

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

УДК 502.51:504.5:594.38:577.121.016.7

№ госрегистрации 20160235 от 01.03.2016

Инв. № 03/16



Утверждаю

Проректор по научной работе

И.М. Прищепа

2018

ОТЧЕТ

о научно исследовательской работе

«Разработка способа мониторинга водных экосистем посредством исследования метаболизма и его регуляции у легочных моллюсков, отличающихся по механизмам транспорта кислорода»

Начальник

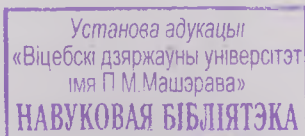
научно-исследовательского сектора,
кандидат геолого-минералогических наук

И.А. Красовская

Ответственный исполнитель НИР

кандидат биологических наук
доцент кафедры химии

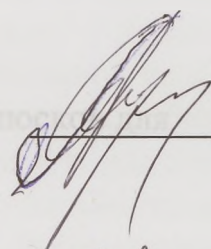
Т.А. Толкачёва



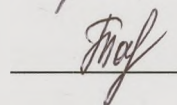
Витебск 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

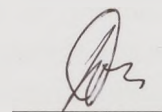
Научный руководитель —
доктор биологических наук, профессор
кафедры химии, профессор

 А.А. Чиркин

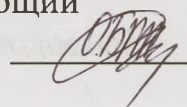
Ответственный исполнитель —
кандидат биологических наук, доцент
кафедры химии, доцент

 Т.А. Толкачева

Исполнители:
доктор медицинских наук, профессор
кафедры химии, профессор

 Е.О. Данченко

кандидат биологических наук, заведующий
кафедрой химии, доцент

 О.М. Балаева-Тихомирова

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Использование брюхоногих пресноводных моллюсков для биомониторинга и биотестирования	6
2 Материал и методы исследований	9
2.1 Характеристика моделей экспериментов	9
2.2 Забор биологического материала	10
2.3 Определение биохимических показателей тканей моллюсков	10
2.4 Определение химического состава водоемов	11
3 Результаты и их обсуждение	12
Заключение	27
Список использованных источников	28
Библиографический список	30

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающее антропогенное загрязнение пресных водоемов становится все более острой экологической и социальной проблемой. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы разработки достаточно простых и информативных методов биоиндикации его воздействия на биоту водоемов, которые возможно применить в мониторинговых и серийных экологотоксикологических исследованиях. Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющие водоемы: планктонные и бентосные беспозвоночные, простейшие, водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы. Каждая из них, выступая в роли биологического индикатора, имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации [1, 2].

Ранее нами было установлено, что пресноводные легочные моллюски представляет собой перспективные тест-объекты изучения воздействия токсикантов (соли тяжелых металлов), абиотических факторов (гипертермия) и метаболотропных факторов (стрептозотоцин) на ферментные системы гидробионтов, что может быть использовано для оценки уровня загрязнений водной среды. Продолжая исследования в этом направлении, представляется интересным исследовать протеолитическую и антипротеолитическую активность гемолимфы и гепатопанкреаса моллюсков.

Одним из наиболее перспективных приемов индикации загрязнения является изучение реакции на него протеолитических ферментов, как инструментов протеолиза – неперенного фундаментального процесса обмена веществ в организме животных, обеспечивающего распад белков, пополняющего аминокислотный фонд клеток, участвующего в росте, делении и гибели клеток. Известны два основных типа протеолиза – АТФ-независимый и АТФ-зависимый. Первый активизируется в условиях голодания и не требует затраты энергии, а второй функционирует постоянно и избирательно. В этих процессах участвуют, вероятно, разные протеолитические ферменты. При некоторых типах повреждения клеток нарушается окислительное фосфорилирование, снижается синтез АТФ, растет потребление кислорода, а также синхронно активируются гликолиз и протеолитические процессы. Хотя описанные механизмы известны более 20 лет, их исследование остается актуальным из-за высокой научно-практической важности решения проблемы функционирования системы протеолиз-антипротеолиз. Новый подход для решения этой проблемы может базироваться на исследовании протеолитических ферментов и антипротеолитических факторов в тканях и гемолимфе легочных пресноводных моллюсков – прудовика обыкновенного (*Lymnaea stagnalis* L) и катушки роговой (*Planorbis corneus* L), отличающихся по типу транспорта кислорода [3]. Первый из них признан модельным организмом для исследования действия водорастворимых химических агентов в ЕЭС в 2010 году. Разработаны детальные требования к проведению строго

контролируемых в Европейском союзе исследований в течение всей или части жизни моллюска (Series on Testing and Assessment. No. 121. Detailed review paper on molluscs life-cycle toxicity testing. JT03284405. Environment Directorate. Paris 2010). Представители таксона *Mollusca* имеют четыре типа кислородпереносящих металлопротеинов и тканевых протогемовых белков: тканевые протогемы, гемоглобин красных кровяных клеток, внеклеточные гемоглобины и гемоцианины [4]. У прудовиков транспорт кислорода осуществляет гемоцианин, а у катушек – гемоглобин. Существует прямая зависимость между активностью животного и концентрацией переносчиков кислорода во внутренней среде [5]. Гемоцианин менее активен по сравнению с гемоглобином: 1 г его связывает в 3-5 раз меньше кислорода – 0,25-0,4 см³. Но в среднем количество кислорода, связанного с гемоцианином, вдвое больше, чем количество кислорода, физически растворенного в гемолимфе. Содержание гемоцианина в расчете на медь составляет 1,63-3,02 г/л. Информации о гемоглобинах катушек в норме и патологии значительно меньше. Даже в суммарной таблице, приводимой в документе ЕЭС (Testing and Assessment. No. 121) в графе с параметрами катушек на 30% больше прочерков по сравнению с графой, посвященной параметрам прудовиков. Следовательно, представляется важным дальнейшее сравнительное изучение биохимических параметров тканей прудовиков и катушек в рамках проблемы биомониторинга среды обитания.

При всех преимуществах исследования фармакодинамики биологически активных веществ у млекопитающих имеется существенный недостаток, связанный с наличием системы замкнутого кровообращения, вследствие чего вводимые гидрофильные молекулы должны преодолевать гемато-клеточные барьеры и зависеть от нейрогуморальных механизмов регуляции кровообращения. У моллюсков имеется незамкнутая система кровообращения, которая позволяет вводимым в гемолимфу веществам действовать непосредственно на клетки-мишени [6].

Цель исследования: установление биохимических эффектов действия некоторых абиотических и метаболотропных факторов на легочных пресноводных моллюсков (*Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*).

Задачи исследования:

- 1) Изучение протеолиза/антипротеолиза гемолимфы и гепатопанкреаса легочных моллюсков, отличающихся по транспорту кислорода.
- 2) Установление биохимической реактивности тканей моллюсков при действии антиметаболита этионина.
- 3) Выявление динамики биохимических показателей у *L. stagnalis* и *P. corneus* в зависимости от времени года и места обитания.
- 4) Определение химического состава водоемов, служащих местом обитания пресноводных легочных моллюсков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие / А.Г. Бубнов [и др.]; под общ. ред. В.И. Гриневича. – Иваново, 2007. – 112 с.
2. Голубев, А.П. Применение интегрального подхода к оценке воздействия антропогенного загрязнения на биоту пресных водоемов / А.П. Голубев, Д.В. Аксенов-Грибанов, М.А. Тимофеев // Экологический вестник. – 2013. – № 3(20). – С. 106-115.
3. Чиркин А.А. Биохимия филогенеза и онтогенеза. Минск: Новое знание; М.:ИНФРА-М, 2012. – 288 с.
4. Алякринская И.О. Гемоглобины и гемоцианины беспозвоночных (Биохимические адаптации к условиям среды) / И.О. Алякринская. – М.: Наука, 1979. – 153 с.
5. Стадниченко, А.П. Сравнительная характеристика белкового спектра гемолимфы некоторых видов группы *Lymnaea Lamarck (Gastropoda)* / А.П. Стадниченко // Вестн. зоол. – 1974. – №5. – С. 33–37.
6. Чиркин, А.А. Моделирование биохимических признаков сахарного диабета у легочных пресноводных моллюсков / А.А. Чиркин [и др.] // Новости медико-биологических наук. – 2016. – Т. 14, №3. – С. 28-32.
7. Денисов, Д.Б. Хронология развития субарктических водоемов в условиях интенсивного промышленного загрязнения / Д.Б. Денисов // Наука и развитие технобиосферы Заполярья: Мат. Международ. конф. – Апатиты, 2005. – С. 46-49.
8. Зинченко, Т.Д. Результаты и перспективы биоиндикационных исследований водоемов и водотоков Волжского бассейна (на примере хирономид, Diptera:Chironomidae) / Т.Д. Зинченко. – Самара: Изд. Самар. науч. центра РАН, 2006. – С. 248–262.
9. Шеховцов, А.А. Влияние отраслей экономики Российской Федерации на состояние природной среды в 1993-1995 гг. / А.А. Шеховцов, Е.В. Жильцов, С.С. Чижев. – М.: Изд. Центр «Метеорология и гидрология», 1997. – 329 с.
10. Никаноров, А.М. Системы мониторинга поверхностных вод / А.М. Никаноров, В.В. Циркунов. – СПб: Гидрометиздат, 1994. – 197 с.
11. Абакумов, В.А. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / В.А. Абакумов, Л.М. Сушня // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: труды международного симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 41–51.
12. Ляшенко, О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие / О.А. Ляшенко. – СПб ГТУРП. – СПб., 2012. – 67 с.
13. Бедова, П.В. Использование моллюсков в биологическом мониторинге состояния водоемов / П.В. Бедова, Б.И. Колупаев // Экология. 1998. – №5. – С. 410–411.
14. Измайлова, Н.Л. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по

- прохождению учебной практики / Н.Л. Измайлова, О.А. Ляшенко, И.В. Антонов – СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52с.
15. Горомосова, С.А. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий / С.А. Горомосова, А.З. Шапиро. – М.: Легкая промышленность, 1984. – 119 с.
16. Erlanger, D.F. Preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin / D.F. Erlanger, N. Kokowsky // Arch. Biomed. Biophys. – 1961. – Vol. 95, 2. P. – 271–278.
17. Хватов, В.Б. Ускоренный метод определения основных ингибиторов протеиназ в плазме крови человека: методические рекомендации / В.Б. Хватов, Т.А. Белова М. – 1981. – 16 с.
18. Lowry, O.H. Protein measurement with Folin phenol reagent / O.H. Lowry // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265–275.
19. Blober, G. Distribution of radioactivity between the acid-soluble pool and pools of RNA in the nuclear, nonsedimentable and ribosome fractions of rat liver after a single injection of labeled orotic acid / G.Blober G., V.R. Potter // Biochem. Biophys. Acta. – 1968. – Vol. 166. – P. 48–54.
20. Ильющенко, Е.В. Исследование некоторых химических показателей качества природных вод, служащих местом обитания легочных моллюсков / Е.В. Ильющенко, Т.А. Толкачева // Вестн. Вит. гос. ун-та. – 2017. – № 3 (96). – С. 68-74.
21. Lavoigne, A. The influence of ethionine on the phosphorylation state of adenine nucleotides in isolated hepatocytes / A. Lavoigne [et al.] // Biochimie. – 1983. – Vol. 65, 8–9. – P. 471–476.
22. Lavoigne, A. The influence of ethionine on the phosphorylation state of adenine nucleotides in isolated hepatocytes / A. Lavoigne [et al.] // Biochim. Biophys Acta. 1990. – Vol. 1049, 2. – P. 158–170.
23. Ohshita, T. Suppression of autophagy by ethionine administration in male rat liver in vivo / T. Ohshita // Toxicology. – 2000. – Vol. 147, 1. P. – 51-57.
24. Pegg, A.E. Studies of the ethylation of rat liver transfer ribonucleic acid after administration of L-ethionine/A.E. Pegg // Biochem. J. – 1972. – Vol. 128, 1. – P. 59-68.
25. Tani, H. Decrease of the hepatic ATP content and gluconeogenesis in ethionine-treated rats / H.Tani, K.Ogata // Biochim. Biophys. Acta. – 1970. – Vol. 215, 2. – P. 264–272.
26. Tani, H. Effect of ethionine on carbohydrate and lipid metabolism. / H.Tani [et al.] // J. Lipid Res. – 1973. – Vol. 14, 1. – P. 32–40.
27. Villa-Trevino S. The role of adenosine triphosphate deficiency in ethionine-induced inhibition of protein synthesis / S. Villa-Trevino., K.H.Shull, E.Farber // J. Biol. Chem. – 1963. – Vol. 238. – P. 1757–1763.
28. Yoshizawa F., Watanabe E., Sugahara K., Natori Y. Translational initiation regulators are hypophosphorylated in rat liver during ethionine-mediated ATP depletion / F.Yoshizawa [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2002. – Vol. 298, 2. – 235-239.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Учебники с грифом Министерства образования Республики Беларусь

1. Биологическая химия: учебник / Чиркин А.А., Данченко Е.О. – Минск: Вышэйшая школа, 2017 – 432 с.

Учебные пособия и методические рекомендации

1. Лабораторные биохимические исследования: методические рекомендации к выполнению лабораторных работ студентами биологического факультета специальности «Биология. НПД» / А.А. Чиркин [и др.] – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – 43с.
2. Физико-химические методы исследования физиологических процессов биологических систем и лабораторный мониторинг: методические рекомендации к выполнению самостоятельных работ / О.М. Балаева-Тихомирова, Е.А. Гусакова. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – 50 с.

Статьи в научных изданиях, включённых в перечень изданий, рекомендованных ВАК Республики Беларусь и в зарубежных изданиях

1. Шорец, М.А. Оценка степени антропогенной нагрузки на почвы г. Витебска по основным диагностическим показателям / М.А. Шорец, Д.А. Орлова, О.М. Балаева-Тихомирова // Весн. вит.гос. ун-та. – 2017. – № 2 (95). – С. 62-69.
2. Чиркин, А.А. Изучение системы протеолиз-антипротеолиз в тканях легочных пресноводных моллюсков при введении этионина / А.А. Чиркин, В.В. Долматова, Е.И. Кацнельсон, Т.А. Толкачева // Новости медико-биологических наук, 2017. – том. 15, №2. – С. 38-45.
3. Шорец, М.А. Содержание ионов тяжелых металлов и ферментативная активность урбаноземов Витебской области при различной антропогенной нагрузке / М.А. Шорец, О.М. Балаева-Тихомирова // Вестн. град. гос. ун-та. – 2017. – Серия 5, Т 7, № 2. – С. 154–162.
4. Шорец, М.А. Загрязнение тяжелыми металлами почвенного покрова Республики Беларусь на примере почв областных центров / М.А. Шорец, О.М. Балаева-Тихомирова // Вестн. мог. гос. ун-та. – 2017. – Серия В, № 2 (50). – С. 75–82.
5. Чиркин, А.А. Содержание ДНК, РНК и белков в тканях легочных пресноводных улиток в зависимости от типа транспорта кислорода, сезона года и местообитания (научное исследование в рамках школьного филиала вузовской кафедры) / А.А. Чиркин, Г.В. Цапко, А.А. Моралина, П.С. Шевченко // Біялогія і хімія. – 2017. – № 7(55). – С. 52-61.
6. Долматова, В.В. Время дивергенции между легочными пресноводными моллюсками *Lymnaea stagnalis* L. и *Planorbarius corneus* L. // Весн. Вит. гос. ун-та. – 2017. – № 3 (96). – С. 87-92.
7. Данченко, Е.О. Сравнение влияния гипертермии на перекисное окисление липидов в гепатопанкреасе легочных моллюсков / Е.О. Данченко, А.М.

Иванова, Т.А. Толкачева // Весн. Вит. гос. ун-та. – 2017. – № 3 (96). – С. 35-41.

8. Ильющенко, Е.В. Исследование некоторых химических показателей качества природных вод, служащих местом обитания легочных моллюсков / Е.В. Ильющенко, Т.А. Толкачева // Весн. Вит. гос. ун-та. – 2017. – № 3 (96). – С. 68-74.

9. Чиркин, А.А. Альтернативный сплайсинг и посттрансляционная модификация белков в увеличении разнообразия белков в клетке: для адаптации и эволюции / А.А. Чиркин, В.В. Долматова // Биохимия и молекулярная биология. – 2017. Вып. 1. – С. 48-59.

10. Голубев, А.П. Действие гипертермии разной продолжительности на модельные тест-организмы / А.П. Голубев [и др.] // Весн. Вит. гос. ун-та. – 2017. – № 4 (97). – С. 29-34.

11. Nitrogen-containing compounds of hepatopancreas of pulmonary molluscs welling in natural water / O.M. Balaeva-Tikhomirova, E.I. Katsnelson, V.V. Dolmatova // Znanstvena misel. – 2017. – № 10. – P. 17–23.

12. Показатели обмена белков гемолимфы легочных моллюсков, обитающих в природных водоемах / О.М. Балаева-Тихомирова, Т.А. Толкачёва, Е.И. Кацнельсон, Г.В. Цапко // European multi scientific journal. – 2017. – №. – С. 18–25.

13. Characteristic of the composition of natural waters and soils of coastal areas, as among the habitat of freshwater pulmonary molluscs / O. Balaeva-Tikhomirova, E. Katsnelson, M. Shorets, E. Ilyushchenko // United-journal. – 2017. – №. – С. 21–28.

14. Balaeva-Tichomirova, Olga, Assessment of antioxidant properties of early-flowering plants / Olga Balaeva-Tichomirova, Evgenia Leonovich // Agrobiodiversity.– 2017. – № 1. – P. 21–25. <http://dx.doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246>.

Материалы международных, республиканских и региональных конференций

1. Долматова, В.В. Состояние протеолиза и антипротеолиза у легочных пресноводных моллюсков при введении этионина / В.В. Долматова, Е.И. Кацнельсон, А.А. Чиркин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 61-63.

2. Кацнельсон, Е.И. Методические подходы для изучения протеолиза и антипротеолиза у легочных пресноводных моллюсков / В.В. Долматова, Е.И. Кацнельсон, А.А. Чиркин // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 69-71.

3. Токмакова, А.П. Содержание белка в гепатопанкреасе легочных моллюсков / А.П. Токмакова, Г.В. Цапко, О.М. Балаева-Тихомирова // Наука

– образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 94-96.

4. Шорец, М.А. Ферментативная активность почв прибрежных экосистем Витебской области при различной антропогенной нагрузке / М.А. Шорец, Д.А. Орлова, О.М. Балаева-Тихомирова // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 66-68.

5. Ильющенко Е.В. Исследование состава катионов водоемов, служащих местом обитания легочных моллюсков, с применением капиллярного электрофореза / Е.В. Ильющенко, Т.А. Толкачева // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 68–69.

6. Иванова, А.М. Влияние температуры и сульфата меди на содержание малонового диальдегида в гепатопанкреасе легочных моллюсков / А.М. Иванова, Е.О. Данченко // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) Рег. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 9-10 февраля 2017 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 66-68.

7. Chirkin, A.A. Proteolysis-antiproteolysis system and possible mechanism of the divergence of *Lymnaea stagnalis* and *Planorbarius corneus* / A.A. Chirkin, V.V. Dolmatova, O.M. Balaeva-Tichomirova // The 3rd International symposium on EuroAsian Biodiversity. 05-08 July 2017, Minsk-Belarus: BSU, IPBB. – P. 236.

8. Толкачева, Т.А. Температура и свободнорадикальные процессы в природных объектах / Т.А. Толкачева, В.В. Долматова, А.А. Чиркин // Свободные радикалы в химии и жизни: сб. тез. докл. II Междунар. конф., Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – С. 146-147.

9. Балаева-Тихомирова, О.М. Экологическое значение лабораторной оценки показателей эндогенной антиоксидантной системы / О.М. Балаева-Тихомирова, Е.И. Кацнельсон, А.А. Чиркин // Свободные радикалы в химии и жизни: сб. тез. докл. II Междунар. конф., Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – С. 46-48.

10. Данченко, Е.А. Действие сульфатов железа и меди на некоторые показатели свободно-радикальных процессов в тканях легочных пресноводных моллюсков / Е.О. Данченко, А.В. Якименко, А.А. Чиркин // Свободные радикалы в химии и жизни: сб. тез. докл. II Междунар. конф., Минск: Изд. центр БГУ, 2017. – С. 75-76.

11. Долматова, В.В. Содержание ДНК, РНК и белков в тканях легочных пресноводных моллюсков после введения этионина / В.В. Долматова, Е.И. Кацнельсон // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы V

Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 21 апреля 2017 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – С. 75-77.

12. Долматова, В.В. Действие этионина на показатели протеолиза и антипротеолиза в гемолимфе легочных пресноводных моллюсков / В.В. Долматова // Современные проблемы биохимии и молекулярной биологии: сборник материалов III Конференции молодых ученых биохимиков и молекулярных биологов с международным участием (11-12 мая 2017) / отв. ред. Л.И. Надольник. – Гродно, 2017. – С. 50-52.

13. Features of lipid transport in development of metabolic syndrome / O.M. Balaeva-Tichomirova [et. al.] // Метаболический синдром: эксперимент, клиника, терапия: сборник научных статей, Гродно, 20-22 сентября 2017 г. / НАН РБ; редкол.: Л.И. Надольник (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, «ЮрСаПринт», 2017. – С.137–148.

Акты внедрения НИР в практику

1. Акт о внедрении результатов НИОКР в практику работы Отдела биохимической фармакологии ГП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси». Авторы: А.А. Чиркин, Т.А. Толкачева по теме: «Использование легочных пресноводных моллюсков с разным типом транспорта кислорода в качестве модельных тест-организмов при изучении действия ксенобиотиков и метаболотропных препаратов» от 4 августа 2017 года.

Акты внедрения НИР в учебный процесс

1. Акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Авторы: Данченко Е.О., Иванова А.М. «Изменение биохимических показателей при температурном стрессе легочных моллюсков» от 19 января 2017 г.

2. Акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Авторы: Е.И. Кацнельсон, Ю.С. Лапушинская, Т.А. Толкачева по теме: «Цитохимические методы исследования химического состава клеток легочных пресноводных моллюсков и локализации в них исследуемых веществ» от 30 марта 2017 г.

3. Акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Авторы: Е.И. Кацнельсон, Ю.С. Лапушинская, Т.А. Толкачева по теме: «Гистохимические методы исследования для проведения анализа химического состава клеток органов и тканей легочных пресноводных моллюсков и локализации в них исследуемых веществ» от 30 марта 2017 г.

4. Акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М.