

УДК 576.895.122 : 594.3

© 1992

**ВЛИЯНИЕ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ  
И ВОЗДЕЙСТВИЯ АЗОТНОКИСЛЫМ СВИНЦОМ НА ЛЕГОЧНОЕ  
И КОЖНОЕ ДЫХАНИЕ РОГОВЫХ КАТУШЕК**

**А. П. Стадниченко, Н. Н. Сластенко, Л. Н. Куркчи, И. А. Томашевская,  
Е. А. Янаки**

Исследовано влияние трематодной инвазии и различных концентраций ( $0.01, 0.1, 1 \text{ мг/л}^{-1}$ ) азотнокислого свинца на особенности дыхания катушки роговой. При инвазии продолжительность заборов воздуха длиннее, а интервалов между ними короче, разовый объем поступающего в легкое воздуха при каждом очередном «вдохе» в 1.3 раза больше, чем у свободных от инвазии животных.

В токсической среде (у незараженных особей при 0.1, у зараженных при  $0.01 \text{ мг/л}^{-1}$ ) развивается острое отравление (стадия депрессии). При этом продолжительность интервалов между очередными заборами воздуха увеличивается в 1.5—2 раза, а разовый объем «вдоха» сокращается в среднем на 26.5%. При  $1 \text{ мг/л}^{-1}$  токсиканта быстро следуют одна за другой сублетальная и летальная стадии отравления, в процессе которых наблюдается прогрессирующее угнетение дыхательной функции вплоть до полного его угасания. У зараженных особей клиническая картина отравления выражена ярче, а патологический процесс завершается летальным исходом намного раньше, чем у свободных от инвазии животных.

Все возрастающее загрязнение водной среды ионами тяжелых металлов вызывает настоятельную необходимость исследования их воздействия на различные стороны жизнедеятельности гидробионтов, в том числе и пресноводных брюхоногих моллюсков. В сточных водах химических, гальванических, металлообрабатывающих предприятий, в рудничных и шахтных водах, в выхлопах автомобильного транспорта содержатся различные соединения свинца, рано или поздно попадающие в водоемы. Как и другие тяжелые металлы, свинец относится к группе высокотоксичных и долго сохраняющихся агентов. Его ПДК (на  $\text{Pb}^{2+}$ ) составляет  $0.1 \text{ мг/л}^{-1}$  (санитарно-гигиеническая норма). На пресноводных рыб он оказывает токсическое воздействие при  $0.02—0.04 \text{ мг/л}^{-1}$  (Лукьяненко, 1967). В местах залповых выбросов стоков, содержащих соединения свинца, концентрация  $\text{Pb}^{2+}$  нередко составляет от 20 до 55 ПДК. Так, в сточных водах коксохимического завода (Днепропетровск)  $\text{Pb}^{2+}$  отмечен в количестве  $1.97—5.52 \text{ мг/л}^{-1}$  (Лубянов, 1975).

Поскольку соединения свинца являются ядами локального действия (Мегелев и др., 1971), вызывающими изъязвление кожных покровов и эпителия, выстилающего органы дыхания гидробионтов, мы попытались выяснить, какое воздействие оказывают растворы азотнокислого свинца разной концентрации на особенности дыхания роговых катушек.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

177 экз. катушек роговых *Planorbarius corneus* (Linné, 1758), собранных в небольшом заболоченном водоеме в бассейне р. Гуйва у с. Малая Пятигорка (Житомирская обл.) в июне 1990 г. Моллюски были спонтанно инвазированы партенитами Echinostomatidae, локализованными в гепатопанкреасе. Интенсивность инвазии умеренная (мелкие и среднего размера разрозненные очаги).

Продолжительность предопытной акклимации животных 2—5 сут (температура воды 18—20° рН 7.2—7.5). Для затравливания среды использован азотно-кислый свинец (0.01, 0.1 и 1 мг/л<sup>-1</sup>). Токсические среды приготавливали на дехлорированной отстаиваемой (24 ч) водопроводной воде. Экспозиция в них подопытных животных составляла 48 ч. Через 24 ч токсическую среду обновляли.

Опыты по изучению дыхательного поведения моллюсков поставлены по несколько модифицированной методике Жадина, детально описанной в более ранней нашей работе (Стадниченко и др., 1990).

Цифровые результаты исследования обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Газообмен у катушковых осуществляется в основном с помощью легкого и диффузно (через покровы тела), в меньшей мере — при участии адаптивной жабры. Легочное дыхание моллюсков связано с периодическим всплыванием их к пленке поверхностного натяжения воды для забора воздуха в легочную полость. О скорости истощения запасов кислорода в легком катушек мы судим по продолжительности интервалов между очередными поднятиями животных для «вдоха». В контрольной группе она составляет в среднем 53 мин при наличии статистически достоверных различий ( $P > 99.9\%$ ) между незараженными и зараженными особями (см. таблицу). Последними вентиляция легкого осуществляется чаще, что обусловлено заметным сокращением (на 8%) продолжительности интервалов между ними. Обсуждаемый показатель подвержен четко выраженной суточной ритмичности: у незараженных особей «ночные» интервалы в 1.3, а у зараженных в 1.4 раза продолжительнее «дневных» ( $P > 99.9\%$ ).

Заполнение полости легкого атмосферным воздухом завершается у свободных от паразитов животных за 9.3—10.2, у зараженных — за 8.6—11.0 мин.

Влияние различных концентраций (мг/л<sup>-1</sup>) азотнокислого свинца на легочное и кожное дыхание *Planorbarius corneus* в норме и при инвазии партенитами Echinostomatidae

Echinostomatidae invasion and different concentrations (mg/l<sup>-1</sup>) of lead nitrate impact upon lung and dermal breath of *Planorbarius corneus*

Инвазия	Интервал между очередными заборами воздуха, мин			Продолжительность забора воздуха, мин			Объем вдыхаемого воздуха, кол-во пузырьков			Продолжительность выживания при заполнении легкого водой, сут		
	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\sigma$	$V$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\sigma$	$V$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\sigma$	$V$	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	$\sigma$	$V$
Контроль												
Нет	46.73±0.26	1.28	2.74	9.28±0.15	0.75	8.08	8.63±0.23	1.17	13.56	2.36±0.12	0.60	25.42
Есть	43.02±0.30	1.17	2.72	10.93±0.18	0.70	6.40	10.78±0.42	1.63	15.12	1.80±0.11	0.41	23.00
0.01 мг/л <sup>-1</sup>												
Нет	42.06±0.43	1.93	4.59	13.39±0.09	0.41	3.06	14.10±0.32	1.44	10.21	2.36±0.17	0.77	32.63
Есть	40.10±0.59	2.77	6.91	7.69±0.11	0.52	6.76	8.14±0.53	2.49	30.59	1.71±0.10	0.47	27.49
0.1 мг/л <sup>-1</sup>												
Нет	89.72±0.78	4.41	4.92	14.33±0.16	0.90	6.28	6.64±0.16	0.88	13.25	1.77±0.09	0.53	29.94
Есть	80.04±0.63	2.29	2.86	19.11±0.14	0.49	2.56	4.53±0.95	3.44	75.94	1.02±0.26	0.95	93.14

Причем в дневное время продолжительность «вдоха» у инвазированных трематодами катушек на 18 % превышает таковую у незараженных ( $P > 99.9\%$ ).

Разовое количество воздуха, заполняющего легкое при каждом очередном заборе, у зараженных катушек в 1.3 раза больше, нежели у одноразмерных с ними незараженных ( $P > 99.9\%$ ): оно составляет  $10.78 \pm 0.42$  и  $8.63 \pm 0.23$  (пузырьков) соответственно.

Следовательно, у инвазированных трематодами особей продолжительность заборов воздуха длиннее, а интервалов между ними короче, объем поступающего в легкое воздуха при каждом «вдохе» больше в сравнении со свободными от заражения животными. Все это хорошо согласуется с данными (Hurst, 1927; Hurst, Walker, 1933), свидетельствующими о том, что развитие патологического процесса у зараженных моллюсков сопровождается на первых порах повышением уровня их общего обмена, в том числе — возрастанием потребления ими кислорода. Необходимо отметить, однако, что это наблюдается только при невысокой интенсивности инвазии и не зашедшем далеко патологическом процессе. При тотальном поражении гепатопанкреаса и глубоких физиологических сдвигах, приводящих к развитию у катушек предшествующего летальному исходу состояния истинного шока, продолжительность интервалов между заборами воздуха заметно возрастает, а «вдоха» — сокращается, как и разовый объем поступающего в легкое воздуха. Это связано, безусловно, прежде всего с угнетением при тяжелой инвазии защитно-приспособительных возможностей хозяев, выражающемся понижением уровня их общего обмена. Кроме того, в какой-то мере вышеупомянутые изменения ритма дыхания катушек и интенсивности вентиляции их легкого, вероятно, обусловлены «переключением» у них аэробного дыхания на анаэробное, что обычно для моллюсков (Биргер, 1979), подвергнутых экстремальным воздействиям их внешней или внутренней среды (паразитарный фактор). И хотя анаэробное дыхание, с точки зрения энергообеспечения организма, малоэффективно, оно тем не менее позволяет зараженным животным на какое-то время поддержать их жизнеспособность.

Известно (Проссер, Браун, 1967), что у легочных моллюсков эффективность легочного и кожного дыхания примерно одинакова (0.026 и 0.03 мл/ч на 1 г сырой массы соответственно). Катушки, лишённые возможности подниматься к пленке поверхностного натяжения воды и вынужденные довольствоваться только кожным способом дыхания, очень скоро погибают (через 2—3 сут). Причем 100%-ная гибель зараженных особей в этом случае наблюдается гораздо быстрее (через  $1.80 \pm 0.11$  сут), чем незараженных (через  $2.36 \pm 0.12$  сут) ( $P = 99.6\%$ ). Следовательно, при прочих равных условиях инвазированные трематодами моллюски больше страдают от недостатка кислорода.

Слабый раствор азотнокислого свинца —  $0.01 \text{ мг/л}^{-1}$  ( $0.006$  — в пересчете на  $\text{Pb}^{2+}$ ) оказывает стимулирующее воздействие на незараженных и угнетающее — на зараженных катушек. У первых из них стадия стимуляции<sup>1</sup> сопровождается сокращением интервалов между заборами воздуха на 8.6 % ( $P > 99.9\%$ ), возрастанием продолжительности последних на 44.3 % ( $P > 99.9\%$ ) и увеличением объема воздуха, поступающего в легочную полость, на 63.3 % ( $P > 99.9\%$ ). Это свидетельствует о мобилизации защитно-приспособительных возможностей моллюсков в токсической среде, позволяющей им сохранить жизнеспособность почти на уровне особей контрольной группы. Так, выживаемость свободных от инвазии особей при  $0.01 \text{ мг/л}^{-1}$  токсиканта составляет  $2.36 \pm 0.17$ , а в отстоянной водопроводной воде (контроль) —  $2.36 \pm 0.12$  сут.

У инвазированных трематодами животных в растворах той же концентрации развивается следующая стадия патологического процесса — депрессия. Она характеризуется понижением у них уровня общего обмена, а значит, и интенсивности поглощения кислорода. У исследованных нами катушек последнее

<sup>1</sup> Стадии отравления приняты по Веселову (1968).

нашло отражение в резком (на 29.6 %) сокращении продолжительности «вдоха» ( $P > 99.9\%$ ) и разового объема вдыхаемого воздуха (на 24.5 %;  $P > 99.9\%$ ).

Экспонирование животных в растворах, содержащих  $0.1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  азотно-кислого свинца ( $0.06 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$ ), сопровождается развитием депрессивной стадии отравления у незараженных катушек и дальнейшим усугублением таковой у зараженных. При этом резко возрастает (в 1.5—1.9 раза) продолжительность интервалов между очередными заборами воздуха. Интересно, что инвазированные и свободные от инвазии особи при указанной концентрации токсиканта «выравниваются» по вышеназванному показателю (в среднем значение его возрастает у моллюсков обеих групп в 1.6 раза). Значительно сокращается и количество вдыхаемого воздуха (у зараженных животных на 37, у незараженных на 13 %). Оказалось, однако, что при  $0.1 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  токсиканта как инвазированные, так и лишённые инвазии катушки все еще располагают некоторыми возможностями для реализации защитно-приспособительного процесса. На это указывает стойкое возрастание продолжительности забора ими воздуха: в 1.5 раза у незараженных и в 1.7—2 раза у зараженных ( $P > 99.9\%$ ).

Продолжительность выживания моллюсков при возрастании концентрации растворов азотнокислого свинца с  $0.01$  до  $0.1 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  статистически достоверно ( $P > 99.5\%$ ) сокращается (у свободных от инвазии на 25, у пораженных трематодами на 43 %).

При  $1 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  токсиканта у подопытных животных очень быстро развиваются признаки острого отравления. Симптомокомплекс включает разрушение и отторжение эпителия и, как следствие этого, изъязвление покровов тела, мантии и легкого. В уцелевших участках наблюдается усиление слизиотделения и, как следствие этого, прогрессирующее ослизнение тела (часто — коагуляция слизи), оказывающее угнетающее воздействие на кожное дыхание. Подавляется двигательная активность катушек (отсутствует реакция избегания). На протяжении всего опыта моллюски либо неподвижно лежат на дне аквариума, либо кратковременно поднимаются на небольшую высоту и «зависают» в толще воды. Нарушения пищеварения проявляются в одномоментном очень быстром опорожнении кишечника — вплоть до выделения пустых перитрофических мембран. Расстройства со стороны осморегуляции обуславливают «выпотевание» гемолимфы. Отмечены очень глубокие сдвиги в легочном дыхании. Через 5—6 ч от момента постановки опыта часть животных (94 %), лежа на дне, часть (6 %) — «зависнув» в толще воды, выделяли пузырьки воздуха из полости легкого. Спустя 16—18 ч около 30 % моллюсков пытались пополнить его запасы. Забор воздуха при этом состоял в попеременном чередовании коротких «вдохов» (1—2 мин) и более длительных пауз (2—3 мин) между ними. Общая продолжительность этого процесса — 20—30 мин. Объем воздуха, поступившего в легкие, — 1—2 пузырька. Только 8 % подопытных катушек дважды на протяжении опыта осуществляли вентиляцию легкого. Все они оказались незараженными. Клиническая картина отравления катушек растворами, содержащими  $1 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  азотнокислого свинца, включает также утрату животными тактильной чувствительности. Уже через 8 ч с момента воздействия на них токсиканта часть моллюсков (4—6 %) не реагировала на механические раздражения, а через 48 ч от начала опыта такие животные составляли уже около 90 %. Смертность катушек как свободных от инвазии, так и инвазированных, в этом опыте стремительно возрастала. Если через 12 ч от начала опыта она составляла только 4 %, то к его завершению достигла 90 %. Оставшиеся в живых после 48-часовой экспозиции моллюски погибли на протяжении 12 ч по завершении эксперимента.

Таким образом, растворы, содержащие  $0.006 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  ионов свинца, являются безопасными для свободных от трематод катушек, в то время как у инвазированных особей они вызывают развитие депрессивной стадии отравления. При  $0.06 \text{ мг} / \text{л}^{-1}$  токсиканта у первых из них наблюдается стадия депрессии, у вто-

рых — происходит дальнейшее ее усугубление. Повышение концентрации ионов свинца до  $0.6 \text{ мг/л}^{-1}$  сопровождается быстрым развитием у всех моллюсков сублетальной, а затем и летальной стадии отравления, течение которых является более быстрым у инвазированных особей. Следовательно, азотно-кислый свинец ( $1 \text{ мг/л}^{-1}$ ) и ионы свинца ( $0.6 \text{ мг/л}^{-1}$ ) являются для катушек высокотоксичными агентами.

#### Список литературы

- Биргер Т. И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев: Наук. думка, 1979. 190 с.
- Веселов Е. А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопр. водн. токсикол. М.: Наука, 1968. С. 15—16.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
- Лубянов И. П. Влияние промышленных сточных вод на донную фауну Днепровского водохранилища // Вопр. ихтиол. 1975. Вып. 15. С. 171—182.
- Лукьяненко В. И. Токсикология рыб. М.: Пищев. промышл., 1967. 216 с.
- Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М.: Колос, 1971. 247 с.
- Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1967. 766 с.
- Стадниченко А. П., Сластенко Н. Н., Безгодов А. М., Безман М. Л., Бойко Е. Ю., Василенко О. Ф., Мейнарович О. В., Пидтыченко Н. В., Сорокопуд А. И., Ткачук О. В., Томашевская И. А., Янаки Е. А. Влияние трематодной инвазии на некоторые особенности дыхания пресноводных легочных моллюсков // Деп. в УкрНИИНТИ 28.03.90, № 582 — Ук 90. 17 с.
- Hurst C. T. Structural and functional changes produced in gastropod mollusk, *Physa occidentalis* in the case of parasitism by the larvae of *Echinostoma revolutum* // Univ. Calif. Publ. Zool. 1927. Vol. 29, N 14. P. 321—404.
- Hurst C. T., Walker C. A. Increased heat production in a poikilotherm animal in parasitism // Amer. Nat. 1933. Vol. 69. P. 461—466.

Житомирский пединститут

Поступила 13.02.1991

---

#### TREMATODE INVASION AND LEAD NITRATE IMPACT UPON LUNG AND DERMAL BREATH OF COIL-FLATS

A. P. Stadnichenko, N. N. Slastenko, L. N. Kurkchi, I. A. Tomashevskaya,  
Ye. A. Yanaki

*Key words:* *Planorbarius corneus*, trematode invasion, lead nitrate toxication, lung and dermal breath

#### SUMMARY

Trematode invasion and different concentrations of lead nitrate  $0.01$ ,  $0.1$ ,  $1 \text{ mg/l}^{-1}$  impact on breath peculiarities of coil-flats have been investigated. Affected by invasion the length of air inhales is more durable and interim intervals shorter, single volume of inhaled air by lungs at every other inhale is 1.3 times larger than in invasion free animals. Non-intoxicated with  $0.1$  and intoxicated with  $0.01 \text{ mg/l}^{-1}$  species get acute poisoning, a depression stage. The length of intervals between every other air inhale increases 1.5 to 2 times and single inhale volume reduces on the average by 26.5%. With  $1 \text{ mg/l}^{-1}$  of toxicant sublethal and lethal stages of poisoning soon subsequently follow during which one can watch a progressive depression of breathing function up to its complete extinction. Clinic toxication picture in toxicated species is more patent and pathological process is completed with lethal end much earlier than in case of invasion free animals.