2	6,6±0,4	10,6	27,2±0,8	22,4±0,6	25,7±0,9	4,8±0,3	10
	22.06	47	341,7	6,7±0,4	19,6	24,3±0,4	23,0±3,8	21,0±1,7	4,0±0,8	3
	48	681,6	12,8±1,3	19,9	28,0±0,4	31,0±0,9	38,8±1,5	7,9±0,2	5	

Примечание: Здесь и в табл. 7. Размеры мозга и его отделов приведены в единицах окуляр-микрометра (цена деления 0,05)

Размеры мозга и его отделов у сеголеток остромордой лягушки в окрестностях КМК

№ водоема	Дата отлова, 1988 г.	Длина тела, мм	Диаметр зрительной доли	Длина отделов мозга			n
				промежуточного	переднего	обонятельного	
1	25.06	14,8±0,2	30,1±0,3	24,5±0,3	31,1±0,5	8±0,3	30
	27.06	14±0,2	28,7±0,3	22,8±0,4	29,8±0,3	7,1±0,3	30
	29.06	15,6±0,1	30±0,4	22,2±0,3	30,7±0,4	6,8±0,3	27
	6.07	16,3±0,3	30,1±0,5	21,2±0,3	31,4±0,3	7,6±0,4	30
	7.06	19,6±0,1	32,0±0,3	21,0±0,3	36,0±0,5	7,6±0,3	25
2	25.06	14±0,3	28,5±0,5	23,1±0,3	28,8±0,5	8,8±0,3	30
	29.06	13,8±0,2	29,5±0,3	22,1±0,3	29,1±0,4	7,5±0,3	30
	8.07	17,7±0,2	29,7±0,4	22±0,4	31,6±0,4	10,1±0,3	30
	10.07	16±0,3	29,8±0,3	22,8±0,4	31,8±0,6	6,4±0,4	21
3	27.06	15,8±0,3	30,5±0,3	24±0,5	29,6±0,4	9,2±0,5	30
	29.06	15,4±0,2	30,6±0,4	24,1±0,4	30,3±0,5	8,2±0,3	30
	9.07	16,3±0,4	30,5±0,4	23,6±0,3	31,6±0,5	10,8±0,4	30

Таблица 7

Частота фенотипа «*striata*» среди сеголеток остромордой лягушки в окрестностях КМК, %

Дата отлова, 1988 г.	№ водоема		
	1	2	3
По окончании метаморфоза			
24.06	614/19,7	450/24,2	Нет свед.
25.06	584/27,1	454/31,5	-
26.06	591/28,3	214/28,5	370/42,2
Среднее за весь период	1910/26,3	1395/30,8	701/44,1
После роста на суше			
7.07	1080/24,4	307/29,3	94/29,8

Примечание. В числителе – n; в знаменателе - %

передавать его дальше по цепям питания, усиливая экологический риск для экосистемы в целом.

Таким образом, можно говорить об опосредованном действии фтора на организм амфибий через неблагоприятные изменения экологических условий их существования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алов И.А. Очерки физиологии митотического деления клеток. М.: Медицина, 1964.
- Гатиятуллина Э.З. Явления гипертрофии и гиперплазии при изменении скорости роста и развития личинок амфибий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1975.
- Дабагян Н.В., Слепцова Л.А. Травяная лягушка *Rana temporaria* L. // Объекты биологии развития. М., 1975. С. 442—462.
- Коржуев П.А. Гемоглобин. Сравнительная физиология и биохимия. М.: Наука, 1964.

Любашевский Н.М., Садыков О.Ф., Попов Б.В. и др. Техногенный фтор в лесных экосистемах Урала // Биохимическая экология и медицина. Свердловск, 1985. С. 234—272.

Саночкий И.В., Фоменко В.Н. Отдаленные последствия влияния химических соединений на организм. М.: Медицина, 1979.

Степанов А.М. Обоснование системы критериев для оценки химического загрязнения биосферы // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М., 1985. С. 5—12.

Шварц С.С, Ищенко В.Г. Динамика генетического состава популяций остромордой лягушки / Бюл. МОИП. Отд. биол. 1968. Т. 73, № 3. С. 127—134.

Clark K.L. Distribution of anuran population in central Ontario relative to habitat acidity // Water, Air and Soil Pollution. 1986. V. 30, N 3—4. P. 727 – 734

Goniakowska L., The respiration of erythrocytes of some amphibians in vitro // Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Biol. 1970. V. 18, N 12. P. 793 – 797

Kucias J. Estimation of cell metabolism of aquatic animals by microscope measurement // Pol. Arch. Hydrobiol. 1970. V. 17 (30), N 1/2. P. 283 – 288

Nitecky C., Szarski H. Nucleocytoplasmic ratio of tissue cell of six bird species // Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Biol. 1972. V. 20, N 5. P. 317 – 320

Pierce B.A., Harvey J.M. Geographic variation in acid tolerance of Connecticut wood frogs // Copeia. 1987. N. 1. P. 94 – 103

Smuth H.M. Cell size and metabolic activity in Amphibia // Biol. Bull. Wood Hole. 1925. V. 48, N 5. P. 347 – 378

Vernberg F.I. Hematological studies on Salamanders in relation to their ecology // Herpetologia. 1955a. V. 11. P. 129 – 133

Vernberg F.I. Correlation of physiological behavior indexes of activity in the study of *Plethodon cinereus* (Green) and *Plethodon glutinosus* (Green) // Am. Midl. Nat. 1955b. V.54, N 2. P. 382 – 393.

использовано с сайта
«Герпетофауна Волжского бассейна»
www.herpeto-volga.apus.ru