

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

На правах рукописи

УДК: 574:597.8:504.054

ДАНИЛОВА МАРИЯ НИКОЛАЕВНА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОТИ НА РАННИЕ ЭТАПЫ  
ОНТОГЕНЕЗА АКСИМИИ  
03.00.16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

*С.И.К. 2000*

Екатеринбург - 1992

Работа выполнена в лаборатории экологического мониторинга  
Института экологии растений и животных УрО РАН.

Научный руководитель:

доктор биологических наук О.А.Пястолова

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук В.С.Безель

кандидат биологических наук Л.Я.Топоркова

Ведущая организация: Уральский государственный  
педагогический институт.

Защита состоится *"19" мая* 1992 г. в *10<sup>00</sup>* часов на  
заседании специализированного совета Д 002.05.01 по защите  
диссертаций на соискание ученой степени доктора наук в Институте  
экологии растений и животных УрО РАН (620219, г.Екатеринбург,  
ГСП-511, ул.8 Марта, 202).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института  
экологии растений и животных УрО РАН.

Автореферат разослан *"14" апреля* 1992 г.

Ученый секретарь специализированного совета

кандидат биологических наук



М.Г.Нифонтова.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования.

Закономерности онтогенеза и их изменения под влиянием условий внешней среды зачастую могут служить для определения благополучности развития животных и прогноза дальнейшего существования популяции. Именно в ранние периоды развития проявляются нарушения, могущие в дальнейшем погубить особь, сделать ее более слабой к стрессовым воздействиям или более доступной для хищников. Причинами изменения условий обитания могут быть как природные, так и антропогенные факторы, в особенности загрязнение среды продуктами цивилизации. Последнее делает изучение онтогенетических характеристик животных особенно важным для оценки последствий действия, в частности, нефти, загрязнение которой приобрело глобальный масштаб.

### Цель и задачи исследования.

Цель нашей работы состояла в том, чтобы экспериментально изучить действие сырой нефти на развитие личинок амфибий, их выживаемость, рост, ход метаморфического климакса и выявить нарушения этих процессов и возможные приспособительные реакции.

В задачу наших опытов входила имитация двух основных типов загрязнения водоемов, где развиваются личинки амфибий:

1. нефть попадает на водное зеркало; 2. нефть попадает на дно будущего водоема и после некоторого выветривания заливается водой.

### Научная новизна.

Впервые на значительной серии экспериментов с участием четырех видов амфибий был установлен диапазон смертельных, среднесмертельных и безвредных доз сырой нефти, определены закономерности роста и развития личинок в условиях нефтяного

загрязнения, установлены особенности метаморфоза и рассчитаны величины удельных энергозатрат в период метаморфического климакса.

#### Практическая значимость.

Результаты работы могут быть применены при оценке влияния нефтяного загрязнения на биоту, в частности, на популяции амфибий и при определении истинных масштабов распространения нефтепродуктов с учетом конвекционного переноса и работы микроорганизмов.

#### Апробация работы.

Материалы, положенные в основу работы, были опубликованы на VI и VII Всесоюзных герпетологических конференциях (1985, 1989), на Всесоюзной конференции "Экологическая энергетика животных" (1988), на молодежных конференциях ИЭРиЖ УрО АН СССР (1985, 1986, 1987, 1988, 1989). Наши данные демонстрировались в 1988 г. на ВДНХ СССР в составе коллективной работы сотрудников лаборатории экологического мониторинга ИЭРиЖ, удостоенной серебряной медали и диплома II степени.

#### Публикации материалов работы.

По теме диссертации опубликовано 11 работ и 1 находится в печати.

#### Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав и выводов. Содержание изложено на 104 страницах, включая таблицы и рисунки. В списке литературы 181 наименование, в том числе 102 на иностранных языках.

#### Введение.

В этом разделе обсуждается актуальность темы, излагаются цели и задачи работы.

## Глава 1. Современное состояние вопроса. Обзор литературы.

В этой главе рассматриваются литературные данные, посвященные воздействию нефтяных углеводородов на различные группы организмов, а также реакции амфибий на органические загрязнители в целом.

## Глава 2. Материал и методика.

Объектами для экспериментов были выбраны два природных вида: остромордая (*Rana arvalis* Nilss.) и травяная лягушки (*R. temporaria* L.) - и два, разводившихся в лаборатории : дальневосточная жерлянка (*Bombina orientalis* Boul.) и южно-африканская шпорцевая лягушка-альбинос (*Xenopus laevis* Daudin). Икра первых собиралась в естественных популяциях пригородных районов Свердловской и Челябинской областей и доставлялась в лабораторию. Из вышедших личинок формировались экспериментальные группы.

Животных содержали по методике, разработанной Шварцем и Пестоловой (1975). Головастики помещали в стеклянные аквариумы, заполненные дехлорированной водопроводной водой. В ряде опытов на дно сосудов насыпался песчаный грунт (0,5 кг). Для удобства манипуляций с личинками в каждый аквариум был опущен отрезок стеклянной трубки диаметром 3-4 см, с водным зеркалом, свободным от нефтяной пленки. Через эти стаканчики давался корм (вареные листья одуванчиков) и добавлялась вода, взамен испарившейся.

Техника внесения нефти зависела от того, какой тип природного процесса имитировался:

- 1) разлив сырой нефти образует поверхностную пленку на водном зеркале водоема. В этом случае загрязнитель наносили либо на водное зеркало, либо на дно аквариумов или грунт непосредственно перед началом эксперимента.

2) вода заполняет впадину, с выветрившейся нефтью на дне. Здесь поллютант наносили на дно аквариумов или грунт за 3 месяца до начала опыта.

В опыты брались личинки 25 - 26-й стадий развития (Терентьев, 1950). Плотность, как правило, составляла 1 личинку на 1 литр воды. В ряде экспериментов она была выше (до 7,5 личинок/л). У головастиков регулярно измеряли вес и длину тела, регистрировали стадию развития. Промеры линейных показателей сняты с помощью штангенциркуля с ценой деления 0,1 мм. Взвешивание головастиков проводили на торсионных весах WT-1000 (деление - 1 мг). Эти данные обработаны по стандартным программам дисперсионного и множественного регрессионного анализа на ЭВМ СМ-3.

В настоящей работе использованы данные 15 экспериментов, общее число личинок составило 1637. Диапазон доз свежей нефти составил от 0,005 до 0,500 мл/л, выветренной - от 1,65 до 16,67 мл/л.

Ежедневно учитывалось число погибших животных, на основании этих данных были составлены графики выживаемости. Рассчитывались среднесмертельные дозы LD50. Для этого использовалась методика Штабского с коллегами (1980), представляющая собой аналог пробит-анализа.

Постоянно регистрировалась температура воды в аквариумах.

В ряде экспериментов проводились расчеты удельных энергозатрат на метаморфоз. В этом случае пользовались схемой вычислений, предложенной Бартом и Бартом (Barth, Barth, 1954) в модификации Шварца, Пястоловой, Добринского (1973) для остромордой лягушки.

Анализировалось также содержание углеводов в среде аквариумов (опыты 1988 г.). Для этого использовалась методика

тонкослойной хроматографии на слое окиси Al с УФ-окончанием, используемая в Госкомгидромете. Анализы проводились на аппаратуре лаборатории ихтиологии СибирьНИИпроект (Тюмень).

В некоторых экспериментах регистрировалась динамика pH и кислорода. Первая характеристика определялась с помощью универсального иономера ЭВ-67. Количество растворенного кислорода рассчитывалось по полярограммам, сделанным на полярографе ОН-102 при помощи закрытого электрода Кларка.

Описание условий проведения экспериментов приводится в таблице.

### Глава 3. Физико-химическое состояние водной среды в экспериментальных аквариумах.

В главе описываются такие характеристики водной среды, как содержание кислорода, pH и содержание углеводов.

Количество растворенного кислорода в аквариумах колебалось от 3,9 до 6,5 мг/л, почти как в природных водоемах (Ковальчук, 1978). Низшие цифры отмечены при наиболее высоких дозах нефти.

pH колебалась в пределах 6,8 - 7,8, тогда как для амфибий оптимальной считается 7,1 - 7,7 (Терентьев, 1950).

Содержание углеводов анализировалось по трем основным компонентам: нефтяным углеводородам, смолистым компонентам и гидрофобным компонентам. Количества нефтепродуктов, содержащиеся в аквариумах, во много раз превышали начальные дозы нефти. При этом содержание углеводов в контрольных и экспериментальных сосудах было сходным. Загрязнение не могло быть внесено с водой, фильтровавшейся через активированный уголь, или песком, прокаленным при  $t=800^{\circ}\text{C}$ . Механический перенос нефти при манипуляциях с амфибиями или приборами исключается.

Таблица. Сравнительные дозы ионизирующей радиации в начале и конце периода облучения (МК).

№ опыта	Имя	Пробит	Условия опыта, характер ишемии ионизирующей радиации	Доза мр/а	Плотность ионизирующей радиации, аич./а	Средняя доза, эв	Доза в 100 г ионизирующей радиации	Амплитуда ионизирующей радиации, гвб/а	МК
1	Рапа арваллс	-	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,00 1,65	1	0,650±0,200	15	24	45
2	Рапа арваллс	-	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,00 0,50	1	0,210±0,090	24	28	48
3	Рапа арваллс	песок 0,5кг	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,00 3,33 18,67	1	1,870±1,760	32 21	28	44 81
4	Рапа арваллс	-	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050	5	-	-	-	58 59 57 56
5	Рапа арваллс	-	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050 0,100	1	0,018±0,008	48 28 27	32 32	65 55 60 68
6	Рапа тетрогалис	-	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050 0,100	1	0,007±0,005	25 31 30 22	46 30 30	56 61 65
7	Рапа арваллс	песок 0,5кг	Анксиозная форма ионизирующей радиации на 3 месяца до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050	1	0,018±0,008	15 24	24	43 44 47 41



8	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена имитом за 2 недели до начала опыта; вода имитом вода имитом чистой	0,0000 0,0005 0,0010 0,0025 0,0050	7,5					46 48 58 58 67
9	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена имитом за 2 недели до начала опыта	0,0000 0,0005 0,0010 0,0025 0,0050	7,5	0,0008±0,0004				54 58 51 52 68
10	<i>Bombina orientalis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,0000 0,0025 0,0500 0,1000	8,5	-				58 58 49 58
11	<i>Rana temporaria</i>	песок 0,5кг	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность песка	0,000 0,010 0,100	1	0,025±0,028				54 68 -
12a	<i>Xenopus laevis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,000 0,005 0,050 0,500	1	0,024±0,014				Анхлор нет -
12b	<i>Xenopus laevis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,000 0,050 0,050 0,500	3,3	0,003±0,003				Анхлор нет -
13	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,000 0,005 0,050 0,500	1	0,030±0,008				51 51 -
14	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,000 0,005 0,050	1	0,028±0,008				52 63 -
15	<i>Rana arvalis</i>	песок 0,5кг	Анхлорированная вода; икра затравлена перед началом опыта на поверхность воды	0,000 0,050 0,500	1	0,350±0,100				58 62 -

Мы предположили, что на начальных этапах опытов, когда происходило активное испарение нефти, часть углеводородов диффундировала из воздуха в воду контрольных аквариумов. Далее углеводороды стали источником пищи для нефтеокисляющих микроорганизмов, размножившихся в воде, на поверхности стекла и в грунте. Накопление биомассы микроорганизмов, трансформация имеющихся углеводородов и производство новых привели к увеличению содержания нефтепродуктов в наших опытах, что было показано данными анализа. При этом избыточные количества углеводородов не оказывали негативного влияния на амфибий. Вероятно, сила воздействия нефтепродуктов на живые организмы определяется в большей степени их составом, нежели количеством.

#### Глава 4. Вызываемость амфибий в условиях эксперимента.

Для оценки вызываемости нами использовались следующие характеристики:

1. - среднесмертельная или среднелетальная доза (LD50) - доза, вызывающая гибель 50% особей в группе;
2. - сублетальная доза - доза не вызывающая 100%-й гибели особей в группе;
3. - летальная или смертельная доза (LD100) - доза, вызывающая гибель всей группы.

В естественных природных условиях вызываемость личинок земноводных довольно низка.

У *Rana arvalis* к концу личиночного периода численность снижается в 30 раз от начального числа яиц и в 10 раз от числа вытупившихся головастиков (Шупак, 1969, 1970). В наших опытах отход контрольных особей остромордой лягушки составлял до 60% (опыт N 9), что не превышает 90%, наблюдаемых в природе.

Смертность травяной лягушки к началу метаморфоза составляет

80,4 - 96,8% от начального количества икринок (Банников, Денисова, 1956). В наших экспериментах с *Rana temporaria* отход в контроле не превышал 35%, что ниже естественного уровня элиминации.

Те же авторы приводят для *Bombina bombina* цифру эмбриональной и личиночной смертности - 45,8% (данных по выживаемости *B.orientalis* в природе нам найти не удалось). В наших опытах гибель контрольных жерлянок составляла 23%.

В контрольной серии опыта N 12а погибли 3% *Xenopus laevis*, а в эксперименте N 12б - 32%. Вторая цифра, видимо, результат пребывания головастиков при повышенной плотности (100 личинок/3 л). Мы не располагаем данными о естественной гибели шпорцевых лягушек, но можем предположить, что она, по всей видимости, не слишком отличается от цифр, приведенных для остальных объектов. В таком случае отход контрольных животных не превышает природного.

Раз элиминация в контрольных сериях не отличалась от наблюдаемой в природе, то они действительно могут служить эталоном для оценки гибели в экспериментальных группах.

Для *Rana arvalis* летальными были все концентрации свежей нефти от 0,050 мл/л и выше. Если же в аквариумах содержался песчаный грунт (опыт N 15), то действующая доза возрастала до 0,500 мл/л. Концентрации выветренной нефти, летальные для остромордой лягушки были больше 0,050 мл/л.

В условиях повышенной плотности (опыты N 4, 8 и 9) 100%-я гибели не наблюдалось ни в одной из экспериментальных серий. Причина этого, вероятно, в том, что нефть добавлялась в аквариумы, где находилась икра. Поэтому, когда вышли личинки, наиболее токсичные компоненты уже разложились или улетучились. К тому же в опыты отбирали головастиков не имевших внешних отклонений.

О.А.Пястоловой (1984) отмечалось, что дозы сырой нефти от

0,025 мл/л и выше вызывали более, чем 60%-ю смертность эмбрионов *R. arvalis* и полную гибель личинок. Для головастиков, чье эмбриональное развитие проходило в незагрязненных условиях, летальными были концентрации свыше 0,15 мл/л. В наших опытах LD100 для личинок остромордой лягушки была ниже - 0,05 мл/л.

*R. temporaria* оказалась более чувствительной к действию свежей нефти: полную гибель личинок вызывали дозы от 0,025 мл/л и выше. В присутствии песка (опыт N 11) LD100 оказалась выше - 0,1 мл/л.

У головастиков *B. orientalis* смертность при всех дозах нефти не превышала 50%. Это можно объяснить их высокой толерантностью к загрязнению и низкими значениями испытывавшихся концентраций загрязнителя.

Результаты, полученные в опытах с *X. laevis*, сходны с данными для *R. arvalis*. В обоих опытах (N 12a: плотность 1 личинка/л, N 12б: 100 личинок/3 л) летальными были дозы от 0,05 мл/л и выше. Однако 50%-я гибель в концентрации 0,005 мл/л наблюдалась только при повышенной плотности.

Таким образом, устойчивость использованных видов амфибий к сырой нефти убывала в последовательности *Bombina orientalis* - *Rana arvalis* и *Xenopus laevis* - *Rana temporaria*.

#### Глава 5. Развитие и рост личинок амфибий в условиях эксперимента.

Характеристики роста и развития использованных нами видов земноводных в природе и эксперименте достаточно изучены (Терентьев, 1950, Банников, Денисова, 1956, Шварц, Пястолова, 1970, Белова, 1972, Банников и др., 1977, и т.д.). Поскольку классификация стадий развития, которой мы пользовались, разработана П.В.Терентьевым (1950) для рода *Rana* мы применяли ее только к бурым лягушкам.

У *Rana arvalis* длительность личиночного развития в естественных условиях составляет 45–65 дней. В наших экспериментах длительность развития головастиков в контроле равнялась 43–62 дням. В сериях с добавкой нефти превышение нормальных сроков онтогенеза наблюдалось лишь при дозе нефти 0,005 мл/л в опытах N 8 и 9: 67 и 68 дней, соответственно. В обоих экспериментах прямому действию нефти подверглись еще эмбрионы. При остальных концентрациях средние сроки развития личинок не превышали естественных границ, но тем не менее, наблюдалось ингибирование темпов онтогенеза в опытах N 2, 3, 5, 8 и 9: при дозах от 0,010 мл/л и выше переход к 27–28-й стадиям задерживался по сравнению с контролем.

Личиночный период у *Rana temporaria* занимает в природе 45–60 дней. Средняя длительность развития личинок травяной лягушки в контрольных сериях опытов составляла 54–66 дней. В экспериментальных группах эти сроки равнялись 61–66 дням, что говорит о торможении онтогенеза даже сублетальными дозами нефти (рис. 1).

Помимо ингибирования наблюдалась некоторая стимуляция темпов развития концентрациями 0,005 – 0,010 мл/л (опыты N 4, 6 и 9): экспериментальные животные опережали контрольных при переходе к 27–28-й стадии (рис. 1).

Наиболее реактивной оказалась 26-я стадия. Именно на ней происходило замедление темпов развития при сублетальных дозах и гибель животных при летальных (рис. 1). Это согласуется с выводом Е.Л.Шупак (1978) о том, что количество сегментов определяется скоростью роста личинок до появления дифференцированных задних конечностей.

Статистическая обработка данных промеров длины и веса тела

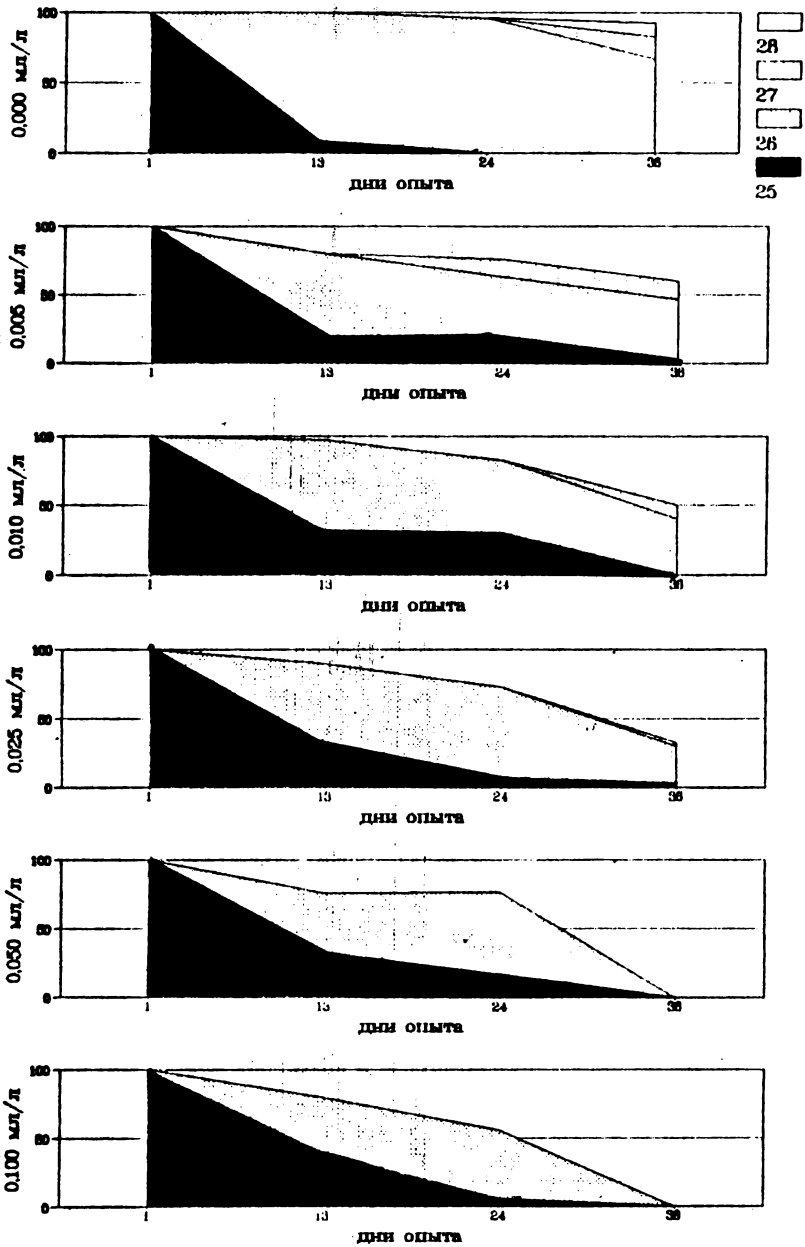


Рисунок 1. Развитие головастиков *Rana temporaria* в опыте N 6 (по оси Y отложена численность в % от начального объема выборки).

головастков в ходе экспериментов показала, что достоверные отставания от контроля по этим признакам наблюдались в сериях с летальными дозами нефти. Вероятно, этот эффект был следствием общетоксического действия загрязнителя.

Затягивание развития в результате действия углеводородов отмечено у ракообразных (Fornя, 1977), рыб (Михайлова, 1986, Мазманиди 1987), амфибий (Rose, 1977, Пястолова, 1984), птиц (Holmes, 1986). Но, по всей вероятности, ингибция онтогенеза — неспецифическая реакция на неблагоприятные условия среды, т.к. она наблюдается и при действии других загрязнителей (Paulov, 1977, Бугаева, 1983, Gelnarova, 1987).

## Глава 6. Метаморфоз амфибий, подвергнувшихся действию нефти.

### 1. Сроки начала метаморфического климакса.

Для каждой серии каждого опыта (кроме 12 а и б) были рассчитаны даты начала превращения (отсчетной точкой служил день выклева), представленные в таблице.

В опытах N 2, 5, 13, 14 и 15, где изучалось действие свежей нефти на личинок *R. arvalis* наблюдалась задержка метаморфического климакса дозами от 0,010 до 0,050 мл/л. При этом отставание коррелировало с величиной дозы.

В экспериментах с участием *R. temporaria* (N 8 и 11) отмечалась подобная картина в диапазоне доз нефти от 0,005 до 0,025 мл/л.

У *B. orientalis* (опыт N 10) метаморфический климакс начался одновременно во всех сериях кроме дозы 0,0050 мл/л (таблица), но последний факт, скорее всего, случайное отклонение.

Следует отметить, что в тех экспериментах, где был добавлен песок, величина минимальной дозы, тормозящей развитие повышалась (N 5: 0,010 мл/л — N 15: 0,050 мл/л; N 8: 0,005 мл/л — N 11: 0,010 мл/л).

В опытах с использованием выветренной нефти (N 1, 3 и 7) задержка метаморфоза наблюдалась лишь при дозе 3,33 мл/л (опыт N 3). В эксперименте N I единственная использовавшаяся концентрация была летальной, а в опыте N 7 сроки наступления метаморфического климакса в присутствии нефти отличались от контроля на 2 - 4 дня и не составляют закономерности.

В опытах, где использовались личинки, вышедшие из икры, подвергнувшейся действию свежей нефти с поверхности воды (N 4, 8 и 9) проявилась тенденция к зависимости сроков наступления метаморфоза от величины дозы загрязнителя. Наиболее ярко эта зависимость проявилась в эксперименте N 8, несмотря на то, что наблюдения велись за головастиками, развивавшимися в воде уже не содержавшей нефтепродуктов (таблица). В опыте N 9 задержка превращения наблюдалась при дозах 0,0005 и 0,0050 мл/л (таблица). В первом случае это, вероятно, случайное отклонение, а во втором - скорее всего, результат влияния нефти.

Полученные данные говорят о том, что дозы нефти от 0,005 мл/л и выше, действовавшие на развивающуюся икру или растущих головастиков, способны задерживать наступление метаморфического климакса.

## 2. Вес тела животных до и после метаморфического климакса.

Несмотря на разницу в сроках наступления метаморфического климакса во всех опытах не было достоверных различий между контролем и экспериментом в весе тела животных, что подтверждает данные Е.Л.Шупак (1969, 1984) об отсутствии влияния длительности развития на размеры тела при метаморфозе. То есть действие сублетальных доз нефти в начале личиночного периода не нарушает процессов роста у амфибий.

## 3. Аномалии и гибель при метаморфозе.



В период метаморфического климакса довольно высока гибель амфибий. По данным К.Kadel (1975) метаморфоз проходит 0,3% яиц бурых лягушек. U.Hintermann (1984) приводит цифру 0,55%. По материалам Е.Л.Шупак (1969, 1970) к началу метаморфического климакса численность личинок *R.argalis* составляет 3,0% от начального количества икринок, а успешно заканчивает превращение только 1,5%.

Элиминация в метаморфический период может увеличиваться за счет гибели животных с теми или иными аномалиями. Эти отклонения могут возникать в результате внешних влияний, либо как следствие того, что генетическая программа не справляется с управлением процессами роста (Gollmann et al., 1984). У *Rana temporaria* нарушения осевого скелета составляют, в среднем, 16%, а в экстремальных условиях (загушенность) их число может возрасть до 35% (Коваленко, 1985). Появление различных уродств может быть следствием нарушения нормального оплодотворения яйца (Терентьев, 1950), генетических отклонений (Flindt, 1985). Действие поллютантов также вызывает отклонения в строении (Rostand, 1958, Rose, Harshbarger, 1977, Rose, 1980, Gelnarova 1987).

В наших экспериментах гибель метаморфизирующих особей, включая и имеющих отклонения, не превышала естественных пределов - 50% от числа приступивших к превращению.

Среди аномалий наиболее частой была гидропсия (полости тела, межжелудочного пространства, задних конечностей), приводившая к гибели животных. Встречались единичные искривления осевого скелета: при дозах 0,005 и 0,010 мл/л в опыте N 5, дозе 0,0025 мл/л в опыте N 10 и 0,005 мл/л в эксперименте N 13 - из этих животных погибли во время превращения лишь два первых. В опыте N 7 у трех особей наблюдалось проявление мутации "черный глаз" -

отсутствие пигментации радужной оболочки (в нашем случае левой). Это отклонение имеет генетическую природу (Rostand, 1958), не приводит к гибели сеголетов и может встречаться даже у взрослых амфибий (Вершинин, 1969). В эксперименте N 13 при дозе нефти 0,005 мл/л у четырех животных отмечена ригидность задних конечностей. Она проявляется в неподвижной фиксации коленного и голеностопного суставов и чаще всего возникает под действием химических веществ (Rostand, 1958), однако нельзя однозначно утверждать, что в нашем случае это результат действия нефти. Все особи успешно прошли превращение.

#### 4. Энергозатраты метаморфизирующих особей.

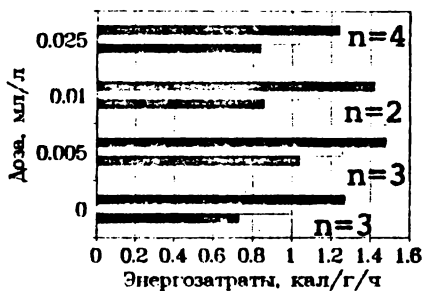
Вычисления энергозатрат производились по схеме Barth, Barth (1958). Расчеты учитывают потери сухого веса, эмпирически определенные для *Rana arvalis* (Шварц и др., 1973), поэтому потери энергии в ходе превращения даны только для этого вида.

Как видно из рисунка 2 величины энергозатрат статистически достоверно не различаются ни в контроле и в эксперименте внутри каждого опыта, ни при сравнении величин между экспериментами. Это говорит о том, что сублетальные дозы нефти не оказали влияния на энергетику амфибий в наших экспериментах.

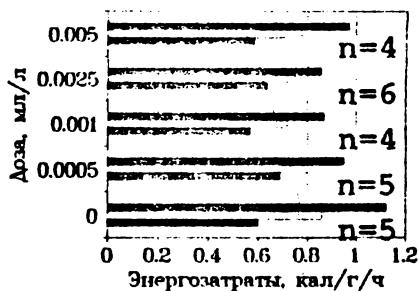
#### Выводы.

1. Показано, что в результате предполагаемой активности нефтеокисляющих микроорганизмов количество нефтепродуктов, содержащихся в аквариумах во много раз превысило объем внесенной нефти. При этом цифры были сходны и в контроле и в опыте, мало завися от дозы. Повышенное содержание углеводов в аквариумах, не оказывало негативного действия на личинок амфибий. По всей видимости, сила воздействия углеводов на живые организмы определяется не столько количественными, сколько качественными

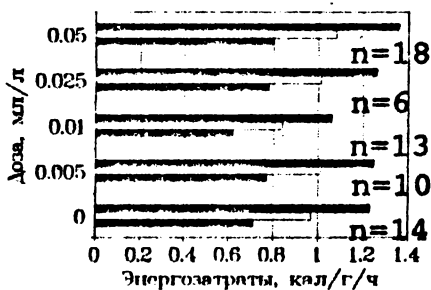
ОПЫТ N 5



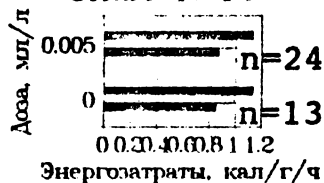
ОПЫТ N 9



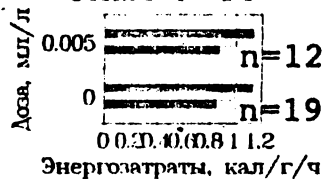
ОПЫТ N 7



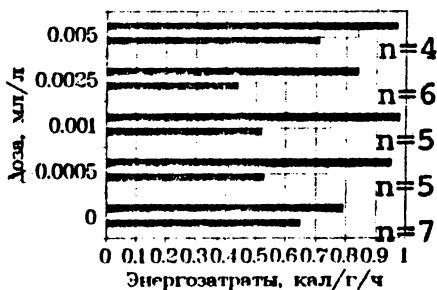
ОПЫТ N 13



ОПЫТ N 14



ОПЫТ N 8



ОПЫТ N 15

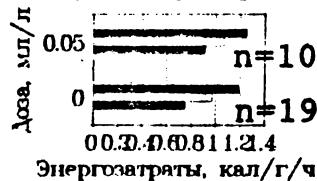


Рисунок 2. Удельные энергозатраты на метаморфоз (светлая колонка - выборочная средняя, темные колонки - размах колебаний стандартного отклонения).

характеристиками действующих соединений.

2. Токсический эффект прямо зависел от начальных доз нефти. Толерантность земноводных к углеводородам убывала в последовательности: *Bombina orientalis* (летальная доза не была установлена) - *Rana arvalis* и *Xenopus laevis* (гибель вызывали концентрации нефти от 0,050 мл/л и выше) - *Rana temporaria* (смертельная доза равнялась 0,025 мл/л). При летальных концентрациях нефтепродуктов развитие головастиков тормозилось, рост и вес были достоверно меньше, чем в других сериях.

3. Присутствие песчаного грунта в аквариумах снижало действующие дозы на порядок.

4. Сублетальные дозы нефти действовали двояко:

- либо наблюдалась стимуляция развития, что проявилось в опережении контроля при переходе к 27 - 28-й стадиям. Длительность развития это не изменяло.

- либо происходило торможение онтогенеза без отставания от контроля по длине и весу тела. При этом наиболее чувствительными были головастики *Rana arvalis* и *Rana temporaria* 26-й стадии. Растягивание периода развития приводило к задержке метаморфического климакса на срок до 12 дней по сравнению с контролем.

5. У животных, успешно прошедших метаморфоз, вес тела до и после превращения не имел достоверных различий у экспериментальных и контрольных животных.

В присутствии песка вес тела до и после превращения у животных и в опыте, и в контроле был достоверно выше, чем в других опытах.

Гибель и число аномалий у экспериментальных и контрольных животных не отличались.

5. Влияние нефти существенно не отразилось на накоплении и расходе энергетических ресурсов организма амфибий во время метаморфического климатса.

6. Повышенная плотность содержания личинок (свыше 1 особи/л) уменьшала чувствительность амфибий к нефтепродуктам в начальный период экспериментов.

Пребывание личинок ранних стадий при повышенной плотности достоверно снижало их вес при метаморфозе, но не влияло на процессы роста, развития и энергетику во время превращения.

7. Затягивание личиночного периода делает амфибий более долгое время доступными для хищников и приводит к запаздыванию выхода на сушу. Снижение скорости роста на ранних стадиях развития приводит к увеличению смертности в период метаморфоза. Это может иметь серьезные последствия для животных из поздних кладок и северных популяций, обитающих в условиях короткого лета.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Данилова М.Н. Влияние нефти на рост и выживаемость личинок остромордой лягушки // Вопросы герпетологии: 6 Всесоюз. герпетол. конф. - Л., 1985 - С. 67-68.

2. Данилова М.Н. Новые данные по воздействию нефти на развитие личинок остромордой лягушки // Научные основы охраны природы Урала и проблемы экологического мониторинга в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС - Свердловск, 1985 - С. 16-17.

3. Пястолова О.А., Данилова М.Н. Рост и развитие *Rana argvalis* Nilss. в условиях имитации нефтяного загрязнения - Экология. - 1986 - N 4 - С. 27-31.

4. Пястолова О.А., Шилова И.И., Маковский В.И., Игошева Н.И., Балахонов В.С., Цекрасова Л.С., Данилова М.Н. Влияние

нефтяных загрязнений на состояние экосистем Севера// Экологические основы рационального использования и охраны природных ресурсов - Свердловск, 1987 - С. 168-170.

5. Данилова М.Н. Имитация нефтяного загрязнения и ранний онтогенез бурых лягушек// Экологические системы Урала : изучение, охрана, эксплуатация - Свердловск, 1987 - С. 17.

6. Данилова М.Н. Экспериментальное изучение развития личинок бурых лягушек при нефтяном загрязнении// Экологические механизмы преобразования популяций животных при антропогенных воздействиях. - Свердловск. 1987. - С.23-24.

7. Данилова М.Н. Энерготраты на метаморфоз у остромордой лягушки в условиях имитации нефтяного загрязнения// Экологическая энергетика животных: Всесоюз. совещ. - Пушино, 1988 - С. 57-58.

8. Данилова М.Н. Кислотность воды и содержание  $O_2$  при экспериментальном воздействии нефти на личинок амфибий// Актуальные проблемы экологии: экологические системы в естественных и антропогенных условиях среды - Свердловск, 1989 - С. 29-30.

9. Данилова М.Н. Личинки шпорцевой лягушки в условиях имитации нефтяного загрязнения и различной плотности// Вопросы герпетологии: 7 Всесоюз. герпетол. конф. - Киев, 1989 - С. 75-76.

10. Данилова М.Н. Воздействие нефти на амфибий в эксперименте// Животные в условиях антропогенного ландшафта. - Свердловск, 1990. - С.19-29.

11. Данилова М.Н. Влияние разливов нефти на популяции земноводных// Освоение Севера и проблема рекультивации. - Сыктывкар, 1991. - С.61-62.



---

Типолаборатория Урл

Заказ 525 Тираж 125 экз.