



УДК 594.124:574.64(262.5)

А. А. Солдатов, канд. биол. наук, ст. н. с., **О. Ю. Бочко**, аспирант, **И. В. Головина**, канд. биол. наук, н. с.,
С. А. Щербань, канд. биол. наук, н. с., **О. Ю. Вялова**, канд. биол. наук, н. с.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

БИОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕРНОМОРСКОГО МОЛЛЮСКА *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM.

Исследован характер распределения полихлорированных бифенилов (ПХБ) в тканях *Mytilus galloprovincialis* Lam. в условиях хронического токсикологического эксперимента с применением ароклора 1254. У животных из естественных популяций (контрольная группа) данные химические соединения аккумулируются преимущественно в гепатопанкреасе и ноге. При содержании моллюсков в воде с концентрацией ароклора 1254 – 110 нг л⁻¹ (экспозиция 21 день) существенный прирост уровня ПХБ отмечен в жабрах и ноге на 57 и 160 % ($p < 0.05$) соответственно. На этом фоне в данных тканевых структурах отмечали развитие гипоксии гистотоксического типа. Индекс МДГ/ЛДГ вырос в 2.2 – 2.6 раза ($p < 0.001$). Одновременно происходило угнетение скорости процессов регенерации в жабрах. Индекс РНК/ДНК уменьшался в 2.7 раза ($p < 0.01$). В гонадах, напротив, отмечали рост концентрации РНК и увеличение значений индекса РНК/ДНК. В большинстве тканей заметно снижался суммарный уровень каротиноидов.

Ключевые слова: полихлорированные бифенилы, *Mytilus galloprovincialis*, малатдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа, РНК, ДНК, каротиноиды

Существенную роль в загрязнении морских акваторий играют хлорорганические соединения (ХОС) и относящиеся к ним полихлорированные бифенилы (ПХБ) [6, 7]. Они химически и термоустойчивы [7, 8, 13], активно и пассивно аккумулируются морскими организмами различных трофических уровней [8, 14, 15, 16], что объясняет их практически повсеместное распространение. Эти соединения не подвергаются метаболической деградации и длительно удерживаются в составе тканевых структур гидробионтов, что связано с особенностями их химического строения [17, 32].

Активная аккумуляция ПХБ осуществляется моллюсками-фильтраторами [15, 17, 22, 24]. Отмечено, что они в первую очередь аккумулируют пента- (30 – 41 %) и гексохлоробифенилы (51 – 60 %) [29]. В работах в основном рассматривается содержание ПХБ в ли-

пидном экстракте общего гомогената у данных животных. Сведения о тканевой специфике распределения ПХБ ограничены [1, 11, 30]. Незначительное число публикаций посвящено также физиологическим и биохимическим эффектам данной группы соединений на организм моллюсков [25, 28, 33].

В настоящей работе в условиях хронического токсикологического эксперимента с ароклором 1254 уточняется характер тканевого распределения ПХБ в организме *Mytilus galloprovincialis* Lam. и влияние этой группы соединений на процессы регенерации тканей и направленность реакций энергетического обмена в них.

Материал и методы. Объектом исследования служили взрослые особи *Mytilus galloprovincialis* Lam., собранные в июне 2003 г. в

Стрелецкой бухте (район Севастополя) с коллекторных установок на глубине 2 – 5 м (черная морфа, длина раковины 45 – 55 мм, высота 20 – 23 мм, II – III стадия зрелости гонад). При этом придерживались основных правил сбора организмов при определении микроколичеств ХОС [8]. Фоновая концентрация ПХБ в воде составила 20.6 нг л⁻¹.

Мидий распределяли по 90 экз. в две эмалированные ванны с объемом морской воды по 35 л каждая. В течение опыта воду постоянно аэрировали. Кормление осуществлялось капельным способом культурой микроводоросли *Isochrysis galbana*. Концентрация клеток в воде поддерживалась на уровне 10⁶ экз. мл⁻¹. В опытную емкость вносили стандартный препарат ароклора 1254. Концентрация токсиканта в воде поддерживалась на уровне 110 нг л⁻¹. Продолжительность эксперимента при температуре воды 21 – 23°C составила 21 сутки. Контрольная группа моллюсков содержалась в воде без добавления ароклора 1254. Гибели животных в ходе эксперимента не наблюдали. По окончании опыта у животных на льду вычленили гепатопанкреас, жабры, гонады и ногу. Пробы тканей замораживали в жидком азоте.

Пробы для суммарного определения ПХБ методом газовой хроматографии были подготовлены по стандартной методике [9]. В работе применяли газовый хроматограф «Га-

зохром – модель 3700» с использованием детектора электронного захвата и набивной стеклянной колонки. В качестве наполнителя был использован силикон GE SE-30 (5%). Обработка хроматограмм проводилась согласно [9].

Активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ, КФ 1.1.1.27) и малатдегидрогеназы (МДГ, КФ 1.1.1.37) в тканях определяли по скорости окисления НАД-Н при 25°C [4]. Измерения проводили на СФ-26 при длине волны 340 нм. В качестве трансформирующей среды применяли 0.2 М трис-НСl буфер (рН 7.5). Концентрацию РНК и ДНК в тканях определяли путем экстракции горячей хлорной кислотой с последующим фотометрированием проб в ультрафиолетовом диапазоне (270 и 290 нм) в модификации для тканевых гомогенатов моллюском [2]. На основании полученных значений рассчитывали индекс РНК/ДНК. Суммарный уровень каротиноидов в тканях моллюсков оценивали путем фотометрирования ацетоновых экстрактов при 450 нм [3].

Цифровой материал обработан статистически при помощи t-критерия Стьюдента. Результаты представлены как $\bar{x} \pm S\bar{x}$.

Результаты. Характер распределения ПХБ у особей *M. galloprovincialis* имел выраженную тканевую специфику (рис. 1).

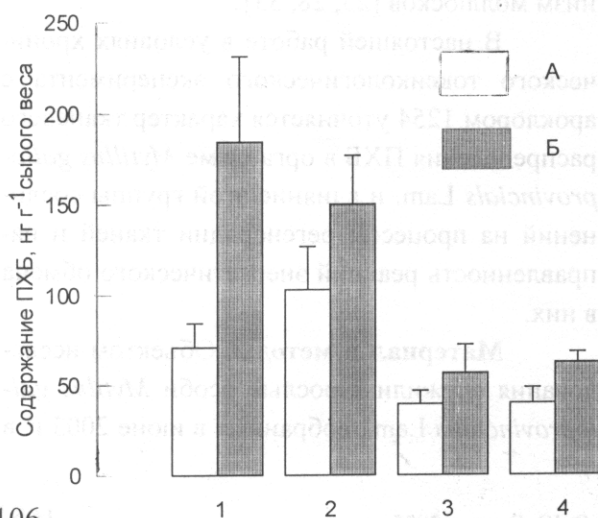


Рис. 1. Содержание ПХБ в тканях мидии *Mytilus galloprovincialis* в условиях хронического токсикологического эксперимента (1 – нога, 2 – гепатопанкреас, 3 – гонады, 4 – жабры; А – контроль, Б – опыт)

Fig. 1. PCB content in tissues of *Mytilus galloprovincialis* under chronic toxicological experiment (1 – foot, 2 – hepatopancreas, 3 – gonads, 4 – gills; A – control, B – experiment)

Максимальный уровень этой группы соединений отмечали у контрольных животных в гепатопанкреасе – 103.0 ± 23.6 нг г⁻¹, минимальный в гонадах и жабрах – 39.1 ± 7.5 и 39.9 ± 8.6 нг г⁻¹ сырой массы ткани соответственно. Различия составили 2.6 раза ($p < 0.05$). Высокая степень аккумуляции была выявлена и для ноги – 70.9 ± 13.5 нг г⁻¹ сырой массы ткани.

В условиях хронического токсикологического эксперимента (концентрация ароклора 1254 в воде – 110 нг л⁻¹, экспозиция – 21 сут) уровень ПХБ повышался во всех исследованных тканях моллюска. Значительный рост был определен для ноги – 2.6 раза ($p < 0.05$). Для

этой ткани был зарегистрирован также максимальный уровень накопления ПХБ – 184.5 ± 46.6 нг г⁻¹ ткани. Аккумуляция ароклора 1254 в остальных тканях была менее выражена. Увеличение составляло 44 – 57 %. При этом статистически значимые отличия были отмечены только в отношении жабр – 57.0 % ($p < 0.05$).

Величины активностей МДГ и ЛДГ в тканевых структурах *M. galloprovincialis* представлены в табл. 1.

Табл. 1 Влияние ПХБ на активности МДГ и ЛДГ в тканях *Mytillus galloprovincialis* Lam.
Table 1 PCB effect on malate dehydrogenase and lactate dehydrogenase activities in tissues of *Mytillus galloprovincialis* Lam.

Ткани моллюска	n	МДГ, мкмоль НАД-Н мин ⁻¹ мг ⁻¹ белка		ЛДГ, нмоль НАД-Н мин ⁻¹ мг ⁻¹ белка	
		Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Нога	5	0.445 ± 0.069	0.411 ± 0.058	3.4 ± 0.5	1.2 ± 0.2
Жабры	5	0.128 ± 0.010	0.229 ± 0.036	1.0 ± 0.2	0.8 ± 0.2
Гепатопанкреас	5	0.141 ± 0.024	0.169 ± 0.016	1.7 ± 0.2	2.0 ± 0.3

Примечание: n – число особей

Активность ЛДГ была на два порядка ниже, чем МДГ во всех тканях, что характерно для ферментов конечного этапа гликолиза моллюсков и гидробионтов, ведущих малоподвижный или прикрепленный образ жизни. Максимальные значения активностей обоих ферментов были выявлены в ноге моллюска, минимальные – в жабрах (контрольная группа). Различия достигали 3.4-3.5 раз ($p < 0.01$). Активности МДГ и ЛДГ определенные для гепатопанкреаса были близки к таковым в жабрах.

Пребывание моллюсков в воде с концентрацией ароклора 1254 – 110 нг л⁻¹ в течение 21 суток приводило к росту активности МДГ в жабрах на 78.9 % ($p < 0.05$) и снижению активности ЛДГ в ноге в 2.8 раза ($p < 0.01$). Подобное перераспределение активностей приво-

дило к увеличению значений отношения МДГ/ЛДГ в этих тканях соответственно в 2.6 и 2.2 раза. Каких-либо реакций со стороны гепатопанкреаса не наблюдали.

Для оценки скоростей процессов регенерации тканей моллюска определяли концентрации в них РНК и ДНК, а также рассчитывали индекс РНК/ДНК (табл. 2). Максимальный уровень РНК и наивысшие значения индекса РНК/ДНК были определены для жабр *M. galloprovincialis* (контрольная группа). Несколько более низкие значения были получены для ноги животных. В гепатопанкреасе и гонадах процессы регенерации были существенно ниже.

В сравнении с жабрами концентрация РНК в этих тканях была в 2 – 4 раза ниже ($p < 0.001$). Столь же значительные отличия отмечены и в отношении индекса РНК/ДНК.

Табл. 2. Влияние ПХБ на активности РНК и ДНК в тканях *Mytillus galloprovincialis*
 Table 2. PCB effect on RNA and DNA content in tissues of *Mytillus galloprovincialis*

Ткани моллюска	РНК, мкг мг ⁻¹ сухого веса		ДНК, мкг мг ⁻¹ сухого веса		РНК/ДНК	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Нога	0.113±0.015	0.161±0.017	0.013±0.001	0.017±0.002	8.8±1.5	9.9±1.9
Жабры	0.124±0.014	0.089±0.005	0.011±0.001	0.019±0.003	11.7±1.8	5.0±0.9
Гепатопанкреас	0.061±0.003	0.063±0.003	0.012±0.001	0.011±0.001	5.0±0.2	5.6±0.2
Гонады	0.032±0.004	0.067±0.004	0.021±0.001	0.019±0.003	1.5±0.2	4.1±0.9

Примечание: контрольная серия – 4 особи; опытная серия – 6 особей

Токсическая экспериментальная нагрузка приводила к угнетению процессов регенерации в жабрах *M. galloprovincialis*. Концентрация РНК в ткани снижалась на 28.3 % (p<0.05), а индекс РНК/ДНК уменьшался в 2.3 раза (p<0.01). Одновременно активизировались ростовые про-

цессы в гонадах моллюска. Уровень РНК повышался в 2.1 раза (p<0.01), а индекс РНК/ДНК в 2.7 раза (p<0.05).

Основная масса каротиноидов в теле *M. galloprovincialis* локализовалась в гепатопанкреасе – 182.4±53.6 мкг г⁻¹ сырого веса (рис. 2).

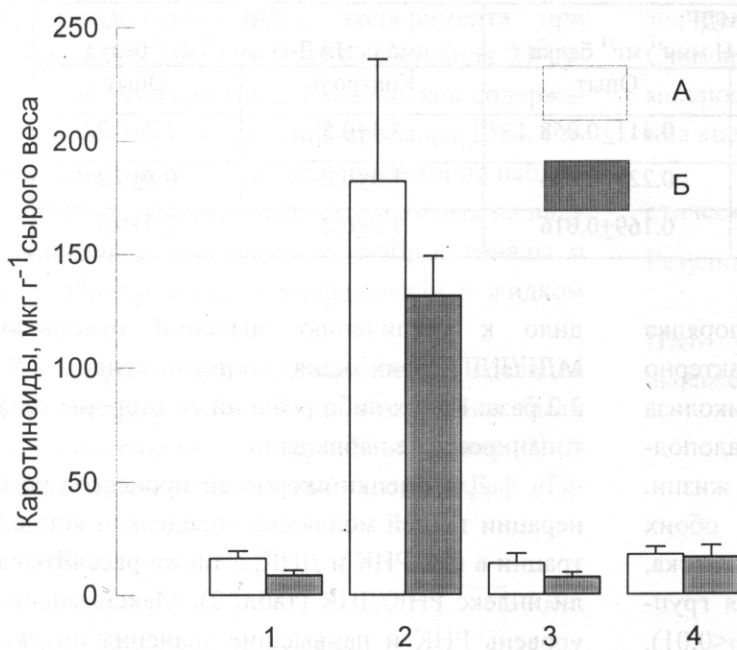


Рис. 2. Содержание каротиноидов в тканях мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. в условиях хронического токсикологического эксперимента (1 – нога, 2 – гепатопанкреас, 3 – гонады, 4 – жабры; А – контроль, Б – опыт)
 Fig. 2. Carotenoids content in tissues of *Mytilus galloprovincialis* Lam. under chronic toxicological experiment (1 – foot, 2 – hepatopancreas, 3 – gonads, 4 – gills; A – control, B – experiment)

В остальных тканях она была в 10 – 13 раз (p<0.001) ниже и находилась на уровне 14 – 18 мкг г⁻¹ сырого веса. В условиях хронической интоксикации ПХБ отмечали понижение уровня каротиноидов в большинстве тканей на 27 – 47 %, при этом не везде различия были статистически значимыми. Исключение составили жабры. Содержание каротиноидов в них осталось на уровне контрольных значений.

Обсуждение. Из результатов настоящей работы следует, что накопление и биохимические эффекты ПХБ на организм *M. galloprovincialis* имели выраженную тканевую специфику.

Аккумуляция ПХБ тканями мидий. Эксперимент с ароклором 1254 показал, что ткани *M. galloprovincialis* обладают различной способностью к аккумуляции ПХБ. Лучшее все-

го она выражена у ноги и гепатопанкреаса (150 – 200 нг г⁻¹ ткани). Гонады и жабры накапливали этих соединения в 3 – 4 раза меньше. Отметим, что кумулятивная емкость гонад по отношению к ПХБ не является постоянной и зависит от степени зрелости половых продуктов [8, 21, 23]. В работе использовались животные в состоянии относительного физиологического покоя (стадия зрелости гонад II – III). Это позволяет ожидать в дальнейшем увеличение концентрации ПХБ в половых железах моллюска по мере его приближения к состоянию нереста.

Весьма неожиданным явился факт высокой кумулятивной емкости ноги мидий в отношении ПХБ. В условиях хронического эксперимента она значительно превысила значения, полученные для гепатопанкреаса. Способность мышечной ткани к аккумуляции ХОС (ПХБ и пестицидов) отмечена ранее для карпа, скумбрии и форели [5, 6]. Однако ее относительная кумулятивная емкость уступала печени и ряду других тканей [16, 27]. Объяснить полученные результаты пока не представляется возможным. Можно лишь предположить, что из-за малоподвижного прикрепленного образа жизни моллюска происходит функциональная переориентация данного органа. Однако для подобного заключения необходимы дополнительные исследования химического состава ноги и направленности основных метаболических процессов в ней.

В виду гидрофобности ПХБ предполагается, что распределение данных соединений в тканевых структурах гидробионтов должно коррелировать с содержанием липидов в них. Однако прямой зависимости не получено. Так, у морских рыб органы по содержанию ПХБ можно расположить в следующем порядке: печень → яичники → семенники → мышцы, а по содержанию липидов порядок будет иной: яичники → печень → мышцы → почки → семенники [24]. Трудно также с этих позиций объяснить результаты настоящих экспериментов, в частности высокий уровень накопления

ПХБ в ноге мидий. Известно, что содержание жиров в мышечной ткани моллюсков ниже, чем в гепатопанкреасе и гонадах. Это означает, что природа кумулятивной емкости тканей гидробионтов в отношении ПХБ не определяется только их свойством гидрофобности.

Биохимические эффекты ПХБ. Среди исследованных тканей *M. galloprovincialis* наиболее радикальные изменения при интоксикации ПХБ отмечали в жабрах. Известно, что респираторный эпителий жабр моллюсков представлен небольшим числом клеточных слоев и не имеет защитных структур, что является необходимым условием для полноценного газообмена между гемолимфой и мантийной жидкостью [14, 23]. Поэтому, не смотря на невысокую степень аккумуляции ПХБ, токсический эффект здесь был наиболее выражен. Он сводился к значительному росту активности МДГ и индекса МДГ/ЛДГ, при одновременном снижении содержания РНК в ткани и падении значений индекса РНК/ДНК.

Известно, что МДГ использует ресурс гликолитического НАД-Н при образовании малата. Последний включается в реакции цикла Кребса, что позволяет получать дополнительный ресурс АТФ. При этом увеличивается внутриклеточное содержание сукцината [31]. Подобные результаты получены при действии ПХБ на организм *Mytillus edulis* [33]. Роль этой реакции особенно повышается в условиях гипоксии, так как она исключает накопление токсического лактата в тканях и развитие ацидоза [10]. Это позволяет предположить, что при действии ароклора 1254 в жабрах *M. galloprovincialis* усиливаются анаэробные процессы, что является следствием развития гипоксии гистотоксического типа.

Индекс РНК/ДНК отражает интенсивность процессов биосинтеза белка в тканях. Он широко применяется в гидробиологических исследованиях при оценке величин мгновенной скорости роста организмов [26]. Учитывая, что настоящая работа была выполнена на

взрослых особях *M. galloprovincialis* (длина раковины 45 – 55 мм), то скорее нужно вести речь не о росте, а о процессах регенерации тканевых структур. Жабры моллюсков обладают одной из наиболее высоких скоростей роста и регенерации в сравнении с другими типами тканей, что связано с их прямым взаимодействием со средой [14]. Это нашло подтверждение и в рассмотренных выше результатах исследования. Концентрации РНК в жабрах и индекс РНК/ДНК значительно превышали значения, полученных для других тканей мидии (контрольная группа). Пребывание же особей в среде с концентрацией ароклора $1254 - 110 \text{ нг г}^{-1}$ ткани существенно снижало содержание РНК в жабрах. Индекс РНК/ДНК уменьшался более чем в 2 раза. Это свидетельствует о наличии выраженного токсического эффекта.

Рост значений индекса МДГ/ЛДГ был выявлен и в ноге моллюска. Однако в отличие от жабр в основе данных изменений лежало не увеличение активности МДГ, а снижение активности ЛДГ. Подобная направленность процессов наблюдается у моллюсков в условиях внешнего дефицита кислорода [10], что также позволяет предположить развитие в данной ткани гипоксии гистотоксического типа.

Весьма необычная реакция в условиях интоксикации ПХБ была зарегистрирована в гонадах. В ткани явно активизировались ростовые процессы. Об этом свидетельствовал значительный рост содержания РНК и индекса РНК/ДНК (в 2 – 3 раза). Как уже отмечалось, ПХБ, как и многие хлорорганические соединения (ХОС), практически не подвергаются метаболической деградации в тканях гидробионтов [17, 32]. Одним из путей их удаления из организма является генерация и выброс половых продуктов. Этому процессу детоксикации в последнее время уделяется наиболее пристальное внимание [18]. Обнаруженный нами феномен позволяет говорить о том, что данный механизм выведения ПХБ из организма моллюска носит целенаправленный характер.

Одной из реакций на рост содержания ПХБ явилось снижение уровня каротиноидов в тканях моллюска. Исключение составили жабры. Известно, что содержание и качественный состав каротиноидов определяются спектром питания животных. В условиях токсической нагрузки уровень каротиноидов в тканях двустворчатых моллюсков обычно повышается [19]. Полученные же результаты можно объяснить только нарушением процессов ассимиляции этой группы соединений, так как в настоящем эксперименте была использована культура микроводоросли *Isochrysis galbana*, которая считается одной из лучших культур по питательным характеристикам [20].

Отсутствие же реакции со стороны жабр, по-видимому, является следствием того, что на их поверхности оседает определенное число клеток *Isochrysis galbana*. Существующий же метод обработки тканей с последующей экстракции пигментов из них не позволяет полностью исключить «вклад» водорослей в суммарное содержание пигментов в этой ткани.

Выводы. 1. Основными тканями, аккумулирующими ПХБ в организме *Mytilus galloprovincialis* Lam. являются гепатопанкреас и нога. Участие жабр и гонад в этом процессе выражено слабо. Максимальный уровень накопления ПХБ зарегистрирован в ноге – $184.5 \pm 46.6 \text{ нг г}^{-1}$ ткани. **2.** Наибольший токсический эффект ПХБ выявлен для жабр моллюска. В ткани угнетались процессы регенерации и развивалась гипоксия гистотоксического типа. Индекс МДГ/ЛДГ повышался в 2.6 раза, а РНК/ДНК уменьшался в 2.3 раза. Рост индекса МДГ/ЛДГ в 2.2 раза отмечен также для ноги мидий. **3.** Хроническая интоксикация ПХБ активизировала ростовые процессы в генеративной ткани. Содержание РНК в гонадах моллюска увеличивалось в 2.1 раза, а индекс РНК/ДНК в 2.7 раза. **4.** В большинстве тканей моллюска (гепатопанкреас, нога, гонады), испытывающих действие ПХБ, заметно снижался суммарный уровень каротиноидов (27 – 47 %).

1. Бочко О. Ю., Солдатов А. А., Шульман Г. Е. Тканевая специфика распределения ПХБ у *Mytilus galloprovincialis* (Lam.) в экспериментальных условиях // Совр. пробл. физиол. и биох. водных организмов. Мат. Межд. конф. 06-09 сент. 2004. – Петрозаводск, 2004. – С. 19 - 20.
2. Дивавин И. А. Свободные нуклеотиды и нуклеиновые кислоты некоторых гидробионтов при интоксикации нефтепродуктами и фенолами // Биол. моря. –1979. – Вып. 50. –С. 40 - 44.
3. Карнаухов В. Н. Биологические функции каротиноидов. – М.: Наука, 1988. – 240с.
4. Мильман Л. С., Юровицкий Ю. Г., Ермолаева Л. П. Определение активности важнейших ферментов углеводного обмена // Методы биологии развития. – М.: Наука, 1974. – С. 346 - 364.
5. Мороз И. Е. Механизм токсикологического воздействия хлорорганических пестицидов на гидробионтов // Сб. научн. тр. ГОСНИОРХ. – 1988. – Вып. 287. –С. 54 - 58.
6. Поликарпов Г. Г., Жерко Н. В. Экологические аспекты изучения загрязнения Черного моря хлорорганическими ксенобиотиками // Экология моря. – 1996. – Вып. 45. – С. 92 - 95.
7. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. – М.: Наука, 1999. – 462 с.
8. Роотс О. Полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды в экосистеме Балтийского моря. – Таллинн, 1992. – 180 с.
9. Клисенко М.А., Александрова Л.П. Определение остаточных количеств пестицидов. – К.: Здоров'я, 1983. – 248 с.
10. Шатира А. З., Бобкова А. Н. Влияние некоторых экологических факторов на соотношение малатдегидрогеназной и лактатдегидрогеназной активностей // Экология. – 1978. – Н 6. –С. 69 - 73.
11. Bochko O. Yu., Soldatov A. A. PCBs in the tissue of *Mytilus galloprovincialis* Lam. from natural population one of the Sevastopol lagoon (Ukraine) // 3th Inter. Conf. Mar. Waste Water Disch. Mar. Envir. Catania (Italy). 27 Sept. – 01 Oct. 2004. – P. 1 - 5.
12. Borsuk F. A. Effects of Polychlorinated Biphenyls on the Gametes and Early Life Stages of Brown Trout // Diss. Abst. Int. Pt. B Sci. Eng. –1999. – 60, N1. – P. 6.
13. Chevreuril M., Granier L., Carru A. M. Relationship between biological parameters and bioaccumulation of some organochlorines (pesticides, PCB) by fishes in the River Siene (France) // Water Air Soil Pollut. – 1995. – 81, № 1-2. – P. 107 - 120.
14. Cui L., Liu C., Lu Y. et al. Studies on mussel's gills // Shandong Fish. Qilu. Yuye. –1996. – 13, № 5. – P.11 - 14.
15. Fairey R., Taberski K., Lamerdin S. et al. Organochlorines and other environmental contaminants in muscle tissues of sportfish collected from San Francisco bay // Mar. Pollut. Bull. – 1997. – 34, № 12. – P.1058 - 1071.
16. Falandysz J., Osmialowski K. Residues of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in muscles of herring from the Gulf of Gdansk // Stud. Mater. Oceanol. – 1992. – № 62. – P.27 - 37
17. Farrington J. W., Davis A. C. et al. No.2 fuel oil compaunds in *Mytilus edulis* // Mar. Biol. – 1982. – 66. – P. 24.
18. Foster N. R., Berlin W. H. Fertilization of eggs of Lake Michigan lake trout *Salvelinus namaycush* in lake water: Effect of PCBs (Aroclor 1254) // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 1997. – 59, N3. –P. 460 - 466.
19. Goristein S., Moncheva S., Katrich E., Toledo F., et al. Antioxidants in the black mussel (*Mytilus galloprovincialis*) as an indicator of black sea coastal pollution // Mar. Pollut. Bull. – 2003. – 46. – P. 1317 - 1325.
20. Herrero C., Lopez-Munoz I., Cid A. et al. Biochemical composition of galician mussels in natural conditions and in laboratory cultures with different microalgal diets // Cuad. Area. Cienc. Mar. Semin. Estud. Galegos. – 1992. – № 6. –P.169 - 170.
21. Hummel H., Bogaards R. H., Nieuwenhuize J. et al. Spatial and seasonal differences in the PCB content of the mussel *Mytilus edulis* // Sci. Total. Environ. – 1990. – 92. – P.155 - 163.
22. Jensen K. Levels of hydrocarbons in mussels, *Mytilus edulis*, and surface sediments from Danish coastal areas // Bull. Environm. Contam. Toxicol. – 1981. – 26. – P.205 - 206.
23. Lee K. M., Kruse H., Wassermann O. Seasonal fluctuation of organohlorines in *Mytilus edulis* L. from theSouth West baltic Sea // Chemosphere. – 1996. – 32, №10. – P. 1890 - 1892.
24. Linko R. R., Kaitaranta I. Occurance of DDT and PCB compounds in Baltic herring and pire from the Turcu Archipelago // Environ. Pollut. –1974. – № 3. – P. 733 - 738.

25. Mane U. H., Gokhale A. A. Biochemical changes due to acute toxicity of fluoride to the bivalve, *Lamellidens marginalis* (Lamarck) from Godavari River near Aurangabad // 12 Ann. Conf. Physiol. Biochem. Approach. Toxicol. Assess. Environmen. Pollut., Utrecht (Netherlands), 27-31 Aug 1990. – P. 36.
26. Moss S. M. Use of nucleic acids as indicators of growth in juvenile white shrimp // Mar. Biol. – 1994. – 120, N3. – P. 359 - 367.
27. Miskiewicz A.G., Gilb P. J. Organochlorine pesticides and Hexachlorobenzene in tissues of fish and invertebrates caught near outfall // Environ. Pollut. – 1994. – 84, № 3. – P. 269 - 277.
28. Nasci C., Da-Ros L., Campesan G., Fossato V. U. Assessment of the impact of chemical pollutants on mussel, *Mytilus galloprovincialis*, from the Venice Lagoon, Italy // Mar. Environ. Res. - 1998. - 46, N 1-5. P. 279 - 282.
29. Orbea A., Ortiz-Zarragoitia M., Sole M., Porte C., Cajaraville M. P. Antioxidant enzymes and peroxisome proliferation in relation to contaminant body burdens of PAHs and PCBs in bivalve mollusks, crabs and fish from the Urdaibai and Plentzia estuaries (Bay of Biscay) // Aquat. Toxicol. – 2002. – 58. – P. 75 - 98.
30. Robertson A., Lauenstein G. G. Distribution of chlorinated organic contaminants in dreissenid mussels along the southern shores of the Great Lakes // J. Great Lakes Res. – 1998. – 24, N 3. – P. 608 - 619.
31. Skorkowski E. F. Mitochondrial malic enzyme from crustacean and fish muscle // Comp. Biochem. Physiol. – 1988. – 90B. – P. 19 - 24.
32. Stegeman J. J., Teal J. M. Accumulation, release and retention of petroleum hydrocarbons by the oyster *Crassostrea virginica* // Mar. Biol. – 1973. – 22. – P. 37 - 44.
33. Zwaan A., Eertman R. H. M. Anoxic or aerial survival of Bivalves and other euryoxic invertebrates as a useful response to environmental stress // Comp. Biochem. Physiol. – 113C, N 2. – P. 299 - 312.

Поступила 02 декабря 2005 г.

Біохімічні ефекти поліхлорированих біфенілів (ПХБ) на організм чорноморського молюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. О. О. Солдатов, О. Ю. Бочко, І. В. Головіна, С. О. Щербань, О. Ю. Вялова. Вивчено характер розподілу поліхлорированих біфенілів (ПХБ) у тканинах *Mytilus galloprovincialis* Lam., в умовах хронічного токсикологічного експерименту із застосуванням ароклору 1254. У тварин з природних популяцій (контрольна група) зазначені хімічні сполуки акумулюються переважно у гепатопанкреасі й нозі. Під час утримування молюсків у воді з концентрацією ароклору 1254 – 110 нг л⁻¹ (експозиція 21 доба) істотно зростання рівня ПХБ було відзначено у зябрах і нозі тварин на 57 і 160 % (p<0.05) відповідно. На цьому фоні в цих тканинах відмічали розвиток гіпоксії гістотоксичного типу. Індекс МДГ/ЛДГ збільшився у 2.2-2.6 разів (p<0.001). Відночасно тривало пригнічення швидкості процесів регенерації у зябрах. Індекс РНК/ДНК зменшувався у 2.7 разів (p<0.01). У гонадах, навпроти, відмічали зріст концентрації РНК і підвищення значень індексу РНК/ДНК. У більшості тканин молюска помітно знижувався сумарний рівень каротіноїдів.

Ключові слова: поліхлорировані біфеніли, *Mytilus galloprovincialis* Lam., малатдегідрогеназа, лактатдегідрогеназа, РНК, ДНК, каротіноїди

Biochemical effects of polychlorinated biphenyls in organism of the Black Sea mollusk (*Mytilus galloprovincialis* Lam.). A. A. Soldatov, O. Yu. Bochko, I. V. Golovina, S. A. Tsherban, O. Yu. Vyalova. PSBs distribution in *Mytilus galloprovincialis* Lam. tissues under chronic toxicological experimental conditions with aroclor 1254 was investigated. These compounds were accumulated predominantly in mollusk hepatopancreas and foot. The significant increase of PSBs level was marked in gills and foot by 57 and 160 % (p<0.05) respectively in the water with aroclor 1254 concentration of 110 ng l⁻¹ (exposition is 21 days). Simultaneously the development of histotoxic hypoxia was found in these tissues. MDH/LDH (malate dehydrogenase/ lactate dehydrogenase) index rose 2.2-2.6 times (p<0.001). Decrease of regeneration processes in mollusk gills was marked as well. RNA/DNA index decreased 2.7 times (p<0.01). On the contrary, the increase of RNA concentration and RNA/DNA index was observed in gonads. The total carotenoids level decreased significantly in most tissues (hepatopancreas, foot, gonads).

Key words: polychlorinated biphenyls, *Mytilus galloprovincialis* Lam., malate dehydrogenase, lactate dehydrogenase, RNA, DNA, carotenoids