

УДК 594.38:[591.149.12+577.112+577.113](476.5)

О.М. БАЛАЕВА-ТИХОМИРОВА, канд. биол. наук, доцент,
заведующий кафедрой химии¹
E-mail: olgabaltih@gmail.com

Е.И. КАЦНЕЛЬСОН
аспирант кафедры химии¹
¹Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь
E-mail: kate_kaznelson@tut.by

Статья поступила 12 октября 2018г.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ТКАНЕЙ *LYMNAEA STAGNALIS* И *PLANORBARIUS CORNEUS*

Резюме. Легочные пресноводные моллюски прудовик обыкновенный и катушка роговая относятся к видам с разным типом транспорта кислорода (медьсодержащий гемоцианин и железосодержащий гемоглобин) и являются универсальными тест-организмами для оценки состояния водных экосистем Беларуси и биоэкологических исследований. На содержание мочевины, мочевой кислоты, ДНК, РНК и общего белка в гепатопанкреасе и гемолимфе оказывают влияние сезон года, местообитание и тип транспорта кислорода, это позволяет сформировать представления об особенностях азотного обмена у моллюсков, обитающих в природных водоемах, на которые оказывают влияние различные антропогенные факторы окружающей среды.

Ключевые слова: легочные моллюски, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbarius corneus*, общий белок, ДНК, РНК, мочевая кислота, мочевина.

BALAEVA-TIKHOMIROVA O.M., Cand. of Biol. Sc., Associate Professor,
Head of Department of chemistry¹
E-mail: olgabaltih@gmail.com

KATSNELSON E.I.
Postgraduate student of Department of chemistry¹
¹Vitebsk State University named after P.M. Masherova, Vitebsk, Republic of Belarus
E-mail: kate_kaznelson@tut.by

SEASONAL CHANGES IN NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS OF *LYMNAEA STAGNALIS* AND *PLANORBARIUS CORNEUS* TISSUES

Summary. Pulmonary freshwater mollusks pond snail and horn coil belong to species with different types of oxygen transport (copper-containing hemocyanin and iron-containing hemoglobin) and are universal test organisms for assessing the state of aquatic ecosystems of Belarus and bioecological studies. The content of urea, uric acid, DNA, RNA and total protein in hepatopancreas and hemolymph is influenced by the season, habitat and type of oxygen transport, this allows you to form ideas about the features of nitrogen metabolism in mollusks living in natural waters, which are influenced by various anthropogenic environmental factors.

Keywords: pulmonary mollusks, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbarius corneus*, total protein, RNA, DNA, uric acid, urea.

Введение. К ключевым показателям азотного обмена относят: содержание общего белка, ДНК, РНК, мочевую кислоту и мочевины. В настоящее время в ряде проанализированных научных работ не учитывается фактор сезонности, что может искажать качество биомониторинга водных сред обитания моллюсков, используемых в качестве тест-организмов.

Общий белок определяет физико-химические свойства крови. Количественное соотношение их в сыворотке крови в норме относительно постоянно и отражает состояние здоровья исследуемого организма. Распад белков и нуклеиновых кислот в организме приводит к образованию группы небелковых азотсодержащих веществ. Избыток азота в организме или азот, образующийся при превращениях и расщеплении аминокислот, выводится из организма в виде мочевины и мочевой кислоты. Мочевая кислота образуется при расщеплении пуриновых нуклеотидов [1].

Легочные пресноводные моллюски *Lymnaea stagnalis*, *Planorbarius corneus* относятся к видам с разным типом транспорта кислорода [2, 3]. Переносчиками кислорода являются медь-содержащий гемоцианин у прудовиков и железо-содержащий гемоглобин у катушек [4]. Существует прямая зависимость между активностью животного и концентрацией переносчика кислорода во внутренней среде [5]. Данные различия позволяют эффективно использовать легочных пресноводных моллюсков в качестве модельных организмов для оценки состояния водных экосистем и биоэкологических исследований путем изучения химических компонентов среды обитания, а также биохимических показателей моллюсков как компонента биоиндикации водоемов [6-8].

Цель – определить концентрацию азотсодержащих соединений у легочных пресно-

водных моллюсков в зависимости от сезона года, местообитания и типа транспорта кислорода.

Методика и объекты исследования. 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 (июнь-июль) и осенью (сентябрь-октябрь) из водоемов шести районов Витебской области (таблица 1).

Водоемы выбранных районов имели различную антропогенную нагрузку, которая оценивалась по содержанию в пробах воды и почвы ионов тяжелых металлов, катионов, сульфат-ионов, общей и карбонатной жесткости, активности ферментов. В качестве норматива использовались предельно допустимые концентрации для воды рыбохозяйственных водоемов, водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, для дерново-подзолистых почв, шкала сравнительной оценки ферментативной активности дерново-подзолистых почв. Исследования содержания растворенных форм металлов (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+}), катионов, сульфат-ионов, общей и карбонатной жесткости, ферментативной активности в пробах воды и почвы показали, что наиболее неблагоприятная экологическая обстановка установлена в водоемах Витебского, Дубровенского, Бешенковичского и Сенненского районов, где негативная нагрузка была максимальной. Так как вода и почва прибрежной зоны в исследуемых районах используется в промышленных целях, в водоемы осуществляется сброс сточных вод, озера используются в сельском хозяйстве и в мелиоративных целях.

Таблица 1 – Места отбора моллюсков

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

Водоёмы и почвы прибрежной зоны Ушачского и Шумилинского районов испытывают слабую антропогенную нагрузку, так как не используются в промышленности и сельском хозяйстве, в них не осуществляется сброс сточных вод, что доказывается низким содержанием ионов меди (меньше значения ПДК), незначительно превышающим значения ПДК содержанием железа и цинка в почве и как следствие слабая активность ферментов протеазы, уреазы и каталазы; низкие значения катионов магния и кальция в воде по сравнению с пробами воды из других районов. Гемолимфу получали путем раздражения ноги легким покалыванием, что стимулирует рефлекс втягивания ноги в раковину и выделение гемолимфы из мантийной полости. Определение показателей в гемолимфе проводили стандартными биохимическими реакциями с использованием наборов реагентов НТПК «Анализ Х» (общий белок, мочевая кислота, мочевины) [9]. Определение содержания белка (мг/г ткани) проводили по методу Лоури [10]. Содержание ДНК и РНК (мг/г ткани) определяли по методу Vlober и Potter [11], основанному на спектрофотометрическом определении ДНК при λ 270 и 290 нм и РНК при λ 270 нм. Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2012, STATISTICA 6.0.

Содержание общего белка в гемолимфе легочных пресноводных моллюсков зависит

от сезона года. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшие значения – в летний период сбора моллюсков (таблицы 2, 3). По сравнению с летним периодом сбора у катушек отмечено повышенное содержание общего белка в весенний период в 1,5 раза в Витебском, Ушачском, Шумилинском и Сенненском районах. Такие же закономерности сохраняются при сравнении летнего и осеннего периодов. По сравнению с летним периодом сбора у прудовиков выявлено повышенное содержание общего белка в весенний период в 1,3 раза в Витебском, Дубровенском, Бешенковичском, Ушачском и Сенненском районах. По сравнению с осенним периодом сбора статистически значимых различий не установлено.

Результаты и их обсуждение. Содержание общего белка в гемолимфе *Lymnaea stagnalis*, *Planorbarius corneus* имеет общую закономерность у двух видов: концентрация белка снижается в летний период времени и повышается весной и осенью, что связано с активацией обмена веществ, в благоприятный для жизнедеятельности, менее стрессовый летний сезон. По сравнению с осенним периодом сбора статистически значимых различий не установлено.

Содержание мочевины зависит от сезона года. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в летний период, наименьшие значения – в весенний период сбора моллюсков (таблицы 4, 5).

Таблица 2 – Содержание общего белка (мг/мл) в гемолимфе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

Район сбора	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	37,04±0,52 ¹	24,15±0,32	33,31±0,46 ¹
Дубровенский р-н	33,40±0,63 ¹	25,02±0,44	31,24±0,65 ¹
Бешенковичский р-н	33,17±1,08 ¹	25,81±0,61	32,63±1,01 ¹
Ушачский р-н	35,36±0,95 ¹	23,55±0,83	35,14±0,60 ¹
Шумилинский р-н	39,34±0,61 ¹	26,67±0,66	36,35±1,62 ¹
Сенненский р-н	36,62±1,70 ¹	23,72±0,45	31,38±0,57 ¹

Примечание – ¹p<0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков

Таблица 3 – Содержание общего белка (мг/мл) в гемолимфе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	14,03±0,22 ¹	11,35±0,16	15,87±0,25 ¹
Дубровенский р-н	13,14±0,33 ¹	10,05±0,18	14,14±0,17 ¹
Бешенковичский р-н	13,58±0,12 ¹	10,72±0,27	14,62±0,22 ¹
Ушачский р-н	13,59±0,11 ¹	9,95±0,65	14,35±0,19 ¹
Шумилинский р-н	14,48±0,28 ¹	11,80±0,30	14,93±0,24 ¹
Сенненский р-н	14,54±0,17 ¹	10,24±0,15	15,16±0,21 ¹

Примечание – ¹p<0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков

Таблица 4 – Содержание мочевины (ммоль/л) в гемолимфе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

Район сбора	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	6,54±0,06 ¹	8,15±0,08	6,02±0,06 ¹
Дубровенский р-н	6,34±0,07 ¹	7,35±0,04	6,34±0,06 ¹
Бешенковичский р-н	6,41±0,05 ¹	7,62±0,11	6,47±0,08 ¹
Ушачский р-н	6,32±0,06 ¹	7,43±0,12	6,40±0,11 ¹
Шумилинский р-н	6,25±0,06 ¹	7,72±0,11	6,43±0,10 ¹
Сенненский р-н	6,45±0,10 ¹	7,94±0,10	6,95±0,06 ¹

Примечание – ¹p<0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков

Таблица 5 – Содержание мочевины (ммоль/л) в гемолимфе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	5,93±0,17 ¹	7,14±0,11	6,05±0,03 ¹
Дубровенский р-н	6,37±0,12 ¹	8,22±0,12	6,55±0,05 ¹
Бешенковичский р-н	6,33±0,07 ¹	8,04±0,19	6,98±0,06 ¹
Ушачский р-н	6,15±0,14 ¹	7,42±0,13	6,45±0,11 ¹
Шумилинский р-н	6,87±0,16 ¹	7,86±0,11	6,65±0,18 ¹
Сенненский р-н	6,95±0,16 ¹	8,94±0,13	6,78±0,04 ¹

Примечание – ¹p<0,05 по сравнению с летним периодом сбора моллюсков

Мочевина – основной продукт распада белков – вырабатываемый печенью из аммиака. Повышение концентрации мочевины в гемолимфе происходит в результате увеличения активности организма, числа передвижений, количества актов дыхания, всплытия и погружения моллюсков.

Отмечено снижение содержания мочевины катушек, собранных в осенний период сбора, по сравнению с летним, в 1,3 раза во всех исследуемых районах. Установлено, что у прудовиков, собранных в осенний и весенний период года, содержание мочевины снижено по сравнению с особями, собранными летом, в 1,3 раза в Витебском, Дубровенском, Бешенковичском, Ушачском и Сенненском районах. При сравнении осеннего и весеннего, а также осеннего и летнего периодов сбора, статистически значимых отличий в содержании мочевины у моллюсков не зафиксировано.

Концентрация мочевины в гемолимфе моллюсков также зависит от рациона питания. Прудовики и катушки питаются преимущественно осадочным детритом, который

представляет собой мелкие органические частицы, состоящие из остатков разложившихся животных, растений вместе с содержащимися в них бактериями, осевшими на дно водоема или взвешенными в толще воды. При увеличении в составе детрита белкового компонента содержание мочевины возрастает, при увеличении растительного компонента – уровень мочевины снижается. Содержание органического детрита изменяется по сезонам года. Весной и осенью преобладает растительный компонент, летом – в биогенных остатках преобладает животный компонент, поэтому уровень мочевины в гемолимфе легочных моллюсков летом выше, чем весной и осенью.

Содержание мочевой кислоты зависит от сезона года. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшее значение – в осенний период сбора моллюсков (таблицы 6, 7).

Таблица 6 – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

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

Таблица 7 – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

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

При сравнении летнего и весеннего сезонов установлено повышение содержания мочевой кислоты у прудовиков в весенний период сбора в 1,2 раза в Витебском, Дубровенском, Бешенковичском, Шумилинском и Сенненском районах. По сравнению с летним периодом сбора, у моллюсков понижено содержание мочевой кислоты в осенний период в 1,5 раза в Витебском, Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах. По сравнению с осенним периодом, в весенний период статистически значимые отличия в содержании мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой 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. Мочевая кислота является конечным продуктам 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, как и в сторону понижения, зависят от двух процессов: образования кислоты в печени и времени выведения ее, кото-

рые могут изменяться вследствие неблагоприятных воздействий факторов окружающей среды.

У прудовиков отмечены закономерности сезонного изменения содержания мочевой кислоты, сходные с таковыми у катушек. По сравнению с летним периодом сбора, у прудовика обыкновенного повышено содержание мочевой кислоты в весенний период в 1,5 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с летним периодом сбора, у моллюсков понижено содержание мочевой кислоты в осенний период в 1,8 раза в Витебском районе, в 1,6 раза в Дубровенском и Сенненском районах, в 1,7 раза в Бешенковичском, Ушачском и Шумилинском районах. В весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Бешенковичском районах – в 2,8 раза, Дубровенском и Сенненском районах – в 2,2 раза, Ушачском и Шумилинском – в 2,5 раза. При исследовании этого показателя в гемолимфе прудовика обыкновенного и катушки роговой обнаружено выраженное увеличение концентрации мочевой кислоты от осеннего к весеннему периоду сбора.

Таблица 8 – Содержание РНК (мг/г) в гепатопанкреасе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	9,07±0,42 ^{1,2}	7,06±0,16	5,74±0,24 ¹
Дубровенский р-н	10,33±0,36 ²	8,46±0,27	6,77±0,25 ¹
Бешенковичский р-н	8,83±0,34 ²	7,82±0,26	6,53±0,48 ¹
Ушачский р-н	10,17±0,30 ²	9,18±0,30	7,28±0,44 ¹
Шумилинский р-н	9,05±0,41 ¹	6,73±0,23	7,46±0,28 ¹
Сенненский р-н	8,04±0,21 ^{1,2}	7,37±0,18	5,89±0,34 ¹

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

Таблица 9 – Содержание РНК (мг/г) в гепатопанкреасе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	10,20±0,58 ^{1,2}	7,44±0,35	5,46±0,35 ¹
Дубровенский р-н	11,06±0,55 ^{1,2}	9,87±0,27	6,12±0,15 ¹
Бешенковичский р-н	9,19±0,25 ^{1,2}	7,47±0,49	6,39±0,45 ¹
Ушачский р-н	10,80±0,35 ^{1,2}	9,08±0,46	7,02±0,42 ¹
Шумилинский р-н	10,60±0,67 ^{1,2}	9,63±0,39	6,79±0,58 ¹
Сенненский р-н	15,25±0,71 ^{1,2}	12,83±0,44	10,06±0,41 ¹

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

Установлено, что содержание РНК в гепатопанкреасе прудовиков зависит от сезона года, наибольшее содержание данного показателя отмечается в весенний период, наименьшее – в осенний период сбора моллюсков (таблица 8). Содержание РНК весной оказалось наиболее низким у прудовиков из Сенненского района.

Из таблицы 8 видно, что, по сравнению с летним периодом сбора, в моллюсках повышено содержание РНК в весенний период в 1,3 раза в Витебском, Дубровенском и Шумилинском районах. Аналогичные изменения зафиксированы при сравнении летнего периода сбора моллюсков с осенним. В весенний период статистически значимые отличия получены в 1,6 раза в Витебском и Дубровенском районах и в 1,4 раза в Ушачском и Сенненском районах.

Максимальное содержание РНК в гепатопанкреасе катушек зафиксировано в весенний период сбора, а летом и осенью установлено закономерное снижение данного показателя (таблица 9). По сравнению с осенним

периодом, в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Дубровенском районах в 1,8 раза, Бешенковичском, Ушачском, Сенненском, Шумилинском районах в 1,5 раза. Но были выявлены отличия. Так весенние уровни РНК были одинаковыми у животных, отловленных в водоемах Витебского и Шумилинского районов, но у катушек из Сенненского района весенний уровень РНК достоверно превышал в 1,5 раза содержание РНК у моллюсков из водоемов двух других районов. Аналогичный эффект был отмечен при анализе РНК летом и осенью.

Высокое содержание РНК весной может свидетельствовать об усиленном биосинтезе белка в гепатопанкреасе после выхода из гипобиоза.

Содержание ДНК в тканях гепатопанкреаса имело противоположную динамику по сравнению с сезонной динамикой РНК. Весной отмечается самое низкое содержание ДНК в гепатопанкреасе прудовиков и катушек (таблицы 10 и 11).

Таблица 10 – Содержание ДНК (мг/г) в гепатопанкреасе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	1,74±0,04 ^{1,2}	2,09±0,04	2,49±0,03 ¹
Дубровенский р-н	1,13±0,03 ^{1,2}	1,21±0,02	1,43±0,03 ¹
Бешенковичский р-н	1,63±0,05 ^{1,2}	1,79±0,03	1,97±0,05 ¹
Ушачский р-н	1,40±0,07 ^{1,2}	1,85±0,05	1,93±0,03 ¹
Шумилинский р-н	1,96±0,04 ^{1,2}	2,02±0,05	2,44±0,08 ¹
Сенненский р-н	1,54±0,03 ^{1,2}	1,72±0,04	2,07±0,06 ¹

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

Таблица 11 – Содержание ДНК (мг/г) в гепатопанкреасе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	1,44±0,11 ²	1,67±0,09	1,83±0,10 ¹
Дубровенский р-н	1,64±0,16 ²	1,83±0,09	2,00±0,07 ¹
Бешенковичский р-н	1,95±0,26 ²	1,93±0,16	2,39±0,09 ¹
Ушачский р-н	2,09±0,26 ²	2,75±0,05	2,94±0,19 ¹
Шумилинский р-н	1,96±0,17 ^{1,2}	2,01±0,23	2,73±0,29 ¹
Сенненский р-н	1,54±0,15 ²	1,73±0,12	1,98±0,15 ¹

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

Летом и осенью происходило постепенное увеличение содержания ДНК в гепатопанкреасе моллюсков. Такая динамика связана с утратой небольшого количества клеток в процессе зимнего гипобиоза. В этом случае повышение содержания РНК в гепатопанкреасе весной может являться приспособительной реакцией для поддержания синтеза белка в рамках белкового гомеостаза организма моллюсков. Установлено, что достоверного роста ДНК к летнему сезону не происходит в гепатопанкреасе катушек.

В таблицах 12 и 13 представлены данные о содержании белка в гепатопанкреасе легочных пресноводных моллюсков.

Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в осенний период, наименьшее – в летний период сбора моллюсков (таблица 12). По сравнению с летним периодом сбора, в гепатопанкреасе моллюсков повышено содержание общего белка в весенний период в 1,5 раза в Витебском, Дубровенском, Ушачском и Шумилинском районах. В осенний период у моллюсков повышено содержание общего белка в 1,7 раза в Витебском районе, в 1,9 раза в Дубровенском районе, в 1,6 раза в Бешенковичском и Сенненском районах, в 2 раза в Шумилинском районе.

Таблица 12 – Содержание общего белка (мг/г) в гепатопанкреасе *L. stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	271±7,6 ^{1,2}	186±8,8	323±21,7 ¹
Дубровенский р-н	196±4,7 ^{1,2}	120±8,7	228±7,8 ¹
Бешенковичский р-н	191±5,6 ^{1,2}	150±9,7	235±10,9 ¹
Ушачский р-н	184±3,2 ^{1,2}	131±4,8	169±9,2 ¹
Шумилинский р-н	164±6,0 ^{1,2}	100±9,3	203±4,3 ¹
Сенненский р-н	203±6,7 ^{1,2}	160±5,7	263±6,5 ¹

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

Таблица 13 – Содержание общего белка (мг/г) в гепатопанкреасе *Pl. corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	189±7,1 ^{1,2}	135±7,3	256±8,2 ¹
Дубровенский р-н	123±5,2 ^{1,2}	100±4,1	139±8,6 ¹
Бешенковичский р-н	172±6,1 ^{1,2}	122±4,9	207±6,3 ¹
Ушачский р-н	150±7,3 ^{1,2}	113±3,8	211±9,7 ¹
Шумилинский р-н	233±9,2 ^{1,2}	79±3,3	205±7,5 ¹
Сенненский р-н	180±6,5 ^{1,2}	243±3,4	322±12,9 ¹

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

У прудовиков наибольшее содержание белка отмечено осенью, наименьшее – летом. Аналогичные результаты получены и у катушек из Витебского и Шумилинского районов.

В гепатопанкреасе катушек из Сенненского района сезонная динамика содержания белков повторяла таковую для ДНК, т.е. было увеличение содержания белка от весны к осени.

Наибольшие изменения в содержании общего белка отмечены у катушки роговой между летним и осенним периодами сбора. В осенний период сбора у моллюсков повышено содержание общего белка в 1,9 раза в Витебском и Ушачском районах, в 1,4 раза в Дубровенском и Сенненском районах, в 1,7 раза в Бешенковичском районе, в 2,6 раза в Шумилинском районе.

Заключение. К ключевым показателям азотного обмена относят мочевину, мочевую кислоту, пурины. Количественные отношения конечных продуктов азотистого обмена животных определяются доступностью воды. Содержание общего белка в плазме является одним из главных показателей физиологического состояния организма животного. У моллюсков *Lymnaea stagnalis* концентрация общего белка в плазме изменяется в интервале 7,21–21,40 г/л. Близкие значения содержания общего белка 15,7, 7,9 и 9,7 г/л зафиксированы в плазме моллюсков *Helix pomatia*, *Mytilus edulis* и *Mya arenaria*. Продукт азотистого обмена мочевая кислота обнаружена в плазме гемолимфы *Lymnaea stagnalis*, ее содержание изменяется от 2,24 до 11,50 мг/100 мл. Этот показатель является важным при выявлении нарушений почечной экскреции [12].

Изменение азотсодержащих соединений у легочных пресноводных моллюсков носит сезонный характер. Установлено, что содер-

жание общего белка в гемолимфе легочных пресноводных моллюсков снижено летом и повышено весной и осенью. Содержание мочевины имеет обратную закономерность: летом ее содержание в гемолимфе повышается, а весной и осенью снижается. Мочевая кислота в гемолимфе легочных пресноводных улиток закономерно повышается от осени к весне. Данные изменения связаны с изменением состава кормовой базы, физической и физиологической активностью организмов и внешнего воздействия факторов окружающей среды. Увеличение концентрации мочевой кислоты в гемолимфе может свидетельствовать об активации процессов катаболизма нуклеиновых кислот и нуклеотидов, обусловленных воздействием неблагоприятных факторов внешней среды в весенний сезон.

Содержание РНК в гепатопанкреасе легочных пресноводных улиток закономерно снижается от весны к осени. Содержание ДНК в тканях гепатопанкреаса легочных пресноводных улиток закономерно повышается от весны к осени. Содержание белка в гепатопанкреасе легочных моллюсков уменьшается по сезонам в последовательности осень > весна > лето.

С учетом местообитания и сезонных изменений установлены достоверные различия в изучаемых биохимических показателях в гепатопанкреасе моллюсков, обитающих в водоеме Сенненского района, и моллюсков из водоемов Витебского и Шумилинского районов. Исследования двух видов моллюсков с различным типом транспорта кислорода показывают однотипный характер изменений содержания азотсодержащих соединений с учетом сезонности и местообитания.

Список литературы

1. Ауэрман, Т.Л. Основы биохимии: учебное пособие / Т.Л. Ауэрман, Т.Г. Генералова,

- Г.М. Сусяняк. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 400 с.
2. Bouétard, A. Pyrosequencing-based transcriptomic resources in the pond snail *Lymnaea stagnalis*, with a focus on genes involved in molecular response to diquat-induced stress/ A. Bouétard [and etc.] // *Ecotoxicology*. – 2012. – Vol. 21 №8. – P. 2222-2234.
 3. Coutellec, M.A. Population genetics of *Lymnaea stagnalis* experimentally exposed to cocktails of pesticides / M.A. Coutellec, A.L. Besnard, T. Caquet // *Ecotoxicology*. – 2013. – Vol. 22 №5. – P. 879-888.
 4. Биохимия филогенеза и онтогенеза: учебное пособие / А.А. Чиркин [и др.]; под общ. Ред А.А. Чиркина. – Минск: Новое знание, Москва: ИНФРА-М, 2012. – 288 с.
 5. Гемоглобины и гемоцианины беспозвоночных (Биохимические адаптации к условиям среды) / И.О. Алякринская. – М.: Наука, 1979. – 153 с.
 6. Стадниченко, А.П. Сравнительная характеристика белкового спектра гемолимфы некоторых видов группы *Lymnaea lamarck* (*Gastropoda*) / А.П. Стадниченко // *Вестник зоологии* – 1974. – №5. – С. 33-37.
 7. Стадниченко, А.П. Влияние трематодной инвазии на содержание гемоцианина в гемолимфе прудовика (*Gastropoda: Pulmonata: Lymnaeidae*) / А.П. Стадниченко [и др.] // *Паразитология*. – 1999. – Т. 33, № 2. – С. 125-128.
 8. Дромашко, С.Е. Биотестирование – составной элемент оценки состояния окружающей среды: учебно-методическое пособие / С.Е. Дромашко, С.Н. Шевцова. – Минск : ИПНК, 2012 – 82 с.
 9. Чиркин, А.А. Липидный обмен / А.А. Чиркин, Э.А. Доценко, Г.И. Юпатов. – Москва : Медицинская литература, 2003. – 122 с.
 10. Lowry, O.H. Protein measurement with Folin phenol reagent / O.H. Lowry // *Journal Biological Chemistry*. – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265-275.
 11. Blober, G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, non sedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid / G. Blober, V.R. Potter // *Biochem. Biophys. Acta* – 1968. – Vol. 166. – P. 48-54.
 12. Курамшина, Н.Г. Биохимические особенности плазмы гастропод (*Mollusca: Gastropoda*) в условиях различных уровней техногенной нагрузки на территории Башкортостана / Н. Г. Курамшина [и др.] // *Материалы III Международной научной конференции «Биоразнообразие и роль зооценозов в природных и антропогенных экосистемах»*. – Д., 2005. – С. 46-47.
- ### References
1. Aujerman T.L., Generalova T.G., Susljanok G.M. *Osnovy biohimii: Uchebnoe posobie* [Fundamentals of Biochemistry: Textbook]. Moskva, NIC INFRA-M, 2013. 400 p. (In Russian)
 2. Bouétard A. Pyrosequencing-based transcriptomic resources in the pond snail *Lymnaea stagnalis*, with a focus on genes involved in molecular response to diquat-induced stress. *Ecotoxicology*, 2012, Vol. 21, no. 8, pp. 2222-2234
 3. Coutellec M.A. Population genetics of *Lymnaea stagnalis* experimentally exposed to cocktails of pesticides. *Ecotoxicology*, 2013, Vol. 22, no. 5, pp. 879-888
 4. Chirkin A.A. et al. *Biohimiya filogeneza i ontogeneza: uchebnoe posobie* [Biochemistry of phylogenesis and ontogeny: teaching materials]. Eds. Chirkin A.A. Minsk, Novoe znanie, Moskva, INFRA-M, 2012, 288 p. (In Russian)
 5. Aliakrinskaya I.O. Gemoglobini i gemotsianini bespozvonochnikh (Biokhemieskiye adaptatsii k usloviyam sredi) [Hemoglobines and Hemocianines of Invertebrates (Biochemical Adaptations to Environment)]. Moskva, Nauka, 1979, 153 p. (In Russian)
 6. Stadnichenko A.P. Sravnitel'naya charakteristika belkovogo spektra gemolimfy nekotoryh vidov gruppy *Lymnaea lamarck* (*Gastropoda*) [Comparative characteristics of the protein spectrum of the hemolymph of some species of the group *Lymnaea lamarck* (*Gastropoda*)]. *Vestnik zoologii* [Vestnik of zoology], 1974, no. 5, pp. 33-37 (In Russian)
 7. Stadnichenko A.P., Ivanenko L.D., Vitkovskaya O.V., Kalinina N.N. Vliyanie trematodnoj invazii na sodержanie gemocianina v gemolimfe prudovika (*Gastropoda: Pulmonata: Lymnaeidae*) [Influence of trematode invasion on the content of hemocyanin in the pond gel hemolymph (*Gastropoda: Pulmonata: Lymnaeidae*)]. *Parazitologiya* [Parasitology], 1999, Vol. 33, no. 2, pp. 125-128 (In Russian)

8. Dromashko S.E., Shevcova S.N. *Biotestirovanie – sostavnoj element ocenki sostoyaniya okruzhayushchej sredy: uchebno-metodicheskoe posobie* [Biotesting is an integral element of assessing the state of the environment: teaching aid]. Minsk, IPNK, 2012, 82 p.
9. Chirkin A.A., Docenko E.A., Yupatov G.I. *Lipidnyj obmen* [Lipidnyi obmen]. Moskva, Medicinskaya literatura, 2003, 122 p.
10. Lowry O.N. Protein measurement with Folin phenol reagent. *Journal Biological Chemistry*, 1951, Vol. 193, no. 1, pp. 265-275
11. Blober G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, non sedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid. *Biochem. Biophys. Acta*, 1968, Vol. 166, pp. 48-54
12. Kuramshina, N.G., Kuramshin, E.M., Abroshchenko, V.V., Kirajd R.I. Biohimicheskie osobennosti plazmy gastropod (Mollusca: Gastropoda) v usloviyah razlichnyh urovnej tekhnogennoj nagruzki na territorii Bashkortostana [Biochemical features of gastropod plasma (Mollusca: Gastropoda) under different levels of anthropogenic stress in the territory of Bashkortostan]. *Materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Bioraznoobrazie i rol' zoocenozov v prirodnyh i antropogennyh ehkosistemah»* [Materials of the 3rd International Scientific Conference "Biodiversity and the role of zoocenoses in natural and anthropogenic ecosystems"]. Dnipropetrovsk, 2005, pp. 46-47 (In Russian)

Received 12 October 2018