

УДК 502.7:575.111(575.3)

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ЧАСТОТУ АБЕРРАЦИЙ ХРОМОСОМ У БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ

© 1999г. В.И.Крюков

Научно-исследовательский институт новых медицинских технологий МЗ РФ

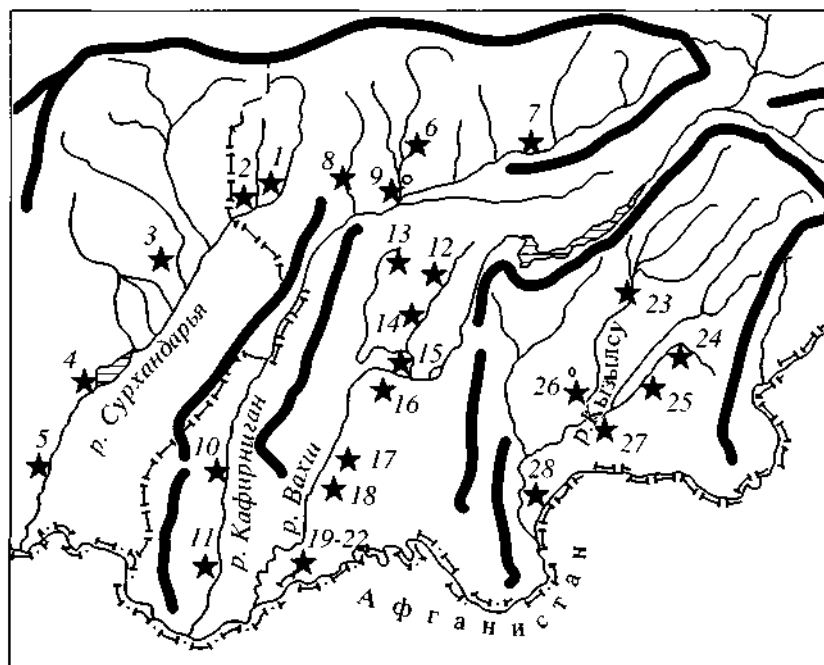
300026 Тула, пр. Ленина, 108

Поступила в редакцию 18.09.98 г.

Химическое загрязнение может оказывать сильное влияние на наследственность диких животных. В данной работе представлены результаты исследования цитогенетических последствий химического загрязнения агроэкосистем юго-западного Таджикистана, где длительное время основной сельскохозяйственной культурой являлся хлопчатник. Его выращивание сопровождалось интенсивным использованием пестицидов (от 7 до 24 кг/га, по неофициальным сведениям — до 53 кг/га). Значительная часть пестицидов выносилась за пределы полей и загрязняла прилегающие к ним биотопы.

Материалом для исследования служили озерные лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), собранные в 1983-1989 гг. Ниже приводятся номера выборок, соответствующие номерам на карте (см. рисунок),

количество животных и соотношение полов (самки : самцы) в выборках, даты и места отлова. Лягушки выборок № 2, 3, 5, 8-10, 12, 14, 16-18, 25, 27 и 28 отловлены по берегам арыков, составляющих оросительную и коллекторную системы хлопковых полей; для остальных выборок (№ 1, 4, 6, 7, 11, 13, 15, 19-24 и 26) биотопы, где были собраны животные, указаны дополнительно: 1) 9 (5 : 4), 25.09.87, окрестности г. Турсунзаде, искусственное озеро в 2-2.5 км юго-западнее Таджикского алюминиевого завода (ТадАЗ); 2) 8 (4 : 4), 23.06.89, 6-8 км юго-западнее ТадАЗа; 3) 9 (4 : 5), 22.04.90, Узбекистан, окрестности кишлака Шукур; 4) 10 (6 : 4), 14.04.90, Узбекистан, юго-западный берег Южно-Сурханского водохранилища; 5) 9 (3 : 6), 7.04.90, Узбекистан, Джаркурганский р-н; 6) 12 (5 : 7), 30.07.87, 10 км севернее Душанбе, оз. Варзобское; 7) 8 (4 : 4), 15.05.87, 15 км юго-за-



Карта-схема мест отлова животных. Пояснения в тексте.

паднее пос. Ромит, ручей; 8) 9 (5 : 4), 12.05.90, окрестности г. Гиссар; 9) 10 (6 : 4), 19.06.90, южные окрестности г. Душанбе; 10) 9 (4 : 5), 16.05.92, Шаартузский р-н, окрестности кишлака Тартки; 11 (5 : 6), 18.07.89, Шаартузский р-н, родник Чилучор-Чашма, 1 км ниже истока; 12) 9 (4 : 5), 03.06.89, 5 км юго-западнее г. Яван, 2 км восточнее ПО "Таджикхимпром"; 13) 8 (4 : 4), 28.09.89, 8 км северо-западнее г. Яван, ручей; 14) 10 (4 : 6), 14.09.89, 20 км южнее г. Яван, окрестности кишлака Хаё'ти-Нав; 15) 9 (6 : 3), 10.11.88, Куйбышевский р-н, пруды Куйбышевского рыбхоза; 16) 10 (5 : 5), 5.11.88, 3-4 км южнее г. Курган-Тюбе; 17) 10 (4 : 6), 21.08.87, 2 км севернее г. Колхозобада; 18) 9 (3 : 6), 14.05.87, 1 км севернее пос. Джиликуль; 19) 12 (6 : 6), 15.10.86, "Тигровая балка", оз. Джиликуль; 20) 9 (4 : 5), 20.10.86, "Тигровая балка", оз. Большое Голубое; 21) 12 (6 : 6), 24.10.86, "Тигровая балка", оз. Немецкое; 22) 7 (3 : 4), 04.11.86, "Тигровая балка", оз. Гуликовское; 23) 10 (4 : 6), 12.10.87, 15 км южнее пос. Большужон, ручей; 24) 9 (3 : 6), 04.03.88, 5 км севернее пос. Дагана, ручей; 25) 12 (4 : 8), 18.07.89, окрестности г. Куляб; 26) 8 (4 : 4), 26.04.88, 25 км северо-западнее пос. Восе, ручей; 27) 10 (4 : 6), 29.04.87, 0.5 км западнее пос. Восе; 28) 11 (6 : 5), 23.04.87, 1.5 км севернее г. Пархар. Методы исследований и статистической обработки описаны ранее .

В общей сложности от 269 животных проанализирована 14081 метафаза, среди которых было обнаружено 576 aberrантных клеток и 580 aberrаций. В спектре aberrаций наиболее часто встречались одиночные фрагменты (49.1% от всех aberrаций). Кроме того, были обнаружены (по уменьшению частоты) парные фрагменты (43.1%), полиплоидные клетки (5.9%), реципрокные транслокации (1.4%) и дицентрические хромосомы (0.5%).

Как следует из таблицы, наименьшие величины aberrаций были обнаружены в выборках 6, 7 и 23, частоты aberrантных клеток в которых были равны 2.4, 2.0 и 2.2% соответственно. Сопоставляя частоты aberrаций в этих выборках с географическим положением мест отлова, можно видеть, что все три выборки были сделаны в верховьях речных бассейнов до каких-либо крупных промышленных объектов и обширных сельскохозяйственных полей. Для сравнения с другими популяциями было решено использовать среднюю частоту по этим трем выборкам, которая составила  $2.2 \pm 0.7\%$ .

В водосборном бассейне р. Сурхандарьи единственная выборка лягушек (№ 4), частота aberrаций у которых статистически не отличалась от

контрольной, была собрана по берегам Южно-Сурханского водохранилища. Частоты aberrаций у лягушек других выборок из этого речного бассейна довольно высокие - до 5.7%. Связано это с тем, что все выборки сделаны в районе интенсивного промышленного и/или сельскохозяйственного загрязнения. Лягушки выборки № 1 отловлены в окрестностях ТадаЗа, в искусственном водоеме, вода которого загрязнялась фторсодержащими выбросами этого завода и содержащими пестициды стоками с рисовых полей. У животных выборок № 2, 3 и 5 высокие частоты aberrаций связаны с тем, что все они отловлены по окраинам хлопковых полей. По мнению гигиенистов, действие выбросов ТадаЗа распространялось вниз по долине р. Сурхандарьи вплоть до пос. Шурчи. Если предположить, что основной причиной высоких частот aberrаций хромосом в этом районе являются выбросы ТадаЗа, то южнее пос. Шурчи подобных нарушений быть не должно. Однако у лягушек выборки № 5, сделанной южнее пос. Шурчи, а также у грызунов из этих мест (Крюков и др., 1995) обнаружены высокие частоты хромосомных aberrаций. Следовательно, должны существовать дополнительные причины высокой частоты aberrаций хромосом у животных. Вероятнее всего, это обусловлено загрязнением агроэкосистем пестицидами и, возможно, другими сельскохозяйственными химикатами.

Из шести проанализированных выборок из долины р. Кафирниган две (№ 6 и 7) сделаны в верховьях реки, где техногенное загрязнение, по видимому, незначительно. Стоки Такобского горнообогатительного комбината и разработок Майхуринского месторождения вольфрама, расположенных выше по течению от места 6-й выборки, вероятно, сильно разбавляются водами р. Варзоб и не оказывают сильного влияния на частоту aberrаций. Выше по течению от места 7-й выборки промышленных предприятий нет. Животные остальных 4 выборок были отловлены уже в районах интенсивного промышленного и сельскохозяйственного загрязнения, поэтому частоты aberrаций в них значительно выше. Гиссарская долина, где отловлены животные 8-й выборки, является зоной интенсивного хлопкосеяния и использования пестицидов. Как следствие этого загрязнения - повышенная частота aberrаций у лягушек. В выборке № 9 частота aberrантных клеток составила 4.4% и достоверно отличалась от спонтанной. Животные этой выборки отловлены в окрестностях г. Душанбе - крупнейшего промышленного центра республики с очень сложной экологической обстановкой. С юга к городу примыкают сельскохозяйственные (в основном хлопковые) поля, являющиеся дополнительным площадным источником химического загрязнения среды. Высокая частота aberrаций у животных 9-й выборки — следствие химического загряз-

Крюков В.И., Толстой В.А., Долгополова Г.В. Влияние химического загрязнения экосистем долины реки Сурхандарьи на частоту хромосомных нарушений у грызунов // Экология. 1995. № 2. С. 169-171.

## Частоты и спектр aberrаций в соматических клетках лягушек юго-западного Таджикистана

№ выборки	Изучено		Количество и частота (%) aberrантных клеток	Обнаруженные aberrации					Ахроматические пробелы	Количество aberrаций на 1 клетку		Значение критерия $\chi^2$	Достоверность различий, $P$
	животных	клеток		Полиплоидные клетки	Парные фрагменты	Реципрокные транслокации	Дисцентрические хромосомы	Одиночные фрагменты		исследованную	aberrантную		
Бассейн р. Сурхандарь													
1	9	386	17 (4.4 ± 2.0)	2	7	-	-	8	12	0.044	1.00	2.06	<0.05
2	8	511	26 (5.1 ± 1.9)	2	11	-	-	13	31	0.051	1.00	2.97	<0.01
3	9	527	23 (4.4 ± 1.7)	1	13	-	-	9	27	0.044	1.00	2.32	<0.05
4	10	509	18 (3.5 ± 1.6)	2	8	-	-	9	19	0.037	1.06	1.44	>0.05
5	9	507	29 (5.7 ± 2.0)	1	12	1	-	15	33	0.057	1.00	3.52	<0.001
Бассейн р. Кафирниган													
6	12	585	14 (2.4 ± 1.2)	-	8	-	-	6	17	0.024	1.00	0.11	>0.05
7	8	543	11 (2.0 ± 2.0)	-	5	-	-	6	16	0.020	1.00	0.07	>0.05
8	9	501	18 (3.6 ± 1.6)	3	10	-	-	5	20	0.036	1.00	1.49	>0.05
9	10	524	22 (4.4 ± 1.8)	1	8	-	-	13	32	0.044	1.00	2.15	<0.05
10	9	497	24 (4.8 ± 1.9)	2	9	-	1	12	24	0.048	1.00	2.70	<0.01
11	11	543	19 (3.5 ± 1.5)	2	8	-	-	9	21	0.035	1.00	1.44	>0.05
Бассейн р. Вахш													
12	9	347	16 (4.6 ± 2.2)	-	10	-	-	6	23	0.046	1.00	2.13	<0.05
13	8	493	19 (3.9 ± 1.7)	-	8	-	-	11	28	0.039	1.00	1.75	>0.05
14	10	521	23 (4.4 ± 1.8)	1	13	-	-	9	35	0.044	1.00	2.36	<0.05
15	9	502	18 (3.6 ± 1.6)	2	7	-	-	9	19	0.036	1.00	1.49	>0.05
16	10	512	29 (5.7 ± 2.0)	3	9	1	-	16	32	0.057	1.00	3.49	<0.001
17	10	500	21 (4.2 ± 1.8)	-	8	2	-	12	25	0.044	1.05	2.11	<0.05
18	9	492	23 (4.6 ± 1.8)	-	10	-	1	12	26	0.046	1.00	2.51	<0.05
19	12	541	26 (4.8 ± 1.8)	2	11	1	-	12	37	0.048	1.00	2.78	<0.01
20	9	506	19 (3.8 ± 1.7)	1	10	-	-	9	22	0.040	1.05	1.67	>0.05
21	12	486	17 (3.5 ± 1.6)	3	9	-	-	5	25	0.035	1.00	1.37	>0.05
22	7	459	20 (4.4 ± 1.9)	1	10	-	-	9	32	0.044	1.00	2.18	<0.01
Бассейн р. Кызылсу													
23	10	508	11 (2.2 ± 1.3)	-	7	-	-	4	19	0.022	1.00	0.22	>0.05
24	9	502	18 (3.6 ± 1.6)	1	7	-	-	10	23	0.036	1.00	1.49	>0.05
25	12	541	26 (4.8 ± 1.8)	2	9	1	1	15	35	0.052	1.08	2.78	<0.01
26	8	487	18 (3.7 ± 1.7)	1	4	-	-	13	21	0.037	1.00	1.58	>0.05
27	10	509	22 (4.3 ± 1.8)	-	8	-	-	14	29	0.043	1.00	2.25	<0.05
28	11	536	29 (5.4 ± 1.9)	2	11	2	-	14	34	0.054	1.00	3.33	<0.001

нения. Выборки 10 и 11 сделаны в низовьях долины р. Кафирниган, но в сильно различающихся биотопах. Лягушки 10-й выборки отловлены в коллекторных арыках по окраинам хлопковых полей, и, вероятно, поэтому частота aberrаций у

них статистически достоверно выше контрольной. Чилучор-Чашма, где отловлены лягушки 11-й выборки, представляет собой довольно мощный ручей, образованный многочисленными родниками. Бьющая из-под земли вода, по-видимому,

чиста, а окружающие ручей земли во время проведения сбора материала только начинали осваивать для выращивания сельскохозяйственных культур. Поэтому загрязнение среды здесь было невысоким, что и обуславливало низкую частоту aberrаций.

Бассейн реки Вахш - самый насыщенный промышленными предприятиями. Химическая промышленность в бассейне представлена двумя крупными заводами - производственным объединением "Таджикхимпром" (ПО ТХП) и Вахшским азотно-туковым (ВАТЗ). В низовьях реки, в Вахшской долине, большая часть земель занята хлопковыми полями. Лягушки 12-й выборки отловлены в арыках по окраинам хлопковых полей в зоне влияния выбросов ПО ТХП. Частота aberrантных клеток (4.6%) в этой выборке статистически достоверно выше контрольной, что может свидетельствовать о присутствии мутагенов в среде обитания лягушек. Животные выборки № 13 отловлены в ручье, стекающем со склонов хр. Сурхку. Частота aberrантных клеток в этой выборке (3.9%) не имеет статистически достоверных отличий от контрольной величины. Возможно, отсутствие различий в частотах обусловлено относительной чистотой среды обитания лягушек в этом месте, характеризующемся слабым (благодаря специфической розе ветров) загрязнением выбросами ПО ТХП. Животные выборки № 14 и 16-18 отловлены в арыках оросительных систем по окраинам хлопковых полей и характеризуются высокими частотами aberrантных клеток, что мы рассматриваем как следствие пестицидного загрязнения. Последние 4 выборки в этом водосборном бассейне сделаны на самом юге - в заповеднике "Тигровая балка". Две выборки (20 и 21) взяты в центральной части заповедника. У этих животных частоты aberrантных клеток (3.8 и 3.5% соответственно) оказались выше контроля, но статистически достоверно от него не отличались. Лягушки двух других выборок (19 и 22) отловлены в северной части заповедника, и частоты аномальных клеток (4.8 и 4.4%) у них были статистически достоверно выше кон-

трольной частоты. Такая картина распределения частот aberrантных клеток у животных связана с экологической обстановкой, сложившейся в "Тигровой балке". Начиная с середины 60-х годов заповедник испытывает сильное антропогенное воздействие из-за нарушения режима охраны, пестицидного и солевого загрязнения в северной его части.

В верховьях бассейна р. Кызылсу частота аномальных клеток у отловленных лягушек (выборка № 23) была одной из минимальных и использована для вычисления средней частоты спонтанных aberrаций хромосом. В двух следующих выборках (№ 24 и 26) частоты aberrантных клеток (3.6 и 3.7% соответственно) статистически не отличались от контрольной величины. Обе выборки сделаны по берегам ручьев, в верховьях реки. В этом участке водосбора практически отсутствуют промышленные предприятия и обширные сельскохозяйственные поля, поэтому экосистемы относительно свободны от антропогенных ксенобиотиков. Три последние выборки сделаны в южной части (в низовьях) долины. Лягушки этих выборок (№ 25, 27, 28) отловлены по берегам оросительных арыков вокруг хлопковых полей, и частоты aberrантных клеток в них оказались статистически достоверно выше контрольной величины.

Таким образом, в результате исследования aberrаций хромосом у озерных лягушек Юго-Западного Таджикистана и сопредельных районов Узбекистана установлено следующее: 1) минимальные частоты aberrаций хромосом у лягушек (2.0-2.4%) обнаружены в выборках из популяций в верховьях водосборных бассейнов, где химическое загрязнение их среды обитания еще, по-видимому, невелико; 2) в районах интенсивного химического загрязнения экосистем частоты aberrаций хромосом у лягушек выше спонтанных и достигают 5.7%. Из 28 проанализированных выборок в 16 частота aberrаций хромосом была статистически достоверно выше контрольной.