

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БАЙКАЛЬСКИХ И НЕБАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД К НЕКОТОРЫМ КОМПОНЕНТАМ ВОДНОЙ СРЕДЫ

© 2006 Е.В. Бандолина¹, Д.И. Стом²

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

²Иркутский государственный университет

Изучали реакцию эндемичных видов амфипод и голарктического *G. lacustris* на растворы перекиси водорода и гуминовых веществ. Показано, что перекись водорода снижает токсичность парабензохинона, изначально более токсичного для амфипод, чем гидрохинон. Байкальские виды амфипод избегали растворы с более низкими концентрациями гумата, чем *G. lacustris*, а верхние границы предпочтения ими гуматсодержащих растворов были ниже, чем у голарктического вида. Противоположную картину выявили опыты с перекисью водорода. Атрактантные свойства H_2O_2 для эндемиков были выше, чем для *G. lacustris*.

Введение

Несмешиваемость фауны открытого Байкала с гидробионтами водоемов, прилегающих к Байкалу, а также с организмами заливов озера многими исследователями связывалась с гидрохимическими особенностями водоемов [1, 4].

Среди таких особенностей можно, в частности, отметить более высокое содержание кислорода в Байкале по сравнению с водоемами его бассейна. Последние характеризуются меньшим уровнем аэрации и большим содержанием гуминовых веществ. Более того, выдвинута гипотеза о значительной роли в эволюции биоты озера окислительного стресса. По мнению некоторых авторов, уровень перекиси водорода в воде может играть важную роль в жизнедеятельности гидробионтов. Наличие перекиси водорода скорее характерно для водоемов с повышенным содержанием кислорода. В противоположность этому в более сапротрофных водах содержится большее количество органических производных и более высокие концентрации гуминовых веществ.

Ранее было обнаружено, что байкальские виды амфипод в экспериментальных условиях предпочитали байкальскую воду воде из впадающих в Байкал рек и близлежащих озерков. Голарктический *Gammarus lacustris* вел себя противоположным образом [6].

В связи с изложенным целью работы было изучение отношения байкальских и голарктического видов амфипод к перекиси водорода и гуминовым веществам.

Для перекиси водорода более характерны окислительные свойства, а для гуминовых веществ – восстановительные. Поэтому представлялось интересным сопоставление соотношения чувствительности эндемиков и голарктиков к окислительным и восстановительным формам одних и тех же соединений.

Объекты и методы

В качестве объектов исследования брали амфипод как одну из самых многочисленных групп байкальских эндемиков. Были исследованы байкальские виды – *Pallasea cancellus* (Pallas, 1772), *Eulimnogammarus vittatus*, *E. cyaneus*, *E. verrucosus* (Baz., 1945), *Gmelinoides fasciatus* (Stebb., 1899), а также голарктический – *G. lacustris* (Sars, 1963). Определение видов вели по (Тахтеев, 1993).

Эндемичных амфипод отлавливали гидробиологическими сачками и драгами с глубины 0,5-3м. Рачков перед экспериментами в течение суток выдерживали в аквариумах при +8 °С в темноте. В это время амфипод не кормили. Для инкубирования и экспериментов с эндемичными байкальскими амфиподами брали воду из оз. Байкал, для *G. lacustris* – из озера, находящегося в пади Большие

Коты в километре от Байкала. Из него же и вылавливали *G. lacustris*.

В экспериментах использовали здоровых, активно передвигающихся рачков. Воду, подаваемую в разные отсеки проточной камеры, перед опытами доводили до одной и той же температуры +8°C, близкой к байкальской.

Реакции предпочтения изучали в проточных установках, близких к описанным в [6]. Они состояли из 2-х камер 25·45 см. Камеры отделялись друг от друга перегородкой, которая не доходила до конца. Поэтому потоки воды, независимые с противоположных концов, здесь перед сливом вода из 2-х камер перемешивалась. Уравнивания скоростей потока (до 1,5 л/ч) достигали, пропуская предварительно подкрашенную витальными красителями воду. Уровень жидкости в камерах поддерживали равным 4-5 см. Для устранения влияния света опыты проводили в темноте. В установку запускали по 20 экземпляров взрослых особей. Затем в камеры подавали воду одного и того же состава из 2-х разных емкостей и добивались близкого числа амфипод в обеих камерах. После этого в установку подавали воду с разными гидрохимическими характеристиками с интервалом 15 минут, подсчитывали количество рачков в каждом отсеке. Потоки периодически взаимозаменяли. Это устраняло возможные различия в камерах. Если нет особых указаний, то данные, приведенные в статье, отражают распределение амфипод через 90 мин от начала опыта.

В работе, в основном, использовали реактивы марки х.ч. и чда. В качестве гуминовых веществ брали препараты “Гумат-80”, выпускаемый ООО “Гумат”, г. Иркутск.

Чувствительность амфипод к гуматам определяли при концентрациях (г/л.): 1; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05. Реакцию рачков на перекись водорода исследовали при концентрациях (ммоль/л): 3; 1,5; 0,3; 0,15. Концентрации перекиси водорода в растворе в начале и в конце эксперимента проверяли с помощью спектрофотометрического метода [3]

В экспериментах оценивали токсичность растворов гидрохинона и пара-бензохинона при концентрациях (моль/л): 10^{-1} , 10^{-2} ,

10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-6} . Общая продолжительность опыта составляла 24 часа. Критерием токсичности пара-бензохинона, гидрохинона и их смесей с пероксидом водорода являлась гибель рачков.

Для статистической обработки применяли пакет программ “Statistica 5.0”. В таблицах и на рисунках представлены среднеарифметические величины и доверительный интервал. Выводы при сопоставлении результатов сделаны при вероятности безошибочного прогноза $P \geq 0,95$ [2].

Результаты

В ходе экспериментов изучали реакции предпочтения амфипод по отношению к растворам, содержащим перекись водорода в диапазоне от 3 ммоль/л до 0,15 ммоль/л. При высоком содержании H_2O_2 (3 ммоль/л; 1,5 ммоль/л) рачки видов *P. cancellus*, *G. fasciatus* уходили из отсеков с перекисью водорода. Вместе с тем *E. verrucosus* и *E. vittatus* не избегали концентрации перекиси водорода 1,5 ммоль/л. *E. vittatus* даже выбирал растворы с таким содержанием пероксида водорода. При более низком уровне и некоторые другие виды амфипод также предпочитали раствор с перекисью водорода. Так *P. cancellus*, *E. vittatus* и *E. verrucosus* облюбовывали отсеки с содержанием перекиси водорода – 0,3 ммоль/л. А, например, *G. fasciatus* концентрировался в отсеках с содержанием перекиси водорода 0,15 ммоль/л, однако, в отличие от голарктического рачка, он не избегал растворы пероксида водорода в диапазоне от 1,5 до 0,5 ммоль/л. Голарктический вид *G. lacustris* проявлял выраженную реакцию избегания растворов пероксида водорода при всех испытанных концентрациях кроме 0,15 ммоль/л. На рис. 1 приведены нижние границы концентраций растворов перекиси водорода, избегаемых амфиподами. Рис. 2 отражает верхние границы содержания H_2O_2 , вызывающие реакцию предпочтения.

Высокие концентрации (0,5 г/л) растворов гумата проявляли репеллентные свойства по отношению к амфиподам исключение составили лишь *G. lacustris* и *G. fasciatus*. При снижении содержания гуматов они вели себя

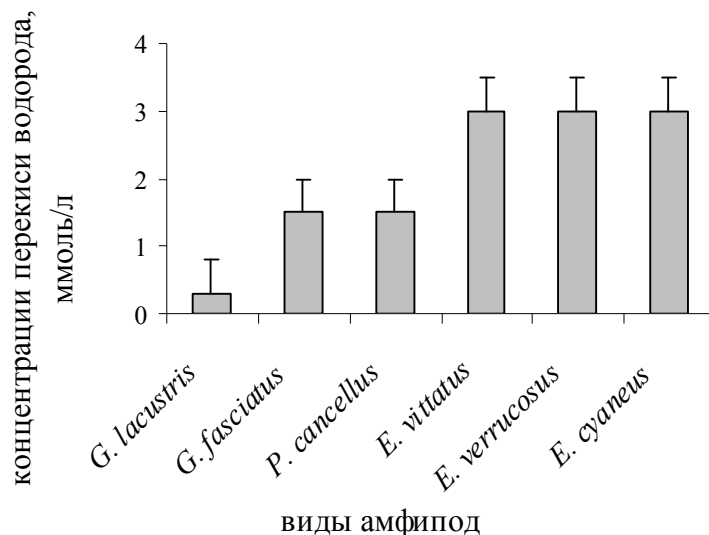


Рис. 1. Нижние границы избегаемых амфиподами концентраций перекиси водорода

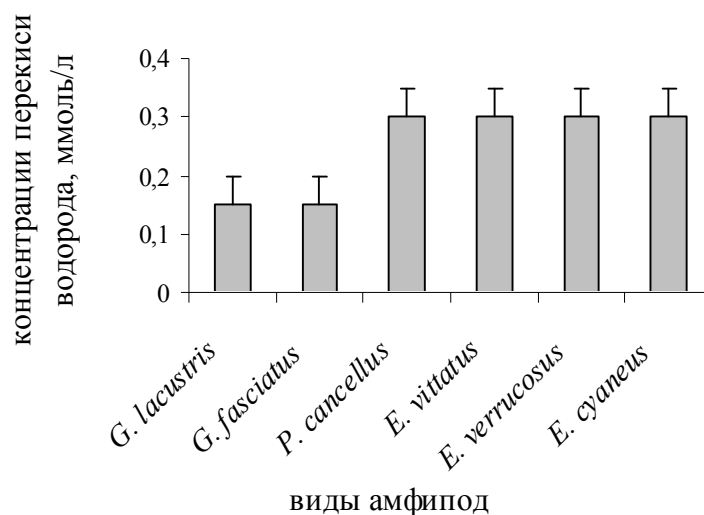


Рис. 2. Верхние границы предпочитаемых амфиподами концентраций перекиси водорода

как аттрактанты. *G. lacustris* начиная с концентрации 0,25 г/л предпочитал растворы гумата вплоть до 0,05 г/л (рис. 3, 4). Промежуточные концентрации - 0,25 и 0,1 г/л слабее влияли на распределение рачков. При таком уровне гуматов реакции гидропреференции либо не обнаруживались, либо были выражены слабо.

В следующей серии экспериментов изучали влияние фенольных соединений на амфипод, а также возможное влияние перекиси водорода на токсичность фенольных соединений. Концентрации пара-бензохинона 10^{-1} моль/л, 10^{-2} моль/л были летальными как для *E. vittatus*, так и для *G. lacustris*. Растворы 10^{-6} моль/л пара-бензохинона не оказывали видимого влияния на амфипод за время

опыта. Поэтому для комбинированного действия соединения вместе с перекисью водорода были выбраны концентрации: 10^{-3} моль/л, 10^{-4} моль/л.

В растворах гидрохинона 10^{-4} моль/л и 10^{-6} моль/л поведенческая реакция амфипод не отличалась от контроля. Исходя из этого, для дальнейшего анализа использовали концентрации гидрохинона 10^{-2} моль/л и 10^{-3} моль/л.

На рис. 5, 6 представлены данные по выживаемости *E. vittatus* и *G. lacustris* в растворах 10^{-3} моль/л гидрохинона и пара-бензохинона. Как и следовало ожидать, исходя из более ранних наших работ, для обоих видов амфипод пара-бензохинон был более ток-

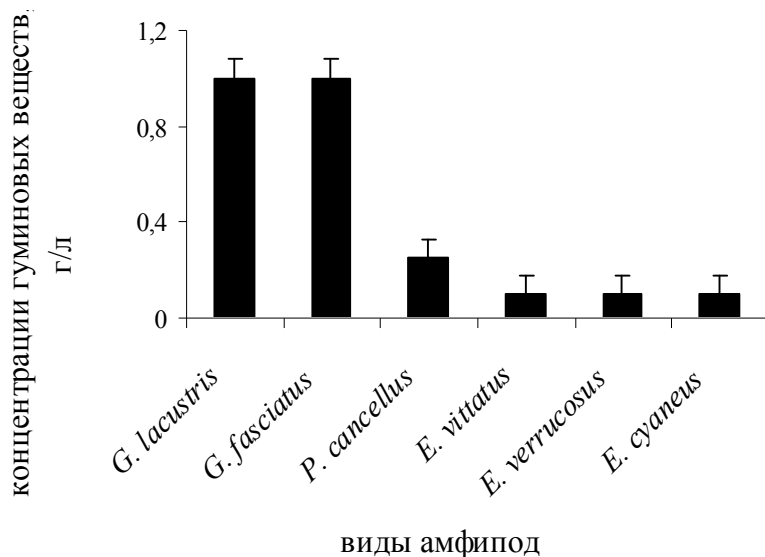


Рис. 3. Нижние границы избегаемых амфиподами концентраций гуминовых веществ

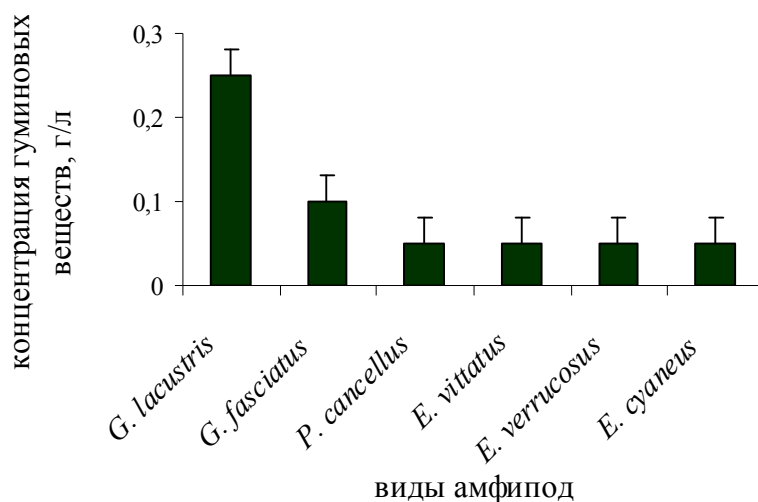


Рис. 4. Верхние границы предпочитаемых амфиподами концентраций гуминовых веществ

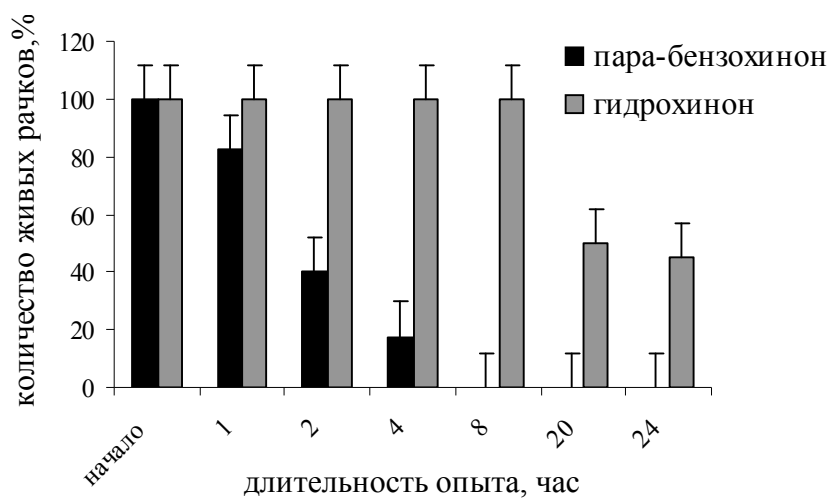


Рис. 5. Выживаемость *E. vittatus* в растворах 10⁻³ моль/л пара-бензохинона и гидрохинона

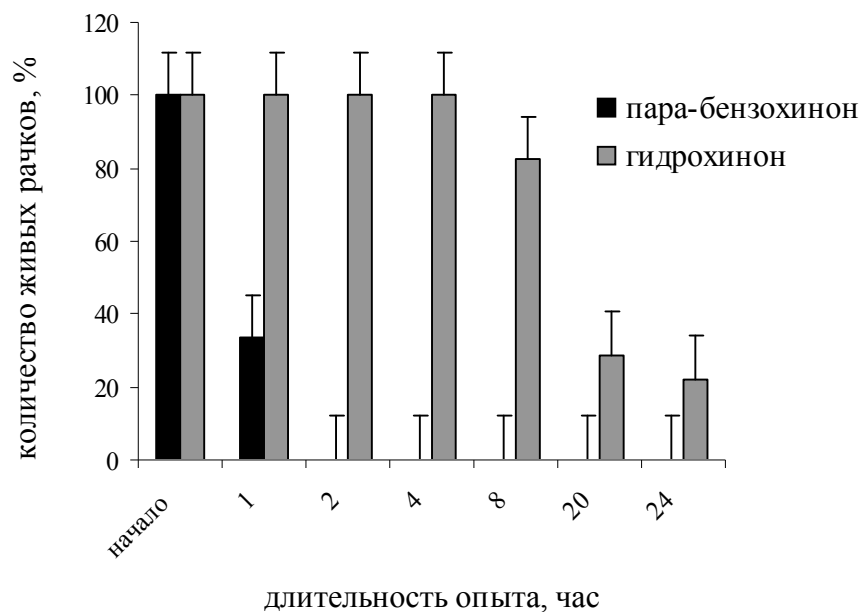


Рис. 6. Выживаемость *G. lacustris* в астворах 10^{-3} моль/л пара-бензохинону и гидрохинону

сичным, чем гидрохинон [9].

Большинство исследователей подчеркивают, что байкальские эндемики более чувствительны к действию загрязнителей, чем палеарктические виды. Поэтому любопытно, что токсикорезистентность *E. vittatus* к пара-бензохинону была выше, чем *G. lacustris*.

При добавлении к выбранным концентрациям пара-бензохинона и гидрохинона 30 моль/л пероксида водорода наблюдали снижение токсичности пара-бензохинона, а также статистически незначимое изменение токсичности гидрохинона. Результаты отражены в табл. 1, 2.

Таким образом, можно констатировать ослабление токсического эффекта растворов пара-бензохинона при добавлении перекиси водорода. Проведенные эксперименты выя-

вили также, что байкальские виды амфипод обладают большей чувствительностью к гуминовым веществам по сравнению с небайкальским *G. lacustris*. Они избегали растворов с более низкими концентрациями гумата, чем *G. lacustris*, а верхние границы предпочтения ими гуматсодержащих растворов были ниже, чем у голарктического вида. Противоположную картину выявили опыты с перекисью водорода. Здесь репеллентные и аттрактантные свойства для эндемиков были выше, чем для *G. lacustris*.

Хотя полученные данные и можно трактовать в пользу того, что соотношение гуминовых веществ и перекиси водорода могут определять несмешиваемость байкальских и небайкальских видов, пока это утверждать преждевременно.

Таблица 1. Устойчивость *E. vittatus* и *G. lacustris* к пара-бензохинону до добавления пероксида водорода и при его внесении (в таблице указано количество живых особей, %)

	<i>E. vittatus</i>				<i>G. lacustris</i>			
	10^{-3} м/л		10^{-4} м/л		10^{-3} м/л		10^{-4} м/л	
	без H_2O_2	H_2O_2	без H_2O_2	H_2O_2	без H_2O_2	H_2O_2	без H_2O_2	H_2O_2
1	83±10,3	80±1,9	83±10,3	98±3,6	50±12,5	80±1,9	83±10,3	80±1,9
2	40±12,0	63±9,9	40±12,0	98±3,6	17±5,1	63±9,9	40±12,0	63±9,9
4	18±6,9	48±13,1	18±8,9	95±5,8	5±0,5	48±13,1	18±4,9	48±13,1
8	5±2,5	5±0,5	5±2,5	95±6,7	3±0,3	3±0,5	3±0,5	5±0,5
12	3±1,5	3±0,3	2±1,5	60±3,6	3±0,3	2±1,5	1±0,3	3±1,5

Таблица 2. Устойчивость *E. vittatus* и *G. lacustris* к гидрохинону до добавления пероксида водорода и при его внесении (в таблице указано количество живых особей, %)

	<i>E. vittatus</i>				<i>G. lacustris</i>			
	10 ⁻² м/л		10 ⁻³ м/л		10 ⁻² м/л		10 ⁻³ м/л	
	без H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	без H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	без H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	без H ₂ O ₂	H ₂ O ₂
1	99±0,4	99±0,4	99±0,4	98±0,5	98±0,5	99±0,4	99±0,4	99±0,4
2	95±3,3	89±8,2	95±3,3	98±0,5	98±0,5	89±8,2	95±3,3	89±8,2
4	95±3,3	82±8,2	95±3,3	98±3,6	60±5,2	82±8,2	95±3,3	82±8,2
8	78±13,7	31±12,5	78±13,7	98±5,1	60±8,2	31±12,5	78±13,7	31±12,5
12	8±3,6	3±0,5	6±2,5	50±14,2	50±10,5	5±2,3	5±0,5	3±0,3

Выражаем благодарность за обсуждение Д.Ю. Щербакову

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Верещагин Г.Ю.* Два типа биологических комплексов Байкала // Тр. Байкальской лимнологической станции АН СССР, 1935. Т. VI.
2. *Гланц С.А.* Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999.
3. *Любимцев В.А., Холодкневич С.В.* Метод измерения трендов микроконцентраций пероксида водорода в природных водоемах // Экологическая химия. 1997. №6 (3).
4. *Мазенова Г.Ф.* Вклад М.М. Кожова в проблему происхождения и историю фаун Байкала. Экологические исследования Байкала и байкальского региона. Ч. 1. / (Под ред. *О.М. Кожовой*). Иркутск: ИГУ, 1992.
5. Влияние качества воды из Байкала и других водоемов на поведенческие реакции Amphipoda / *Д.И. Стом, А.В. Шевченко, Н.В. Быкова, Т.Г. Храмцова, А.Э. Балаян* // Бюллетень ВСНЦ СО РАН. 2003. №1.
6. *Стом Д.И., Тимофеев М.А.* О реакции избегания *Gammarus lacustris* Sars байкальской воды // Сибирский экологический журнал. 1999. №6.
7. *Тахтеев В.В.* Фауна бокоплавов прибрежной зоны Байкала в районе Б. Котов. Иркутск: ИГУ, 1993.
8. Роль пероксида водорода в природной водной среде / *Е.В. Штамм, А.П. Пурмаль, Ю.П. Скурлатов* // Упехи химии. 1991. Т. 60. Вып. 11.
9. *Stom D.I., Ivanova G.G., Bashkatova G.V., Trubina T.P., Kozhova O.M.* About the Role of Quinones in the Action of Some Polyphenols on the Streaming of Protoplasm in *Nitella* sp. Cell // Acta hydrochimikal et hydrobiologica, 1974. V/ 2. №5.

SENSITIVITY OF BAIKAL AND NON-BAIKAL AMPHIPODS TO SOME COMPONENTS OF WATER ENVIRONMENT

© 2006 E.V. Bandolina¹, D.I. Stom²

¹Limnological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk

²Irkutsk State University

The responses of same Baikal and non-Baikal amphipods to hydroperoxide and humic acids were studied. Hydroperoxide was supposed to decrease the toxicity of para-benzoquinone which is more toxic for amphipods than hydroquinone. The concentrations of humic acids inducing avoidance were lower for The Lake Baikal than in case of golarctic species *Gammarus lacustris*. At the same time Baikal species preferred lower level of humic acids than non-Baikal species. The experiments with hydroperoxide showed opposite trends. Attractive properties of hydroperoxide was higher for Baikal species than *G. lacustris*.