

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 *10⁰⁰* 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, дозы гамма-лучей и дозы нейтронов в начале метеорологического климатического периода (МК).

№ опыта	Имя	Пробит	Условия опыта, характер инициации ионизирующей радиации	Доза мр/л	Плотность, аич./л	Средняя доза, вт	Доза в 100 г и в начале МК	Амплитуда гамма-лучей
1	Рапа арвайя	-	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,00 1,65	1	0,660±0,200	- 15	- 24
2	Рапа арвайя	-	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,00 0,50	1	0,210±0,090	- 24	- 28
3	Рапа арвайя	песок 0,5кг	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,00 3,33 18,67	1	1,870±1,760	32 21	- 28
4	Рапа арвайя	-	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050	5	-	-	-
5	Рапа арвайя	-	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050 0,100	1	0,018±0,008	-	-
6	Рапа теорогария	-	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,000 0,005 0,010 0,025 0,050 0,100	1	0,007±0,005	-	-
7	Рапа арвайя	песок 0,5кг	Антропогенная вода; ионизирующая радиация на протяжении 3 месяцев до начала опыта	0,000 0,005 0,010	1	0,018±0,008	-	-

8	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода! Искра затравлена импульсом за 2 недели до начала опыта! Период ища импульсов вода изменила частоту	0,0000 0,0010 0,0010 0,0025 0,0050	7,5					46 48 58 58 67
9	<i>Rana arvalis</i>	-	Анхлорированная вода! Искра затравлена импульсом 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! Искра 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 0,5г	Анхлорированная вода! Искра 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! Искра 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! Искра 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! Искра 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! Искра 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 0,5г	Анхлорированная вода! Искра 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

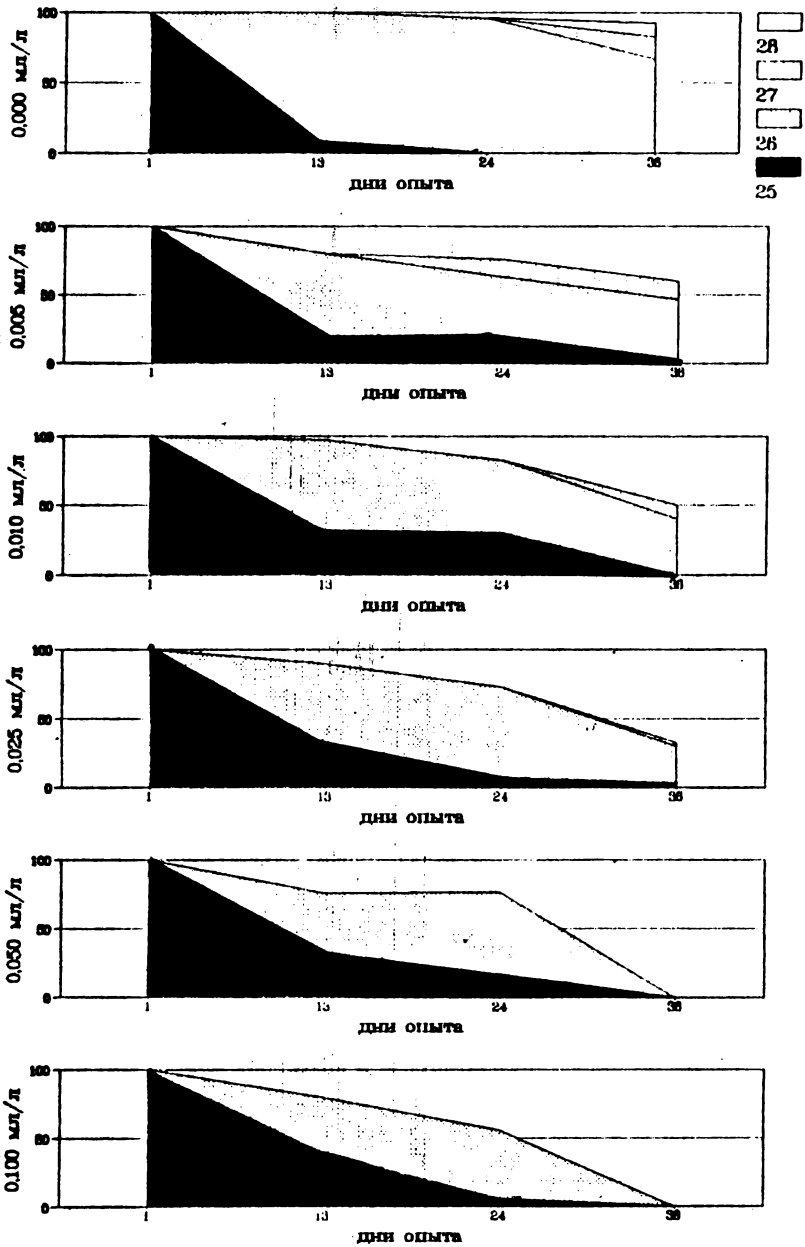


Рисунок 1. Развитие головастиков *Rana temporaria* в опыте N 6 (по оси Y отложена численность в % от начального объема выборки).

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 метаморфозирующих особей.

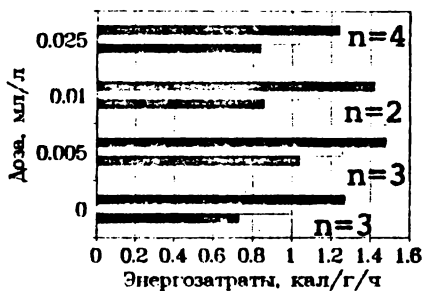
Вычисления энергозатрат производились по схеме Barth, Barth (1958). Расчеты учитывают потери сухого веса, эмпирически определенные для *Rana arvalis* (Шварц и др., 1973), поэтому потери энергии в ходе превращения даны только для этого вида.

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.

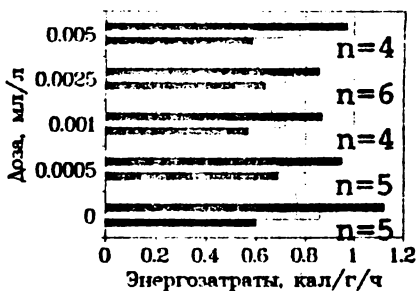
Выводы.

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

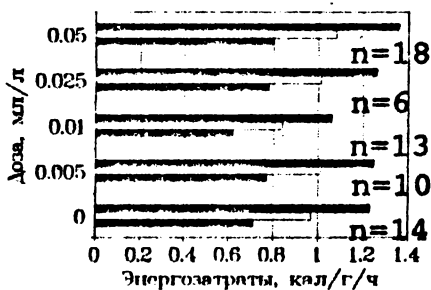
ОПЫТ N 5



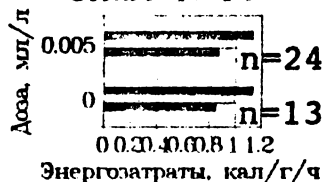
ОПЫТ N 9



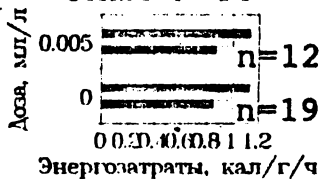
ОПЫТ N 7



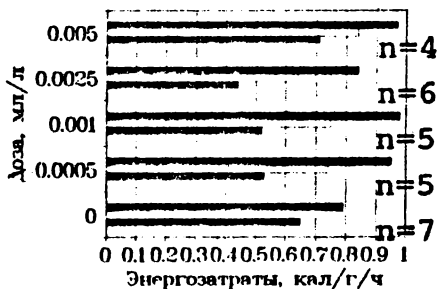
ОПЫТ N 13



ОПЫТ N 14



ОПЫТ N 8



ОПЫТ N 15

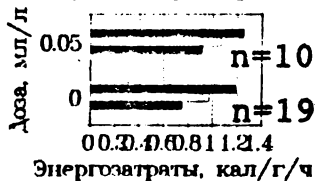


Рисунок 2. Удельные энергозатраты на метаморфоз (светлая колонка - выборочная средняя, темные колонки - размах колебаний стандартного отклонения).

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 климакса.

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.