

УДК 594.38:577.1(476.5)

О.М. Балаева-Тихомирова¹, Е.И. Кацнельсон², Н.Ю. Полозова³¹канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

²выпускник аспирантуры каф. химии

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

³магистрант биол. факультета

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

e-mail: kate_kaznelson@tut.by

**ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНДОГЕННОЙ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГОЧНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ
МОЛЛЮСКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ**

*Легочные пресноводные моллюски являются удобными объектами для оценки степени загрязнения водной экосистемы. Основными характеристиками данных тест-объектов, широко используемых в биомониторинге и биоиндикации, являются высокая чувствительность к загрязняющим агентам и ксенобиотикам, широкое распространение, легкость сбора и идентификации, короткий жизненный цикл. В статье рассматривается способ оценки экологического состояния природных водоемов по показателям эндогенной антиоксидантной системы легочных моллюсков. На основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния природных водоемов посредством оценки активности ключевых показателей антиоксидантной системы по трем параметрам: сезону года, местообитанию и типу транспорта кислорода – с использованием в качестве тест-организмов широко распространенных видов легочных пресноводных моллюсков – *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*.*

Введение

Эндогенные антиоксиданты формируются из поступающих с пищей молекул, обладающих способностью обезвреживать активные метаболиты кислорода (витамины С, А, Е, бета-каротин, липоевая кислота, ликопин); из молекул обмена веществ (аминокислоты и их производные, пептиды, кофакторы ферментов и др.); продуктов распада макромолекул при окислительном стрессе (мочевая кислота, билирубин); индукторов экспрессии генов антиоксидантных ферментов (*Erythroid 2 C-45*, *Nrf1*, *Nrf2*, *Keap-1*, *TRX1* и др.); антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза, гемоксигеназа, тиоредоксинредуктаза, каталаза и др.); молекулярных комплексов, содержащих антиоксидантные ферменты и субстанции (например, липопротеины высокой плотности) [1].

Эндогенные антиоксиданты выполняют свои функции в разных компартментах организма: внутри клеток, на поверхности слизистых оболочек и плазме крови, – в связи с чем их спектры различаются. Известно, что патологические эффекты генотипов полиморфных генов ферментов антиоксидантной системы в отношении риска возникновения мультифакториальных заболеваний проявляются в зависимости от прооксидантного и антиоксидантного влияния факторов внешней среды [2]. При прооксидантном действии среды генотипы ферментов антиоксидантной системы, по-видимому, потенцируют их негативное влияние на органы и ткани посредством усиления свободно-радикального окисления, увеличивая риск развития болезней, тогда как в условиях антиоксидантного действия среды генотипы ферментов этой системы могут не проявляться патологическими изменениями фенотипа или даже обладать защитными свойствами в отношении риска развития той или иной патологии. Поэтому исследование компонентов антиоксидантной системы целесообразно в проведении мониторинга природных объектов [3].

В последние десятилетия осуществляется большой объем исследований влияния стрессоров на жизненные функции и выживаемость водных организмов. В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы.

Одними из перспективных объектов для биологического мониторинга водоемов являются вторично водные моллюски – прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*) с разными переносчиками кислорода (медьсодержащий гемоцианин и железосодержащий гемоглобин) [4].

Цель статьи – провести экологический мониторинг водоемов Витебской области путем оценки показателей эндогенной антиоксидантной системы легочных пресноводных моллюсков двух видов, отличающихся по механизму транспорта кислорода.

Материал и методы

Опыты поставлены на 324 легочных пресноводных моллюсках, разделенных на две группы – 162 особи *Lymnaea stagnalis* (прудовик обыкновенный) и 162 особи *Planorbarius corneus* (роговая катушка). Моллюски собирались весной (апрель–май), летом (июль) и осенью (сентябрь–октябрь) из водоемов шести районов Витебской области (таблица 1). В каждой исследовательской подгруппе содержалось по 9 моллюсков.

Таблица 1. – Места отбора моллюсков

Район сбора моллюсков	Место сбора	Водоем
Витебский р-н	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский р-н	д. Ляды	оз. Вордовье
Бешенковичский р-н	д. Сокорово	оз. Малое
Ушачский р-н	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский р-н	а/г Башни	оз. Будовесь
Сенненский р-н	г. Сенно	оз. Сенненское

Определение мочевой кислоты в гемолимфе проводили стандартными биохимическими реакциями с использованием наборов реагентов НТПК «Анализ Х» [5]. Для количественного установления продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-положительных веществ (ТБК-ПВ)) использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой [6]. Активность каталазы (1.11.1.6) выявляли по реакции с молибдатом аммония [7]. Определение количества восстановленного глутатиона проводили по реакции взаимодействия GSH с ДТНБК (5,5'-дитио-бис-2-нитробензойной кислотой) с образованием окрашенного в желтый цвет аниона 2-нитро-5-тиобензоата [8].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2012, STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение

Результаты, представленные в таблицах 2 и 3, показывают, что сезонные изменения условий окружающей среды оказывают влияние на антиоксидантную систему легочных моллюсков, приводят к активации процессов перекисного окисления липидов в весенний и осенний периоды года, что доказывается увеличением содержания ТБК-ПВ во всех экспериментальных группах.

Изменения содержания ТБК-ПВ имеют сезонный характер. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшие значения – в летний период сбора моллюсков. Полученные изменения в концентрации ТБК-ПВ имеют однотипный характер во всех исследуемых районах сбора моллюсков:

самое высокое значение в весенний период, среднее значение в осенний период, наименьшее значение в летний период (таблица 2).

По сравнению с летним периодом сбора у катушки роговой повышено содержание ТБК-ПВ в весенний период в 1,8 раза в Витебском районе, в 2,3 раза в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах, в 1,3 раза в Бешенковичском и Ушачском районах.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в осенний период в 1,2 раза в Витебском, Бешенковичском и Ушачском районах, 1,5 раза в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах.

По сравнению с осенним периодом сбора содержание ТБК-ПВ в гепатопанкреасе катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,5 раза в Витебском и Шумилинском районах, в 1,3 раза в Дубровенском и Сенненском районах (таблица 2).

Таблица 2. – Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$8,04 \pm 0,55^{1,2}$	$4,36 \pm 0,25$	$5,24 \pm 0,33^1$
Дубровенский р-н	$5,98 \pm 0,36^{1,2}$	$2,67 \pm 0,24$	$4,54 \pm 0,17^1$
Бешенковичский р-н	$5,13 \pm 0,61^1$	$3,68 \pm 0,31$	$4,53 \pm 0,45^1$
Ушачский р-н	$5,77 \pm 0,42^1$	$4,49 \pm 0,29$	$5,58 \pm 0,64^1$
Шумилинский р-н	$7,93 \pm 0,42^{1,2}$	$3,34 \pm 0,30$	$5,08 \pm 0,78^1$
Сенненский р-н	$5,84 \pm 0,34^{1,2}$	$2,78 \pm 0,21$	$4,11 \pm 0,23^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* зависит от сезона года (таблица 3).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в весенний период в 2,6 раза в Витебском и Шумилинском районах, 2 раза – в Дубровенском, Ушачском и Сенненском районах, 1,7 раза в Бешенковичском районе.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в осенний период в среднем 1,5 раза во всех исследованных районах.

По сравнению с осенним периодом содержание ТБК-ПВ *Lymnaea stagnalis* в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском районе в 1,8 раза, Шумилинском районе в 1,6 раза, в Ушачском – в 1,4 раза (таблица 3).

Таблица 3. – Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$9,32 \pm 0,47^{1,2}$	$3,56 \pm 0,24$	$5,18 \pm 0,26^1$
Дубровенский р-н	$5,34 \pm 0,21^1$	$2,67 \pm 0,18$	$4,22 \pm 0,34^1$
Бешенковичский р-н	$5,77 \pm 0,36^1$	$3,36 \pm 0,45$	$5,74 \pm 0,23^1$
Ушачский р-н	$7,42 \pm 0,35^{1,2}$	$3,83 \pm 0,50$	$5,37 \pm 0,41^1$
Шумилинский р-н	$9,21 \pm 0,55^{1,2}$	$3,42 \pm 0,26$	$5,30 \pm 0,38^1$
Сенненский р-н	$5,86 \pm 0,28^1$	$2,87 \pm 0,27$	$4,32 \pm 0,26^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

На активность каталазы в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* влияет сезон года (таблица 4).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в весенний период в 2,5 раза во всех исследуемых районах.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в осенний период в 1,7 раза во всех районах.

По сравнению с осенним периодом активность каталазы катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,6 раза в Витебском и Ушачском районах, в 1,3 раза в Дубровенском, Бешенковичском, Шумилинском и Сенненском районах (таблица 4).

Таблица 4. – Активность каталазы (мкмоль/мин/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	82,4 ± 1,4 ^{1,2}	31,2 ± 1,2	52,3 ± 1,3 ¹
Дубровенский р-н	64,5 ± 2,1 ^{1,2}	27,4 ± 1,4	48,6 ± 1,7 ¹
Бешенковичский р-н	70,9 ± 2,3 ^{1,2}	29,5 ± 1,3	57,3 ± 2,0 ¹
Ушачский р-н	78,7 ± 7,6 ^{1,2}	29,7 ± 1,8	49,8 ± 2,4 ¹
Шумилинский р-н	67,4 ± 2,8 ^{1,2}	26,7 ± 3,8	47,8 ± 1,7 ¹
Сенненский р-н	69,5 ± 1,6 ^{1,2}	28,7 ± 1,2	48,8 ± 1,4 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Активность каталазы гепатопанкреаса *Lymnaea stagnalis* также имела сезонный характер изменений (таблица 5).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в весенний период в 2,4 раза во всех исследуемых районах (таблица 5).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в осенний период в 1,7 раза в районах исследования.

Выявлено: активность каталазы выше весной, что связано с усилением неблагоприятного воздействия факторов внешней среды обитания и возрастанием окислительного стресса. Динамика изменений активности каталазы уменьшается в последовательности весна → осень → лето, что свидетельствует о повышении активности антиоксидантной системы в весеннее время года из-за необходимости в утилизации большего количества перексид водорода, образующегося при активации окислительных процессов.

Таблица 5. – Активность каталазы (мкмоль/мин/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	88,4 ± 2,3 ^{1,2}	41,4 ± 1,3	56,6 ± 2,6 ¹
Дубровенский р-н	70,2 ± 1,6 ^{1,2}	29,6 ± 1,7	50,6 ± 2,5 ¹
Бешенковичский р-н	72,5 ± 3,9 ^{1,2}	30,7 ± 2,3	52,4 ± 2,4 ¹
Ушачский р-н	80,8 ± 4,4 ^{1,2}	33,2 ± 1,8	54,6 ± 2,5 ¹
Шумилинский р-н	74,7 ± 4,1 ^{1,2}	31,1 ± 1,5	52,5 ± 3,0 ¹
Сенненский р-н	70,4 ± 1,8 ^{1,2}	29,4 ± 1,4	50,7 ± 2,3 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Таблица 6. – Содержание восстановленного глутатиона (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	11,43 ± 0,15 ^{1, 2}	7,22 ± 0,08	8,94 ± 0,07 ¹
Дубровенский р-н	10,56 ± 0,06 ^{1, 2}	7,04 ± 0,04	9,16 ± 0,13 ¹
Бешенковичский р-н	10,18 ± 0,24 ^{1, 2}	7,02 ± 0,07	9,56 ± 0,12 ¹
Ушачский р-н	10,61 ± 0,21 ^{1, 2}	7,18 ± 0,04	9,01 ± 0,11 ¹
Шумилинский р-н	10,76 ± 0,04 ^{1, 2}	7,14 ± 0,06	8,87 ± 0,09 ¹
Сенненский р-н	10,58 ± 0,06 ^{1, 2}	6,87 ± 0,03	8,92 ± 0,05 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

По сравнению с летним периодом сбора в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* повышено содержание восстановленного глутатиона в весенний период в 1,5 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание восстановленного глутатиона в осенний период в 1,3 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с осенним периодом содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,2 раза в Витебском, Дубровенском, Ушачском, Шумилинском и Сенненском районах (таблица 6).

В летний период сбора у моллюсков содержание восстановленного глутатиона в 1,3 раза меньше, чем весной и осенью. Самые большие значения зафиксированы в Ушачском и Бешенковичском районах – в 1,3 раз больше, чем в Шумилинском районе весной (таблица 7). Установлено: содержание восстановленного глутатиона в летнее время имеет самые низкие показатели, т.к. в это время степень неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды минимальна. Показатели в весеннее и осеннее время превышают в 1,5 раза значения в летнее время сбора. Однако весной вследствие низкой температуры и недостатка пищи моллюски испытывают стресс и значение показателей выше, чем в осеннее время сбора (таблица 7).

Таблица 7. – Содержание восстановленного глутатиона (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	11,64 ± 0,13 ^{1, 2}	8,04 ± 0,05	9,12 ± 0,08 ¹
Дубровенский р-н	10,12 ± 0,16 ^{1, 2}	7,56 ± 0,17	9,26 ± 0,06 ¹
Бешенковичский р-н	10,06 ± 0,06 ^{1, 2}	7,47 ± 0,19	9,09 ± 0,05 ¹
Ушачский р-н	11,23 ± 0,03 ^{1, 2}	8,16 ± 0,23	9,36 ± 0,06 ¹
Шумилинский р-н	10,32 ± 0,23 ^{1, 2}	8,34 ± 0,16	9,18 ± 0,05 ¹
Сенненский р-н	10,48 ± 0,08 ^{1, 2}	7,32 ± 0,07	8,78 ± 0,13 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Известно, что в состав неферментативной антиоксидантной системы входит мочева кислота. При исследовании этого показателя в гемолимфе большого прудовика и катушки роговой обнаружено выраженное увеличение концентрации мочево кислоты от осеннего периода сбора к весеннему. Увеличение концентрации мочево кислоты в гемолимфе может также свидетельствовать об активации процессов катаболизма нук-

леиновых кислот и нуклеотидов, обусловленных воздействием неблагоприятных условий внешней среды в весенний сезон.

Концентрация мочевой кислоты в гемолимфе *Planorbarius corneus* имеет сезонный характер изменений. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшее значение – в осенний период сбора моллюсков (таблица 8).

Таблица 8. – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	137,99 ± 5,23 ^{1, 2}	119,56 ± 3,45	92,14 ± 2,02 ¹
Дубровенский р-н	149,28 ± 1,68 ^{1, 2}	129,66 ± 4,45	82,46 ± 2,16 ¹
Бешенковичский р-н	159,18 ± 3,17 ^{1, 2}	110,48 ± 4,16	91,52 ± 2,38 ¹
Ушачский р-н	139,66 ± 4,55 ^{1, 2}	127,92 ± 4,07	96,36 ± 2,36 ¹
Шумилинский р-н	157,82 ± 4,52 ^{1, 2}	132,87 ± 4,32	89,06 ± 2,00 ¹
Сенненский р-н	157,31 ± 4,25 ^{1, 2}	126,26 ± 3,18	83,54 ± 2,24 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

По сравнению с осенним периодом содержание мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Ушачском районах в 1,5 раза, в Дубровенском и Шумилинском – в 1,8 раза, в Бешенковичском – в 1,7 раза, в Сенненском – в 1,9 раза. При исследовании содержания мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой обнаружено достоверное увеличение уровня мочевой кислоты от осеннего периода сбора к весеннему.

Мочевая кислота является конечным продуктом реакций превращения пуриновых оснований, синтезируемых в основном печенью и выводимых почками. Уровень мочевой кислоты говорит о состоянии здоровья исследуемого организма. Сдвиги содержания данного продукта обмена в крови как в сторону повышения, так и в сторону понижения зависят от двух процессов: образования кислоты в печени и времени ее выведения, – которые могут изменяться вследствие различных неблагоприятных внешних воздействий факторов окружающей среды. Положительное действие гиперурикемии, высокий уровень пуринового продукта обмена в гемолимфе благоприятно влияет на организм и позволяет корректировать некоторые патологические состояния. Содержание мочевой кислоты в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* имеет сезонный характер изменений. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшее значение – в осенний период сбора моллюсков (таблица 9).

Таблица 9. – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	74,47±1,48 ^{1,2}	45,56±2,33	25,46±0,64 ¹
Дубровенский р-н	77,61±1,02 ^{1,2}	54,58±1,74	35,31±0,49 ¹
Бешенковичский р-н	69,60±1,37 ^{1,2}	45,26±0,57	26,23±0,78 ¹
Ушачский р-н	72,58±1,30 ^{1,2}	48,04±2,02	28,75±0,57 ¹
Шумилинский р-н	74,82±1,34 ^{1,2}	50,12±1,60	30,36±0,76 ¹
Сенненский р-н	77,85±1,16 ^{1,2}	55,38±1,46	36,25±0,38 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков

По сравнению с летним периодом сбора у прудовика обыкновенного повышено содержание мочевой кислоты в весенний период в 1,5 раза у особей из всех исследуемых районов. По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках понижено содержание мочевой кислоты в осенний период в 1,8 раза в Витебском районе, в 1,6 раза в Дубровенском и Сененском районах, в 1,7 раза в Бешенковичском, Ушачском, Шумилинском районах.

При сравнении с осенним периодом содержание мочевой кислоты в гемолимфе прудовика обыкновенного в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Бешенковичском районах в 2,8 раза, в Дубровенском и Сененском районах в 2,2 раза, в Ушачском и Шумилинском – в 2,5 раза. Обнаружено выраженное увеличение концентрации мочевой кислоты в гемолимфе по сравнению с осенним периодом сбора к весеннему. Положительное действие гиперурикемии, высокий уровень пуринового продукта обмена в крови благоприятно влияет на организм.

Заключение

Установлено, что уровни ТБК-ПВ в гепатопанкреасе моллюсков изменяются однотипно во всех исследуемых водоемах: самые низкие значения летом, весенние значения превышают летний уровень примерно в 2 раза, а осенние – в среднем в 1,5 раза. Содержание ТБК-ПВ оказалось более высоким в проточных водоемах. Достоверных различий в сезонной динамике ТБК-ПВ у обоих видов моллюсков не выявлено.

При исследовании активности каталазы в гепатопанкреасе моллюсков выявлена аналогичная сезонная динамика: весной активность фермента превышает летний уровень в среднем в 2,5 раза, а осенью – в 1,8 раза. В водоемах Ушачского и Бешенковичского районов выявлен наибольший весенний подъем активности каталазы в гепатопанкреасе катушек.

Содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков изменялось аналогично, но с меньшими различиями в сезонной динамике: весной уровень показателя превышал летний уровень в среднем в 1,5 раза, а осенью – в 1,3 раза. В водоемах Ушачского и Бешенковичского районов также выявлено наиболее высокое содержание восстановленного глутатиона весной.

Сезонная динамика мочевой кислоты в гемолимфе отличается от сезонной динамики ТБК-ПВ, каталазы и восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков: наряду с весенним подъемом уровня показателя в 1,2–1,5 раза у моллюсков разных водоемов выявлено снижение количества мочевой кислоты осенью по сравнению с летним периодом в 1,2–1,6 раза. Уровень мочевой кислоты выше в гемолимфе катушек, но выявленная сезонная динамика показателя сохраняется.

Таким образом, определенные сезонные изменения в динамике показателей, связанных со свободно-радикальным окислением, могут служить мониторинговыми параметрами экологического благополучия водных сред обитания легочных пресноводных моллюсков, поскольку они в итоге коррелируют с фундаментальными показателями клеточного состава тканей гидробионтов – содержанием нуклеиновых кислот [9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахматова, О. А. Использование показателей антиоксидантной системы гидробионтов в экологическом мониторинге (аналитический обзор) / О. А. Шахматова // Рибогосподарська наука України. – 2009. – № 1. – С. 6–11.
2. Гостюхина, О. Л. Активность ферментов пероксидного комплекса тканей мидии в норме и условиях естественного окислительного стресса / О. Л. Гостюхина, А. А. Солдатова // Мор. экол. журн. – 2005. – Спец. вып. 1. – С. 23–31.

3. Арутюнян, А. В. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма : метод. рекомендации / А. В. Арутюнян, Е. Е. Дубинина, Н. Н. Зыбина. – СПб. : Фолиант, 2000. – 104 с.
4. Дромашко, С. Е. Биотестирование – составной элемент оценки состояния окружающей среды : учеб.-метод. пособие / С. Е. Дромашко, С. Н. Шевцова. – Минск : ИПНК, 2012. – 82 с.
5. Чиркин, А. А. Липидный обмен / А. А. Чиркин, Э. А. Доценко, Г. И. Юпатов. – М. : Мед. лит., 2003. – 122 с.
6. Uchiyama, M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Mihara // *Analit. Biochem.* – 1987. – Vol. 86. – P. 271–278.
7. Королюк, М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк // *Лаб. дело.* – 1988. – № 1. – С. 16–19.
8. Beutler, E. Red cell metabolism a manual of biochemical methods / E. Beutler. – Orlando : Grune & Stratton, 1990. – P. 131–134.
9. Balaeva-Tikhomirova, O. M. Nitrogen-containing compounds of hepatopancreas of pulmonary molluscs welling in natural water / O. M. Balaeva-Tikhomirova, E. I. Katsnelson, V. V. Dolmatova // *Znanstvena misel journal.* – 2017. – № 10. – P. 17–23.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 02.11.2018

Balaeva-Tikhomirova O.M., Katsnelson E.I., Polozova N.Yu. Laboratory Evaluation of the Indicators of the Endogenous Antioxidant System of the Pulmonary Freshwater Molluscs for Monitoring Natural Waters

*Pulmonary freshwater mollusks are bioindicators for assessing the degree of pollution of the aquatic ecosystem. The main characteristics of these test objects widely used in biomonitoring and bioindication are high sensitivity to polluting agents and xenobiotics, wide distribution, ease of collection and identification, short life cycle. The article discusses a method for assessing the ecological state of natural water bodies in terms of the endogenous antioxidant system of pulmonary molluscs. On the basis of the obtained, an algorithm can be created for determining the ecological status of natural water bodies, by assessing the activity of key indicators of the antioxidant system by three parameters - the season of the year, habitat and type of oxygen transport using widely used types of pulmonary freshwater mollusks – and *Planorbis corneus* of environmental pollution. The main characteristics of these test objects used in monitoring are high sensitivity to polluting agents, wide distribution, ease of collection and identification, short life cycle. According to the indicators of the endogenous antioxidant system of pulmonary mollusks, the ecological status of natural water bodies is established.*