

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

На правах рукописи
УДК 591.525 + 597.828

Бугаева Елена Адольфовна

Влияние антропогенных факторов на рост,
развитие и выживаемость личинок
остромордой лягушки

(03.00.16 — экология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Свердловск 1983

Работа выполнена в лаборатории популяционной экологии позвоночных животных Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР.

Научные руководители:

доктор биологических наук Добринский Л.Н.,
доктор биологических наук Пястолова О.А.

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор Кубанцев Б.С.,
кандидат биологических наук, доцент Топоркова Л.Я.

Ведущая организация:

Казанский Ордена Трудового Красного Знамени государственный университет имени В.И. Ульянова-Ленина.

Защита состоится « » 1984 г. в 13 часов на заседании специализированного совета К 002.05.01 по присуждению учёной степени кандидата наук в Институте экологии растений и животных УНЦ АН СССР по адресу: 620008, г. Свердловск, Л-8, ул. 8-го Марта, 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР.

Автореферат разослан " " 1984 г.

Учёный секретарь специализированного совета,
доктор биологических наук Пястолова О.А.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Нарушения естественных ландшафтов, вызванные хозяйственной деятельностью человека, приводят к коренному изменению условий обитания животных. В связи с этим изучение влияния различных форм загрязнения окружающей среды на состояние популяций животных, а также процессов адаптации к ним имеет не только практическое значение, но и представляет большой теоретический интерес. Выявление биоиндикаторов антропогенных изменений среды и использование их в качестве тест-объектов для экологического мониторинга в настоящее время является одной из основных и важнейших задач экологии.

Работа выполнена в соответствии с планом научных исследований Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР по теме: "Изучение популяционной структура и изменчивости животных в естественной среде и при антропогенных воздействиях (№ госрегистрации 81011053).

Цель и задачи исследования. Изучение на модельных и естественных популяциях влияния антропогенных загрязнений химического происхождения в период раннего онтогенеза остромордой лягушки. При этом основное внимание уделялось выяснению эмбриональной и личиночной выживаемости; изучению темпов роста и развития личинок; выявлению цитологических, морфофизиологических изменений печени, а также уровня обмена веществ у животных, развивавшихся в естественных условиях под влиянием промышленных сточных вод и в лабораторных экспериментах при действии различных химических соединений.

Научная новизна. При изучении начальных этапов онтогенеза остромордой лягушки под влиянием антропогенных факторов в естественных условиях и в эксперименте при действии некоторых химических веществ впервые выявлены особенности относительного прироста размеров тела; темпов роста; размеров гепатоцитов, их ядер и

цитоядерного соотношения; накопления и расхода липидов в клетках печени; уровня обмена веществ и степень вариабельности этих показателей. Показано, что сопоставление данных полученных в эксперименте и в природе позволяет объективно оценить и прогнозировать состояние популяций изученного вида при воздействии хозяйственной деятельности человека.

Апробация работы. Результаты исследования доложены и обсуждены на Молодежных конференциях Института экологии растений и животных УНЦ РАН СССР (1981, 1982, 1983 гг.); на отчетной сессии Института экологии растений и животных (1982 г.); на V Всесоюзной герпетологической конференции (Ашхабад, 1981); на Всесоюзной конференции "Проблемы экологии Прибайкалья" (Иркутск, 1982),

Публикация работ. По теме диссертация опубликовано 6 работ.

Предложение по использованию полученных результатов. Полученные данные по влиянию некоторых химических загрязнений окружающей среды на экологические, морфофизиологические и гистологические особенности земноводных могут быть использованы для качественной характеристики популяции амфибий в системе экологического мониторинга.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и выводов. Содержание изложено на 102 страницах машинописного текста. Работа иллюстрирована 30 таблицами и 56 рисунками. Список литературы включает 268 наименований, из них 73 иностранных авторов.

Во введении обсуждается актуальность темы, описываются цели и задачи работы.

Глава 1. Литературный обзор.

Дан анализ материалов по различным аспектам влияния антропогенных факторов на популяции амфибий и рептилий и действия некоторых химических соединений живой организм.

Глава II. Материал и методика.

В качестве объекта исследования использованы личинки и сеголетки остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss.) Работа проводилась в естественных условиях обитания вида и в условиях лабораторного эксперимента. Полевые наблюдения осуществлялись в течение 1979-1982 гг. в двух районах Свердловской области, из которых один был подвержен сильному антропогенному прессу, а второй оценивался, как контрольный, неподверженный непосредственному промышленному загрязнению.

В опытных водоемах района с повышенным загрязнением определен видовой состав амфибий, растений и беспозвоночных животных; исследован температурный режим, степень засоленности грунта по шести компонентам (HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+); еженедельный гидрохимический анализ на содержание SO_4^{2-} ; Cl^- ; Fe^{3+} ; Fe^{2+} ; O_2 ; pH и окисляемость; плотность личиночных поселений. Линейно-весовые показатели животных брали I раз в неделю. Стадии развития определяли по классификации П.В. Терентьева (1950). Уровень обмена сеголеток определяли с помощью оптико-акустического газоанализатора 0А-550I (Добринский, Малафеев, 1974). Препараты печени готовили по методу влажных мазков. С каждого препарата зарисовывали по 100 клеток. Измерение цитоплазмы и ядра проводили по двум перпендикулярным диаметрам и вычисляли площадь их проекции по формуле S круга.

Для экспериментальных исследований были подобраны химические соединения наиболее распространенные в промышленных и бытовых сточных водах, концентрации этих веществ выбраны на основании ПДК и установочного эксперимента (табл.1).

В связи с нестойкостью используемых в опыте химических соединений и возможностью их сорбции растворы с фенолом и сульфатом меди, а также соду в контроле для этих веществ меняли I раз в две недели. Растворы с солями натрия и контроль к ним не меняли на протяжении всего эксперимента.

Таблица 1

Химическое вещество	Концентрация. М.		
	малая	средняя	большая
Фенол	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Сульфат меди	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
Сульфат натрия	$5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
Хлористый натрий	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$

Во всех опытах поддерживали постоянную плотность (I личинка на литр), личинок содержали в 3-х литровых сосудах, в десятикратной повторности, т.о. общее число личинок в каждом варианте опыта составляло 30 экз., всего исследовано 420 особей. В процессе работы использована методика содержания личинок бесхвостых амфибий (Шварц, Пястолова, 1970). Ежедневно измеряли температуру воды и определяли число погибших личинок. Линейно-весовые показатели, также как и в природных популяциях, брались I раз в неделю. Животных достигших 31 стадии (сеголетка) из экспериментальных и естественных условий взвешивали, измеряли длину тела, определяли индекс печени, делали препараты. Работа выполнялась в соответствии с новыми "Правилами проведения научных исследований с использованием экспериментальных животных", утвержденными распоряжением Президиума АН СССР от 2 апреля 1980 г., № 12000 - 496.

Математическую обработку результатов проводили по общепринятым методикам (Рокицкий, 1964). Величину относительного прироста определяли по формуле $R = \frac{V_2}{1/2} - \frac{V_1}{V_1+V_2}$ (Шмальгаузен, 1938).

Глава III. Описание водоемов, видового состава амфибий и характеристика популяции остромордой лягушки исследуемого района.

В исследуемом районе были подобраны водоемы с разной степенью загрязнения: Водоем I - заболоченный, участок сточного канала промышленного предприятия; водоем 2 - заполненный водой карьер; водоем 3 - находится на трассе высоковольтной линии; водоемы 4а,б и 5а,б - непосредственно примыкают к автомобильной дороге.

В контрольном районе исследования проводили на 3 водоемах значительно удаленных от дорог, поселков и промышленных предприятий.

В главе приведены материалы по химическому анализу воды и грунта исследуемых водоемов; видовому составу растений и беспозвоночных животных, характеру загрязнения, температурным условиям. Видовой состав амфибий опытного района включает три вида (*Triturus cristatus*, *Hynobius keyserlingi*, *Rana arvalis*).

Глава IV. Эмбриональная и личиночная смертность остромордой лягушки.

В главе приводится обзор литературных данных по эмбриональной и личиночной смертности остромордой лягушки в эксперименте и в естественных условиях под влиянием различных абиотических факторов на эти показатели. Наблюдения, проведенные нами в водоемах контрольного и опытного районов на 30 кладках, позволили установить следующее. Эмбриональная смертность в контрольном районе составила в среднем 3,5% (4,7 – 12,6%), а в наиболее загрязненных водоемах опытного района 39,9% (2,8 – 52,6%), что в 4,7 раза выше, чем в контроле. Сравнивая данные можно полагать, что высокая смертность в некоторых водоемах опытного района находится в прямой зависимости от степени его загрязнения. Личиночную смертность в естественных условиях учесть трудно - она

обнаруживается лишь в случаях массовой гибели. Такая картина нами отмечалась в 1979 г. в водоеме №2 и в 1980 г. в водоеме 5а.

Данные о выживаемости личинок на разных стадиях развития в эксперименте представлены на рис. 1. Действие фенола в больших концентрациях ($5 \cdot 10^{-5}$ М) выразилось в резком усилении смертности животных в период метаморфического климакса. Она оказалась в два раза выше по отношению к контролю. Неожиданным оказалось влияние малой концентрации фенола ($5 \cdot 10^{-6}$ М), смертность выходящих на сушу животных была, вдвое меньше, чем в контроле. Действие сульфата меди оказалось токсичным для личинок всех стадий развития. Большая часть личинок погибла в период метаморфического климакса. При изучении влияния хлористого натрия обнаружена высокая токсичность малой концентрации (10^{-2} М) по сравнению с средней ($5 \cdot 10^{-2}$ М).

Полученные данные позволяют считать, что действие изученных химических соединений на личиночную смертность интенсивно проявляются на поздних стадиях метаморфоза. Ранние стадии более устойчивы к влиянию испытанных химических веществ. Кроме того, как в природе, так и в эксперименте были отмечены патологические изменения у животных: изменение формы тела в загрязненных водоемах I, 2, 5а, б и под влиянием фенола и сульфата меди; аномалии в строении конечностей у сеголеток, развивавшихся под действием солей натрия.

Глава V. Рост и развитие личинок остромордой лягушки.

Процессы роста и развития личинок остромордой лягушки в условиях эксперимента и в природе без повреждающего действия каких-либо факторов достаточно полно отражены в литературе (Банников, 1969; Шварц, Пястолова, 1970). Целью данной главы явилось изучение влияния химических веществ на темпы роста и развития, личинок.

1) Влияние антропогенных факторов на скорость развития личинок а) в эксперименте. На модельных популяциях в лабораторных условиях показано, что под влиянием химических веществ увеличивается вариабельность сроков прохождения отдельных стадий развития в пределах одной кладки, в результате чего увеличивается период выхода всей группы на сушу. Минимальные сроки развития контрольных личинок составили 33 дня, а в растворах солей 34-35 дней. В первые дни отмечался массовый выход личинок на сушу, но отдельные особи продолжали развиваться и метаморфизировали позднее, в связи с этим увеличились максимальные сроки развития всей группы головастиков из растворов сульфата меди, сульфата натрия, хлористого натрия и фенола по отношению к контролю. Это положение иллюстрирует таблица 2. Следует отметить общую тенденцию - прямую зависимость сроков развития от концентрации раствора. Лишь в опыте с фенолом обнаружена существенная задержка развития (до 60 дней) при малой концентрации раствора.

Таблица 2

Максимальные сроки развития личинок

Химическое вещество	Период развития, сутки			
	Концентрация раствора			
	контроль	малая	средняя	большая
Сульфат натрия	41	54	54	65
Хлористый натрий	41	43	47	57
Сульфат меди	42	51	54	57
Фенол	42	60	57	46

б) в природе. Хорошо известно, что на скорость личиночного развития значительное влияние оказывают такие факторы как температура, плотность личиночных популяций, соотношение фенотипов и видов, кормовые ресурсы, сроки икротетания, химизм воды (содержание O_2 , CO_2 , жесткость, pH и т.д.). Наши наблюдения за скоростью развития личинок в природе позволили установить, что под влиянием антропогенных факторов ингибируется развитие ранних стадий (21-26), т.е. задерживается начало образования зачатков задних конечностей у отдельных особей. Это явление мы наблюдали в водоеме 5а (1980 г.) где впоследствии отмечалась массовая гибель личинок. Минимальный период развития личинок 21 – 26

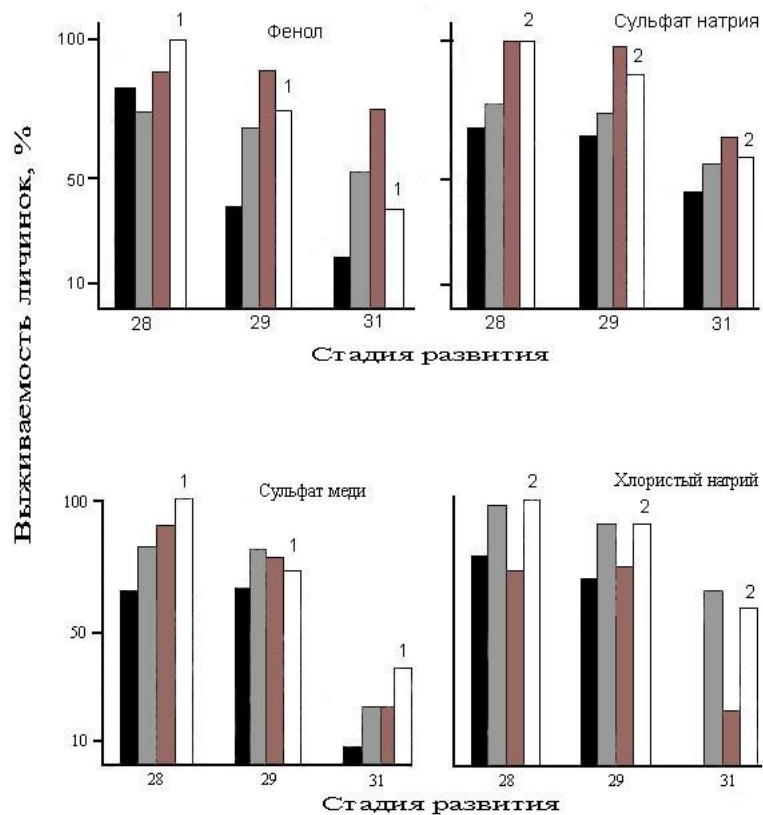
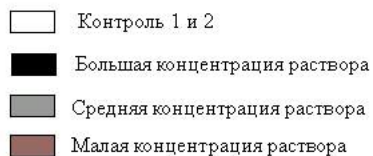


Рис. 1 Выживаемость личинок до 28, 29 и 31 стадий развития в % от общего числа животных в опыте



станции здесь составил 7 дней, а максимально более - 12 дней, в то время как в других водоемах(2,3 и 4а) максимальный срок развития равнялся 35 дням

Таким образом, удлинение периода прохождения ранних стадий может в некоторых случаях слупить сигналом "загрязнения водоема" и неблагоприятного состояния популяции, ведущего к значительному сокращению ее численности.

II. Влияние антропогенных факторов на рост личинок остромордой лягушки

Из общей теории метаморфоза известно, что время от вылупленных головастиков до появления дифференцированных задних конечностей - это период предметаморфоза, который характеризуется ускоренным ростом особей и незначительными изменениями в развитии (Atkin, 1964) Изучение относительного прироста веса тела на протяжении всего периода развития позволило выявить некоторые закономерности.

а) в эксперименте. За вторую неделю личиночного развития относительный прирост контрольных животных составил 110 – 100%, за четвертую неделю, перед наступлением 29 стадии он был равен 30-10%. Фенол, даже при больших концентрациях не оказал существенного влияния на скорость роста на протяжении всего периода развития. За вторую неделю развития у животных из растворов сульфата меди большой и средней концентрации относительный прирост составил 100 и 98%, т.е. практически не отличался от контроля (100%). Во всех других вариантах опыта (с сульфатом натрия и хлористым натрием) рассматриваемый показатель был ниже контрольных значений. Например, относительный прирост животных из раствора сульфата натрия находился в обратной зависимости от концентрации химического вещества: в растворе большой концентрации он был равен 55%, средней концентрации - 82%, слабой концентрации - 92%, в контроле – 100%. К концу четвертой недели во всех растворах солей (сульфат меди, сульфат натрия, хлористый натрий) относительный прирост превышает контрольные значения.

У личинок, развивавшихся в растворах солей натрия, он находился в прямой зависимости от концентрации раствора. Например, при высокой концентрации сульфата натрия относительный прирост составил 65%, при средней концентрации – 30%, при малой концентрации – 20%, в контроле – 10%.

Таким образом, под влиянием химических веществ происходит задержка роста в начальный период развития и ускоренно его на последних личиночных стадиях.

б) в природе. На относительный прирост веса тела личинок в природных водоемах значительное влияние оказывают колебания температуры. Тем не менее, наблюдается такая же тенденция снижения относительного прироста на последних стадиях личиночного развития как и в эксперименте. Кроме того, в водоемах, подверженных значительному антропогенному прессу №2 - 1979 г., 5а - 1980 г., 46,56 - 1982г. отмечался низкий прирост (от 75 до 24%) в начальный период развития и увеличение его к метаморфическому климаксу, до 58%. В результате проведенных исследований можно полагать, что в оптимальных условиях относительный прирост в начале периода личиночного развития составляет не менее 80% и снижается к моменту его завершения. Низкий относительный прирост в начале развития можно рассматривать как результат действия загрязняющих факторов.

III. Изменчивость размеров тела личинок в процессе развития.

а) в эксперименте. На протяжении всего периода развития велись наблюдения за вариабельностью размеров тела личинок под влиянием фенола, сульфата меди, сульфата натрия, хлористого натрия. В результате было установлено, что к середине, периода развития все концентрации испытанных веществ резко увеличивают изменчивость размеров тела. Например, при действии растворов сульфата меди и сульфата натрия возрастает до 22,9 и 17,7% соответственно. В то время как в контроле он не превышал 9,5%. Это дает основание полагать, что фенотипическое проявление генетической разнородности популяции проявляется более резко при действии химических веществ.

б) в природе. Известно, что позднее икротечение, растянутые сроки откладки икры, генетические различия в скорости роста, разные температурные условия, гидрохимические показатели и т.д. обуславливают увеличение разнородности размерного состава личинок в природных водоемах (Малафеев, 1975; Пикулик.1977; Пястолова,1980; Щупак,1983). Поскольку различия между изучаемыми водоемами были существенны по многим выше перечисленным показателям, изменение диапазона вариабельности размеров тела личинок в естественных условиях не дает оснований делать какие-либо выводы о степени антропогенного загрязнения.

Глава VI. Морфофизиологические и цитологические особенности печени сеголеток остромордой лягушки.

Для характеристики некоторых интерьерных особенностей подопытных животных мы воспользовались общепринятой методикой морфофизиологических показателей (Шварц, Смирнов, Добринский, 1969). Среди комплекса признаков этого метода основное место принадлежит печени. Это обусловлено мультифункциональностью данного органа. Согласно исследований С.С.Шварца и В.Г.Ищенко (1971), индекс печени сеголеток северных популяций остромордой лягушки составляет в среднем 40%. У животных, развивавшихся в контролируемых условиях при оптимальной плотности, он достигает 45-50% (Пястолова,1980 и др.). Результаты наших наблюдений, проведённых в "чистых" водоемах контрольного района и в эксперименте подтверждают и дополняют эти данные. Относительные размеры печени составили в среднем 40-47% (по 3-м контрольным водоемам) и 39,8-46% в эксперименте. Из этого следует, что оптимальные значения исследуемого показателя у развившихся в благоприятных условиях и только что закончивших метаморфоз сеголеток составляют 40 – 50%.

I. Влияние антропогенных факторов на относительные размеры печени.

а) в природе. Наблюдения, проведённые в опытном, подверженном промышленным загрязнениям районе, выявили существенные различия по индексу печени по сравнению с контролем. Так, в 1979 году в водоёме 2 отмечена практически 100% - ная гибель личинок, находившихся на 29-30 стадиях развития. Средний индекс печени для популяции сеголеток, развивавшихся в этом водоёме, равнялся 71,6%. В последующие годы, когда непосредственного сброса отходов производства не было, из этого водоёма выходили животные с более низким индексом печени (52 - 67,7%). Высокий относительный вес печени отмечен в 1982 году в водоёме 56 - 71,6%. Сеголетки с относительным весом печени более 50% выходили из водоёмов 1, 2, 3 (1981), 46, 56 (1981, 1982). Однако увеличение этого показателя у метаморфизировавшихся животных в относительно чистом третьем водоёме мы связываем с их развитием в условиях загущенной плотности в результате быстрого спада воды (Пястолова и др., 1982). Во всех остальных случаях увеличение средних индексов печени можно объяснить как следствие развития в неблагоприятных, подверженных антропогенным воздействиям условиях. Это позволяет использовать данный показатель в качестве индикатора при влиянии неблагоприятных факторов.

б) в эксперименте. У животных, взвивавшихся в экспериментальных условиях, под действием различных химических веществ средние показатели индекса печени оказались несколько ниже, чем у контрольных особей. Так, у контрольных сеголеток относительный вес печени был равен 39,8%, а у животных, развивавшихся в растворе средней концентрации сульфата натрия - 33,3% ($t = 3,6$). При сопоставлении коэффициента вариации индекса печени опытных и контрольных животных не выявлено какой-либо закономерности. Этот показатель может быть как больше, так и меньше контрольных значений.

II. Влияние антропогенных факторов на размеру гепатоцитов.

Все изучаемые нами параметры (размеры гепатоцитов, их ядер и цитоядерное соотношение) мы рассматривали в зависимости от индекса печени.

Специально проведённые эксперименты показали, что коэффициент корреляции между индексом печени и размерами гепатоцитов сеголеток из естественных условий составляет 0,54-0,92, а из экспериментальных условий 0,38-0,93 ($P \leq 0,01$). Размеры ядер и цитоядерное соотношение также положительно скоррелированы с индексом печени.

а) в эксперименте. Цитологический анализ полученных в экспериментальных условиях данных: не выявил влияния концентрации химических веществ на величину клеток печени. Однако с помощью регрессионного анализа было установлено, что с увеличением концентрации раствора наблюдается некоторое уменьшение размеров гепатоцитов. Вариационные кривые, построенные для каждой особи, показали, что в печени сеголеток из растворов слабой концентрации наряду с присутствием мелких клеток (80-110 мм^2 усл.ед.) возрастает количество более крупных гепатоцитов (до 350 мм^2 усл.ед.), которые у контрольных животных встречаются очень редко. В результате эксперимента установлено, что средние размеры гепатоцитов сеголеток из растворов слабых концентраций варьируют сильнее, чем у особей из более концентрированных растворов. По-видимому, это связано с более жёстким отбором, и, как будет показано ниже, с интенсивным расходом питательных веществ животными, развивавшимися в растворах больших концентраций.

б) в природе. Цитологический анализ природного материала показал, что при одинаковых относительных размерах печени встречаются животные с разными по величине гепатоцитами. Например, средние размеры гепатоцитов сеголеток из природных водоёмов, подверженных антропогенному воздействию, равнялись 209 мм^2 усл.ед. при индексе печени 35,5%, в контроле соответственно 143 мм^2 усл. ед. и 36,7%. С помощью цитологического анализа также выявлено увеличение вариативности средних размеров гепатоцитов у животных, развивавшихся в загрязнённых условиях. Так, распределение гепатоцитов по размерным классам* показало, что при низких индексах печени (30,6; 35,5%) самые крупные клетки сеголеток контрольного района относятся к 7 классу (190-210 мм^2 усл.ед.), а в водоёмах I и 5а - к 9-15 классам (230-370 мм^2 усл. ед.).

*Для удобства анализа полученного материала мы разделили клетки печени на 20 размерных классов. С возрастанием класса увеличивается размер клеток.

Такую же закономерность следует отметить и при других индексах печени. С увеличением относительного размера печени появляются клетки больших размеров. Однако у животных контрольного района и водоёмов 3 и 4а опытного района гигантские клетки размером более 350 мм^2 усл. ед. отмечены не были, а у особей из водоёмов 1,2 и 5б они достигали 470 мм^2 усл. ед.

III. Влияние антропогенных, факторов на размеры ядер и цитоядерное соотношение гепатоцитов сеголеток

Хертвингом (Hertwing, 1903) было выдвинуто предположение о том, что для большинства типов клеток рост ограничен до размеров, определяемых сферой влияния ядра. Возобновление роста клетки при достижении критических размеров возможно лишь после её деления. В благоприятных условиях клетки имеют тенденцию сохранять постоянное отношение между объёмом цитоплазмы и ядром. Также известно, что изменение в поверхностно-объёмном отношении, замедляющее обмен между цитоплазмой к ядром, регулируется не только митотически. Крупные клетки печени легко делятся amitozom. Какое значение имеет полиплоидизация ядер, до сих пор является дискуссионным вопросом (Вермель, 1935; Урываева, 1979)

С помощью цитологического анализа природного и экспериментального материала нам удалось выявить ряд особенностей размеров ядер гепатоцитов и цитоядерного соотношения, обусловленных антропогенными загрязнениями и действием химических веществ.

а) в эксперименте. Под влиянием химических веществ в экспериментальных условиях у сеголеток увеличиваются размеры ядер, а цитоядерное соотношение снижается. При этом следует отметить, что у животных из растворов химических веществ с низкими концентрациями (фенол, $5 \cdot 10^{-6}$ м; 10^{-5} м; сульфат натрия $5 \cdot 10^{-3}$ м) ядра могут быть меньше, а цитоядерное соотношение выше, чем у контрольных животных. В растворах средних и высоких концентраций отмечено снижение изменчивости средних размеров ядер и цитоядерного соотношения для каждой отдельной группы особей. Такое же влияние отмечено при исследовании размеров гепатоцитов. Анализ размерного состава ядер в клетках печени

отдельных животных показал, что самые крупные из них как у контрольных животных, так и у особей из растворов химических веществ достигают 50 мм^2 усл. ед. Однако в печени сеголеток, вышедших из растворов высоких концентраций сульфата меди, сульфата натрия и хлористого натрия, отмечены и более крупные ядра - 60 мм^2 усл. ед. В печени контрольных сеголеток и животных из раствора фенола ($5 \cdot 10^{-6}$ м; $5 \cdot 10^{-5}$ м) наиболее распространены ядра размером $25-35 \text{ мм}^2$ усл. ед. В остальных вариантах опыта чаще других встречаются ядра $25 - 40 \text{ мм}^2$ усл. ед.

Следовательно, под влиянием химических веществ увеличивается размер ядер и снижается цитоядерное соотношение. Вариабельность этих показателей находится в обратной зависимости от концентрации раствора. Чем ниже концентрация испытываемого вещества, тем выше изменчивость. Крупные ядра клеток печени появляются при действии на организм наиболее высоких концентраций химических веществ.

б) в природе. Регрессионный анализ данных, полученных в естественных условиях, показал, что цитоядерное соотношение в гепатоцитах животных контрольного района значительно выше, чем у особей, подверженных действию антропогенного пресса. Теоретически этот показатель при высоких индексах печени (50-60%) должен выравниваться. Средние размеры ядер гепатоцитов сеголеток, вышедших из загрязнённых водоёмов 1,2 и 5б гораздо крупнее по сравнению с контрольными животными и вышедшими из условно чистых водоёмов (3 и 4а) опытного района. Распределение ядер по величине для каждой особи позволило обнаружить, что их максимальные размеры у животных из "загрязнённых" водоёмов выше, чем у контрольных. Например, максимальные размеры ядер у сеголеток из водоёмов 1 и 2 достигают 65 мм^2 усл. ед., из водоёма 5б - до 75 мм^2 усл. ед., а из водоёмов контрольного района и 3,4а опытного района - не более 50 мм^2 усл. ед. В печени сеголеток из "чистых" водоёмов наиболее часто встречаются ядра размером $25-35 \text{ мм}^2$ усл. ед., а из "загрязнённых" - $25 - 45 \text{ мм}^2$ усл. ед. У животных из водоёмов 1,2 и 5б наблюдается высокая изменчивость средних размеров ядер и цитоядерного соотношения. Например, у сеголетки из водоёма 5б при индексе печени 31,8% средний размер ядер был равен $19,7 \text{ мм}^2$ усл. ед., а при индексе 36,1 - $33,5 \text{ мм}^2$ усл. ед.; у особи из водоёма 2 при индексе печени 62,9% - $26,9 \text{ мм}^2$ усл. ед., а при индексе 63,2% - $24,3 \text{ мм}^2$ усл. ед.

Следовательно, влияние антропогенных загрязнений и испытываемых отдельных химических соединений сопровождается увеличением размеров ядер, снижением цитоядерного соотношения, появлением гигантских ядер. Полученные данные позволяют предположить, что увеличение размеров печени животных может быть связано не только с накоплением питательных веществ. Появление гигантских гепатоцитов с крупными ядрами и низким цитоядерным соотношением позволяет предполагать, что причиной наблюдаемого явления также может быть нарушение клеточного деления и изменения, связанные с жировой дистрофией в результате неблагоприятных внешних воздействий на организм.

Глава VII. Влияние антропогенных факторов на обмен веществ личинок и сеголеток остромордой лягушки.

В ряде работ (Шварц и др., 1973; Добринский и др., 1978; Groebbela, 1922) было показано, что метаморфический климакс сопровождается значительным повышением выделения углекислоты и поглощением кислорода, что свидетельствует о повышенном уровне обменных процессов в этот период. К началу метаморфического климакса в клетках печени личинок бесхвостых амфибий происходит увеличение содержания гликогена, полисахаридов и липидов (Guétant, 1973 и др.). Крумп (Crump, 1981) была высказана мысль, что пока личинки не накопили минимального запаса энергии, их метаморфоз невозможен. Нами проведены наблюдения за процессом накопления липидов печени личинок и сеголеток, а также исследована интенсивность обмена веществ метаморфизировавшихся особей из естественных условий.

I. Накопление жиров в печени личинок и их расход у сеголеток.

Анализ гистологических препаратов показал, что в печени личинок 25-27 стадий развития появляются мелкие жировые включения, которые постепенно увеличиваются в размерах и к 28 стадии заполняют печёночные клетки. В печени личинок из "чистых" водоёмов мелкие жировые включения появляются на 25-28 стадиях развития, а в печени животных, подверженных загрязнению, позднее - на 26-28 стадии. Замедленное образование жировых включений отмечалось и у животных из водоёма 3,

которые проходили развитие при высокой плотности популяции. У всех особей из этого водоёма на 27 стадии в печени были обнаружены липосомы, но у 83% животных они только появились. Запасённая в виде жиров энергия расходуется в период метаморфического климакса в тот момент, когда животные не питаются и у них идёт сложная перестройка личиночных органов и тканей. Через 10 дней после завершения метаморфоза у сеголеток из контрольных водоёмов включения исчезают. Расход липидов у животных, развитие которых происходило в водоёмах, подверженных антропогенному прессу, происходит ещё до завершения метаморфоза.

Тенденция более раннего исчезновения жировых включений в гепатоцитах животных, развивавшихся под влиянием химических веществ, наблюдалась в эксперименте. Таким образом, наблюдения в природе и в эксперименте показали, что на ранних этапах онтогенеза развитие животных под воздействием неблагоприятных факторов сопровождается замедлением процессов накопления липидов и интенсивного их расходования, что способствует снижению жизнеспособности молодых особей.

II. Выделение углекислоты, сеголетками остромордой лягушки

Учитывая влияние на обмен веществ различных факторов (температуры, активности животных, морфотипа, питания, количества суток со дня окончания метаморфоза и т.д.) всех сеголеток в процессе опыта помещали в равные условия; Газообмен измеряли у сеголеток одной морфы через день после резорбции хвостовой почки. Животных не кормили, температуру в камере поддерживали на уровне 20°C, показания прибора снимали в момент самой низкой активности сеголеток. Полученные результаты показали более высокую интенсивность выделения CO₂ у сеголеток, развивавшихся в условиях антропогенного пресса (до 0,92 мл. CO₂ г./час) по сравнению с контролем (0,53-0,59 мл CO₂ г/час). Сравнение этих показателей по одному и тому же водоёму, но в разные годы, когда поступление загрязнений было прекращено, показало заметное снижение уровня обмена. Например, в водоёме 2 в 1980 году он составил 0,86 мл. CO₂ г/час, а в 1982-0,58 мл. CO₂ г/час.

Таким образом, проведённые наблюдения показали, что антропогенные загрязнения оказывают влияние на интенсивность обмена, это в свою очередь ведет к большим энергозатратам в период метаморфического климакса и может отразиться на выживаемости молодых особей в первые дни жизни на суше.

ВЫВОДЫ

I. Сравнение роста, развития и морфофизиологических показателей личинок и сеголеток остромордой лягушки из условий лабораторного эксперимента, где было испытано действие нескольких возможных компонентов антропогенного загрязнения (фенол, сульфат меди, сульфат натрия, хлористый натрий) при разных концентрациях и аналогичных показателях состояний популяции природных водоемов с разным уровнем загрязнений в промышленных районах позволило определить характер воздействия загрязнений на их функциональное состояние. По некоторым показателям выявлена индикаторная роль морфофизиологических характеристик в интересах экологического мониторинга.

II. Изучение действия отдельных химических соединений-компонентов антропогенных загрязнений позволило выявить как специфические особенности их влияния, так и неспецифические реакции животных, проявляющихся в сходном воздействии изученных соединений в лабораторных экспериментах и в природных водоемах.

Обнаружен ряд однотипных специфических реакций, в результате которых происходит :

- а) Увеличение эмбриональной смертности более чем на 40%;
- б) Снижение массы тела в начале и резкое ее увеличение в конце личиночного периода развития;
- в) Увеличение variability размеров тела в середине периода личиночного развития;
- г) Увеличение variability сроков развития;
- д) Увеличение относительного веса печени;
- е) Увеличение средних размеров гепатоцитов и их ядер при одновременном снижении цитоядерного соотношения; появление гигантских гепатоцитов.
- ж) Увеличение уровня обмена веществ у метаморфизировавшихся животных и интенсивный расход энергетических резервов в процессе метаморфического климакса.
- з) Разработана методика выявления патологических изменений в печени.

III. Для целей экологического мониторинга наиболее ненадежными характеристиками неблагополучного состояния популяции могут быть следующие:

а) Увеличение относительного размера печени до 50 – 70%;

б) Увеличение средних размеров ядер гепатоцитов и снижение цитоядерного соотношения, появление гигантских гепатоцитов и ядер.

в) Скорость роста и развития, эмбриональная и личиночная смертность могут быть использованы в качестве индикаторных показателей только при проведении постоянных наблюдений.

IV. Последствия длительного воздействия различных химических соединений, содержащихся в промышленных стоках на жизнеспособность метаморфизировавших животных необходимо учитывать в первые 10 дней их жизни на сушее.

ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ.

1. Пястолова О.А., Иванова Н.Л., Бугаева Е.А. Зависимость морфофизиологических особенностей (*Xenopus laevis*) от плотности экспериментальных колоний. – Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1979, с. 35 – 37
2. Пястолова О.А., Бугаева Е.А., большаков В.Н. Личинки амфибий как биоиндикаторы загрязнения среды. – В кн. «Вопросы герпетологии». Л., 1981, с. 112
3. Пястолова О.А., Иванова Н.Л., Бугаева Е.А. Влияние плотности на рост и развитие личинок *Rana arvalis* в естественных условиях. Экология, 1982. №2, с. 75 – 79
4. Бугаева Е.А., Влияние химических веществ на рост и развитие личинок остромордой лягушки. – В кн. «Проблемы экологии Прибайкалья». Иркутск, 1982. т. V. с. 32
5. Бугаева Е.А., Зависимость размеров гепатоцитов сеголеток остромордой лягушки от повреждающих факторов.- в кн. «Вопросы экологии животных». Свердловск, 1982, с. 33
6. Бугаева Е.А., Влияние антропогенных факторов на накопление и расход липидов в печени личинок. – в кн. Областная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Экология, человек и проблемы охраны природы». Свердловск, 1983, с. 73 – 74.