

УДК 576.895.122:594.3

© 1991

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГИДРОХИНОНА
НА РОГОВЫХ КАТУШЕК (GASTROPODA, PULMONATA, VULINIDAE),
ИНВАЗИРОВАННЫХ ПАРТЕНИТАМИ TYLODELPHYS EXCAVATA
(TREMATODA: DIPLOSTOMATIDAE)**

А. П. Стадниченко, Н. С. Погорелова, С. А. Руденко

При одинаковой симптоматике отравления гидрохиноном ($0.1\text{--}200\text{ мг/л}^{-1}$) тяжесть патологического процесса у *Planorbarius corneus*, инвазированных партенитами *Tylodelphys excavata*, значительно большая, чем у незараженных особей. При одинаковой концентрации токсиканта и прочих равных условиях аналогичные симптомы заболевания выражены у зараженных животных ярче и регистрируются ранее, чем у свободных от инвазии. Скорость и степень обратимости симптомов отравления у зараженных особей намного ниже, а последствие гидрохинона сохраняется намного дольше, чем у незараженных моллюсков.

Концентрация фенолов и их гомологов в промышленных стоках в местах выброса их в природные водоемы достигает значений $60\text{--}3800\text{ мг/л}^{-1}$ (Флеров, 1977). Несмотря на разбавление стоков речными водами, содержание фенолов в реках даже на значительном удалении от источников загрязнения ($15\text{--}30\text{ км}$) может исчисляться сотыми и десятими долями мг на 1 л при предельно допустимой концентрации (ПДК) 0.001 мг/л^{-1} . Регламентация химической нагрузки на водоемы ПДК и мониторинг невозможны без выяснения степени токсичности загрязняющих веществ для гидробионтов различного систематического положения, в том числе и для пресноводных моллюсков — облигатных промежуточных хозяев трематод.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал: 815 экз. роговой катушки *Planorbarius corneus* (L.) из бассейна Среднего Днепра (р. Гуйва, с. Пряжево Житомирской обл.), свободных от инвазии и зараженных партенитами *Tylodelphys excavata* (Rud.), собранных в октябре 1988 г. Моллюсков, доставленных в лабораторию в открытых стеклянных емкостях (без воды), акклиматизировали к лабораторным условиям в течение 2 сут. Их содержали в аквариумах, заполненных дехлорированной путем предварительного отстаивания (1 сут) водопроводной водой (рН 7.5, температура воды — $20\text{--}21^\circ$).

Острые токсикологические опыты поставлены по методике Алексеева (1981). В качестве отравляющего вещества использован двухатомный фенол гидрохинон (=пара-диоксибензол) — $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$. Ориентировочным опытом установлена устойчивость катушек, о которой судили по значениям основных токсикологических показателей (табл. 1). Он проведен в 2 этапа: на первом — использованы растворы, содержащие $0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000\text{ мг/л}^{-1}$ гидрохинона, на втором — $100, 200, 300, 400, 500\text{ мг/л}^{-1}$. По результатам этого и основного опытов определена чувствительность моллюсков к гидрохинону, которую оценивали по уровню их смертности (табл. 1). В основ-

ном опыте использованы растворы гидрохинона концентрацией 1, 50, 100 и 150 мг/л⁻¹. Животных сериями по 10—15 экз. помещали в стеклянные сосуды объемом 3 л на 2 сут. Через сутки растворы токсиканта заменяли свежими. Результаты опытов снимали через 10, 30 мин и через 1, 3, 6, 12, 24, 48 ч.

Гемолимфу получали методом прямого обескровливания. Содержание гемоглобина в ее плазме устанавливали по Сали. Цифровые результаты эксперимента обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

Т а б л и ц а 1

Устойчивость (мг/л⁻¹) и чувствительность (%) *Planorbarius corneus* к гидрохинону

Stability (mg/l⁻¹) and sensibility (%) of *Planorbarius corneus* to hydroquinone

Устойчивость (основные токсиколо- гические показатели)	Чувствительность	
	концентрация растворов (мг/л ⁻¹)	смертность
LC ₀ < 0.1—1 LC ₅₀ = 59.5 LC ₁₀₀ = 200	1	27.7
	50	43.3
	100	76.0
	150	91.1
	200	100.0

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрохинон — комбинированный яд (в небольших дозах — нервно-паралитический, в больших к тому же — локальный) резорбтивного действия. Полагают (Liebmann, 1960),¹ что пороговая концентрация его для водных животных составляет 1.5—5.6 мг/л⁻¹. Однако, по нашим наблюдениям, у катушек, экспонированных в растворах, содержащих 0.1—1 мг/л⁻¹ гидрохинона, отчетливо выражена реакция избегания, являющаяся одним из проявлений защитно-приспособительного потенциала этих животных. Эта стадия отравления характеризуется значительным возрастанием двигательной активности моллюсков, которые быстро и целенаправленно перемещаются по стенкам аквариумов, стремясь поскорее покинуть затравленную среду. Они поднимаются над урезом воды, нередко образуя у горловины сосудов сплошное кольцо (Стадниченко и др., 1988). Эта форма оборонительного поведения одинаково быстро проявляется как у незараженных, так и у инвазированных трематодами особей — через 10—20 мин с момента затравливания среды. Следовательно, для свободных от заражения животных, а для зараженных трематодами — при крайне невысокой интенсивности инвазии (локальное мелкоочаговое заражение) нижней границе стадии стимуляции² соответствуют растворы, содержащие 1 мг/л⁻¹ гидрохинона. Для животных, интенсивно инвазированных партенитами трематод (тотальное заражение органа), значение этого показателя на порядок ниже (0.1 мг/л⁻¹). При 1 мг/л⁻¹ смертность таких животных составляет около 28 % (табл. 1), в то время как среди незараженных моллюсков и слабо инвазированных трематодами погибших особей не обнаружено. Это свидетельствует о том, что трематодная инвазия является дополнительной функциональной нагрузкой, влекущей за собой снижение защитно-приспособительных возможностей хозяев, одним из проявлений чего и является возрастание их чувствительности к воздействию на моллюсков токсиканта.

При 50 мг/л⁻¹ гидрохинона двигательная активность отмечена у катушек лишь на протяжении первых 10—30 мин от начала опыта. При этом только около 30 % из них устремляются за пределы токсической среды — преимущественно незараженные особи и единичные, отличающиеся весьма невысокой зараженностью. Интенсивно инвазированные трематодами катушки, равно как

¹ Цит.: Метелев и др. (1971).

² Градация патологического процесса (деление на стадии), обусловленного отравлением животных, принята по Веселову (1968).

и небольшое число незараженных (старые, ослабленные животные), совершают постепенно замедляющееся беспорядочное передвижение в пределах раствора до полного обездвиживания. У зараженных особей, как правило, оно наступает в 1.2—1.5 раза быстрее, чем у свободных от инвазии. Более высокие (100 и 150 мг/л⁻¹) концентрации гидрохинона полностью подавляют двигательную активность катушек. Они неподвижно лежат на дне аквариумов. Мышцы ноги и колюмеллярная мышца у 83.5 зараженных и 51 % свободных от заражения животных сокращены, вследствие чего нога их втянута в раковину, а края ее неровные, волнистые. Из-за сжатия тела сокращается его общая поверхность, чем ограничивается возможность контакта особей с токсикантом. Эта защитная реакция, как видно из приведенных выше цифровых данных, в большей мере выражена у инвазированных, чем у свободных от заражения особей.

При 100—150 мг/л⁻¹ гидрохинона примерно у половины незараженных особей, а среди зараженных — только у слабо инвазированных трематодами происходит обводнение тканей тела, выражающееся сначала (через 6—12 ч) слабой пастозностью головы и ноги, переходящей к моменту завершения опыта в разлитой отек. При этом увеличившиеся в объеме в 1.5—2 раза голова и в 2—2.5 раза нога вывисяют из раковины (реакция выпадения). Такие животные обычно очень слабо реагируют на механические раздражения, а иногда полностью утрачивают способность к этому. У них значительно понижен уровень аэробного метаболизма, о чем мы судим по изменениям содержания гемоглобина в их гемолимфе (Р более 98.2 %). Поскольку этот показатель подвержен возрастной изменчивости (Стадниченко и др., 1989), моллюски, с которыми мы работали, были подразделены на 3 размерно-возрастные группы (табл. 2). Оказалось, что при концентрациях гидрохинона 1—100 мг/л⁻¹ уровень содержания гемоглобина заметно сокращается по сравнению с нормой: у незараженных катушек — в 1.1—1.5, у зараженных — в 1.5—3.2 раза. Усиление аэробного дыхания позволяет увеличить энергообеспечение особей и тем самым повысить их жизнестойкость в токсической среде. Необходимо отметить, что часть животных все же погибает уже на этой стадии отравления (табл. 1). Это в основном зараженные особи, у которых, вероятно, не срабатывает регуляторный механизм, компенсирующий повреждения организма, вызванные одновременным воздействием паразитов и токсиканта.

Диапазон концентраций гидрохинона 100—150 мг/л⁻¹ вызывает у катушек развитие депрессии. Содержание гемоглобина в их гемолимфе при этом резко возрастает, что свидетельствует о наличии сдвига в системе оксигемоглобин—метгемоглобин в сторону повышения концентрации последнего. При этом у свободных от инвазии особей прирост содержания этого дыхательного пигмента составляет в среднем 32, в то время как у зараженных — 138.6 %. Это свидетельствует о том, что при одинаковой концентрации в среде гидрохинона снижение жизнеспособности у инвазированных особей осуществляется более стремительно. Депрессия наиболее ярко выражена (табл. 2) у катушек средней и старшей размерно-возрастных групп (как незараженных, так и зараженных). Причем понижение уровня аэробного обмена у зараженных катушек более чем в 4 раза превышает таковое у незараженных особей. Резко возрастает смертность подопытных животных (табл. 1). В этих условиях выживают только те особи, у которых успешно «срабатывает» механизм частичного или полного «переключения» аэробного расщепления углеводов на анаэробное, являющийся (Маляревская, 1977; Биргер, 1979) у водных животных основой приспособления их к воздействию как токсической среды, так и паразитарного фактора. При этом резко возрастает поступление во внутреннюю среду гидробионтов продуктов кислой природы, в том числе углекислого газа. Последнее, по мнению Строганова (1967), способствует нарушению водного обмена, выражающемуся в задержке воды в организме. Этим, по-видимому, и обусловлено отчасти обводнение катушек, которое мы наблюдали в растворах, содержащих 100—

Т а б л и ц а 2

Влияние различных концентраций гидрохинона на содержание гемоглобина (г%) в гемолимфе *Planorbarius corneus* в норме и при инвазии парthenитами *Tyloodelphys excavata*

The effect of different concentrations of hydroquinone on the haemoglobin (g%) in the haemolymph of *Planorbarius corneus* non-infected and infected with parthenits of *Tyloodelphys excavata*

Диаметр раковины	Инвазия	n	lim	$\bar{x} \pm m_x$	σ	V
12—21	Нет	47	1.07—1.6	1.33+0.005	0.03	2.44
	Есть	14	0.64—2.27	1.54+0.09	0.35	25.74
22—26	Нет	40	0.93—1.8	1.27+0.02	0.1	7.98
	Есть	10	0.64—2.67	1.98±0.06	0.18	9.31
27—33	Нет	30	0.84—2	1.49+0.02	0.08	5.66
	Есть	20	0.74—2.8	2.12±0.03	0.14	6.82
1 мг/л ⁻¹						
12—21	Нет	46	0.97—2.4	1.14±0.01	0.1	8.36
	Есть	13	1—1.08	1.04±0.05	0.17	15.78
22—26	Нет	30	0.96—1.06	0.97±0.003	0.02	1.94
	Есть	20	0.4—1.2	0.86±0.01	0.05	6.01
27—33	Нет	27	0.75—1.12	1.06±0.006	0.03	2.75
	Есть	23	0.5—1	0.87±0.01	0.05	6.16
50 мг/л ⁻¹						
12—21	Нет	47	0.97—1.47	1.12±0.003	0.03	2.3
	Есть	13	0.74—1.4	1.02±0.04	0.15	14.80
22—26	Нет	33	0.8—1.41	1.18±0.006	0.03	2.81
	Есть	17	0.37—1.2	0.83±0.02	0.07	8.12
27—33	Нет	23	0.91—1.12	1.01±0.003	0.02	1.57
	Есть	27	0.4—1.12	0.67±0.01	0.06	8.53
100 мг/л ⁻¹						
12—21	Нет	45	0.78—1.5	1.14±0.004	0.03	2.52
	Есть	15	0.54—1.2	0.64±0.02	0.07	11.45
22—26	Нет	43	0.91—1.2	1.06±0.01	0.09	8.06
	Есть	17	0.48—1.12	0.8±0.03	0.13	16.51
27—33	Нет	30	0.91—1.4	1.13±0.006	0.04	3.1
	Есть	30	0.69—1.4	1.04±0.01	0.05	5.03
150 мг/л ⁻¹						
12—21	Нет	31	0.64—1.8	1.34±0.009	0.05	3.78
	Есть	34	0.48—1.92	1.57±0.01	0.07	4.34
22—26	Нет	28	1—1.62	1.38±0.03	0.17	12.07
	Есть	22	1.02—2.12	2.05±0.02	0.08	4.73
27—33	Нет	31	0.85—1.75	1.69±0.07	0.37	22.03
	Есть	19	0.9—2.87	2.33±0.02	0.1	4.32

150 мг/л⁻¹ гидрохинона. С другой стороны, известно (Бранд, 1951), что обводнение тканей сопряжено с усилением окислительных процессов в цитоплазме, так как благодаря набуханию входящих в ее состав коллоидов возрастает поступление кислорода в клетки. Пока неясно, какова доля участия в образовании разлитого отека реакции повреждения и защитно-приспособительного механизма. Однако, исходя из того что у исследованных нами катушек обводнению тканей подвержены в среднем около 50 незараженных и только 1—2 % зараженных особей, можно предположить, что это не столько следствие декомпенсации, сколько проявление защитно-приспособительного процесса. Обводнение тканей способствует «разбавлению» токсиканта и ослаблению его токсического воздействия. Это особенно важно относительно отравляющих веществ резорбтивного действия, которые, проникнув в организм, оказывают на него токсическое воздействие только при их определенной концентрации. Гидрохинон, о чем упоминалось выше, относится именно к этой группе отравляющих веществ.

Обводнению тела моллюсков обычно предшествует его ослизнение. При

1 мг/л⁻¹ гидрохинона у всех катушек возрастает выделение слизи железистыми клетками, заключенными в коже. Через 10 мин от начала опыта животные обволакиваются более или менее толстым слоем слизи, ограничивающим в какой-то мере доступ токсиканта к их коже. При более высоких концентрациях гидрохинона (50 мг/л⁻¹ и выше) эта реакция «срабатывает» значительно позже (через 3 ч с момента стрессирующего воздействия, к тому же только у 33—36 % моллюсков, среди которых явно преобладают незараженные особи.

Отсутствие обильного ослизнения тела сопровождается мозаичным слущиванием эпителия, покрывающего голову и дорсальную поверхность ноги, а также выстилающего полость легкого. Такие повреждения отмечены у 41 незараженного и 73 % зараженных трематодами катушек после 2-суточного пребывания их в растворах, содержащих 100 мг/л⁻¹ гидрохинона. Следовательно, гидрохинон при этой концентрации, кроме нервно-паралитического, оказывает локальное «прижигающее» воздействие на моллюсков. Одновременно с этим у них наблюдается переполнение гемолимфой кровеносных сосудов легкого, адаптивной жабры, почки, желудка сердца, а также «выпотевание» гемолимфы, обусловленное повышением проницаемости стенок сосудов. При высокой интенсивности инвазии последнее регистрируется в 1.5—2 раза чаще, чем у свободных от заражения катушек. Кроме того, в растворах, содержащих 100—150 мг/л⁻¹ гидрохинона, отмечается иногда изменение окраски и «консистенции» («разжижение») гепатопанкреаса и почки.

При 50 мг/л⁻¹ гидрохинона у 63—67 % моллюсков после 3-часовой экспозиции наблюдается выделение из полости легкого пузырьков воздуха, а при 100—150 мг/л⁻¹ токсиканта то же самое происходит через 2 ч у 73 % незараженных и через 1.5 ч у 86 % зараженных трематодами животных.

На сублетальной стадии отравления у катушек наблюдается реакция «обмирания». При этом они полностью обездвиживаются и не реагируют на механические раздражения. Полагают (Биргер, 1979, и др.), что утрата моллюсками подвижности связана с «переключением» у них аэробного обмена на анаэробный. «Обмирание» — обратимый процесс. У катушек, помещенных по завершении токсикологического эксперимента в отстоянную водопроводную воду, признаки его бесследно исчезают через 2—20 ч у свободных от инвазии и через 6—43 ч — у зараженных особей. Следовательно, у ослабленных инвазией катушек последствие гидрохинона является более длительным.

При летальных концентрациях токсиканта у моллюсков развивается истинный шок, предшествующий 100 %-ной гибели животных (как незараженных, так и зараженных), обусловленной полной несостоятельностью их защитно-приспособительных процессов.

Исследованием установлено, что у зараженных трематодами катушек при отравлении их гидрохиноном развитие патологического процесса осуществляется аналогично таковому у незараженных особей. Однако из-за инвазии, являющейся для этих животных дополнительной функциональной нагрузкой, защитно-приспособительные возможности зараженных моллюсков значительно слабее, чем свободных от инвазии. Поэтому симптомы отравления при одной и той же концентрации гидрохинона регистрируются у них ранее и выражены сильнее, а защитно-приспособительные реакции «срабатывают» позже и слабее. Чувствительность катушек, зараженных партенитами трематод, к растворам гидрохинона выше, чем незараженных особей, о чем свидетельствует более высокая их смертность. Скорость и степень обратимости различных симптомов отравления у инвазированных животных намного ниже, а последствие гидрохинона проявляется намного дольше, чем у свободных от инвазии особей. Значения основных токсикологических показателей, следовательно, и диапазон концентраций LC₀ и LC₁₀₀, а также градация патологического процесса для инвазированных животных обусловлены интенсивностью их заражения. При невысокой интенсивности инвазии значения этих показателей такие же, как

и у свободных от инвазии животных. При средней степени паразитарного поражения хозяев интервал между значениями основных токсикологических показателей сужается ($LC_0=0.1$, $LC_{100}=100$ мг/л⁻¹), а при крайне тяжелой инвазии он находится в пределах 0.1—1 мг/л⁻¹.

По шкале токсичности отравляющих веществ для водных животных (Метелев и др., 1971) гидрохинон относительно свободных от трематодной инвазии катушек является умереннотоксичным, относительно инвазированных в средней степени — сильнотоксичным и высокотоксичным — относительно моллюсков, характеризующихся тяжелой инвазией.

Список литературы

- Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. 1981. Т. 17, № 3. С. 92—100.
- Биргер Т. И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев: Наук. думка, 1979. 190 с.
- Бранд Т. Анаэробизм у беспозвоночных. М.: ИЛ, 1951. 335 с.
- Веселов Е. А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопр. водн. токсикологии. М., 1968. С. 15—16.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
- Малаяревская А. Я. Биохимические механизмы адаптации гидробионтов к токсическим веществам // Гидробиол. журн. 1977. Т. 21, № 3. С. 70—82.
- Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М.: Колос, 1971. 247 с.
- Стадниченко А. П., Руденко С. А., Погорелова Н. С. Влияние различных концентраций гидрохинона на быстрые поведенческие и некоторые физиологические реакции пресноводных брюхоногих моллюсков // Деп. в УкрНИИНТИ. № 1675-Ук 88. 1988. 8 с.
- Стадниченко А. П., Куркчи Л. Н., Сластенко Н. Н., Мокрицкая А. М., Цвинарский В. В., Ищук Т. В. Влияние антропогенных загрязнений на физико-химические свойства гемолимфы пресноводных моллюсков // Деп. в УкрНИИНТИ. № 292-Ук 89. 1989. 9 с.
- Строганов Н. С. Роль среды в пластическом обмене у рыб // Обмен веществ и биохимия рыб. М., 1967. С. 23—30.
- Флеров Б. А. Физиологические механизмы действия токсических веществ и приспособления к ним водных животных // Гидробиол. журн. 1977. Т. 19, № 1. С. 80—86.

Житомирский пединститут

Поступила 19.09.1989,
после доработки 13.03.1991

THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF HYDROQUINONE ON HORN SNAILS (GASTROPODA, PULMONATA, BULINIDAE) INFECTED WITH PARTHENTAE OF TYLODELPHYS EXCAVATA (TREMATODA: DIPLOSTOMATIDAE)

A. P. Stadnichenko, N. S. Pogorelova, S. A. Rudenko

Key words: *Planorbium corneum*, *Tylodelphys excavata*, hydroquinone intoxication, sensibility, stability

SUMMARY

In horn snails infected with parthenitae of trematodes and in those free of infection, exposed for 48 hours to hydroquinone solutions (0.1—200 mg/l⁻¹), the symptom-complex of intoxication and the pattern of pathological process are analogous. However, protective and adaptive properties of infected individuals, due to an additional functional load (invasion with parthenitae of trematodes), are rather weakened. In this connection, if concentrations of toxicant are the same, the corresponding symptoms of intoxication are displayed in these individuals earlier and stronger and protective-adaptive reactions begin «to act» considerably later and to a lesser extent than in animals free of infection.

In horn snails infected with parthenitae of trematodes the sensibility to hydroquinone is considerably higher and stability is much lower than in noninfected individuals. The speed and degree of reversibility of different intoxication symptoms are much lower and the after-effect of the toxicant lasts much longer.

Absolute values of the main toxicological indices, the range of LC_0 — LC_{100} and gradation of the pathological processes in infected individuals are determined by the intensity of their infection.