

УДК 547:59

DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-36-45

ВЛИЯНИЕ ФТОРИДА НАТРИЯ И ФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА АКТИВНОСТЬ КИСЛОЙ ДНКАЗЫ, КИСЛОЙ ФОСФАТАЗЫ И СПЕКТР РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ГЕПАТОПАНКРЕАСА ЖИВОРОДКИ РЕЧНОЙ

Дроганова Т.С., Коничев А.С., Петренко Д.Б., Поликарпова Л.В., Цветков И.Л.

Московский государственный областной университет

105005, г. Москва, ул. Радио, 10А, Российская Федерация

Аннотация. Впервые в остром токсикологическом эксперименте исследовано воздействие фторсодержащих соединений (фторида натрия и фторуксусной кислоты) на активность кислой фосфатазы, кислой ДНКазы и спектр растворимых белков печени моллюска живородка речная. На протяжении исследованного периода экспозиции (96 ч) с токсикантами выявлены изменения в удельной активности ферментов по сравнению с контрольными моллюсками. В спектрах растворимых белков обнаружено появление белковых фракций, индуцированное токсическим воздействием, что может быть использовано в биохимическом тестировании водной среды.

Ключевые слова: активность ферментов, кислая дезоксирибонуклеаза, кислая фосфатаза, белки, токсическое воздействие, фторсодержащие вещества, пресноводные моллюски.

INFLUENCE OF SODIUM FLUORIDE AND FLUOROACETIC ACID ON THE ACTIVITY OF ACIDIC DNASE, ACID PHOSPHATASE AND THE SPECTRUM OF SOLUBLE PROTEINS OF THE FRESHWATER SNAIL, *VIVIPARUS VIVIPARUS L.*

T. Droganova, A. Konichev, D. Petrenko, L. Polikarpova, I. Tsvetkov

Moscow Region State University

ul. Radio 10A, 105005 Moscow, Russian Federation

Abstract. The effect of fluorine-containing compounds (sodium fluoride and fluoroacetic acid) on the activity of acid phosphatase and acid DNase in an acute toxicological experiment is obtained and the spectrum of soluble liver proteins of the river snail is studied for the first time. The changes in specific activity are revealed by comparing them with those of control snails during the period of exposure (96 hours) with toxicants. The spectra of soluble proteins exhibit the appearance of protein fractions induced by toxic effects, which can be used in biochemical testing of the aquatic environment.

Key words: acid deoxyribonuclease, acid phosphatase, proteins, toxic effects, fluorine-containing substances, mollusks.

Загрязнителями окружающей среды всё чаще выступают фторсодержащие соединения, попадающие в природу в виде газов и аэрозолей с твердой и жидкой дисперсной фазой вместе с отходами химической, стекольной, лакокрасочной, деревообрабатывающей промышленности. Как и другие токсиканты, попадая в окружающую среду, в конечном счете они оказываются растворенными в воде. Из воздуха взвеси, содержащие токсичные вещества, осаждаются на поверхности почвы, смываются осадками, подхватываются грунтовыми водами и выносятся в русла рек. Газообразные соединения также выводятся из атмосферы с осадками. При этом часть веществ образует малорастворимые соединения и выводится из круговорота, часть превращается в менее токсичные соединения, но значительная часть попадает в живые организмы, которые вынуждены вырабатывать адаптационные механизмы к токсическому воздействию. В связи с возрастающим уровнем антропогенной нагрузки на гидробиоценозы актуальной представляется оценка присутствия токсических и в том числе фторсодержащих веществ в водоемах. Последнее время наиболее перспективными считают биохимические методы мониторинга пресных вод [1; 12]. При этом биохимические изменения наступают, как правило, до появления физиологических, морфологических и других отклонений, а также дают возможность выявить границы адаптационных способностей.

На биохимическом уровне у обитателей водоемов и в том числе моллюсков под действием токсикантов наблюдается изменение активности целого ряда ферментов, происходят

изменения в синтезе белков. Так, например, соединения ртути, хрома, никеля, кадмия приводит к снижению активности холинэстеразы, сукцинатдегидрогеназы, глутатионпероксидазы и прочих ферментов, содержащих в молекуле сульфгидрильные группы [2]. Из литературных источников известно, что воздействие фторида натрия снижает интенсивность синтеза белка, вызывает угнетение активности эстераз и кислой фосфатазы. Токсическое действие фторуксусной кислоты обусловлено способностью включаться в цикл Кребса и блокировать его на стадии превращения цитрата в цисаконитат [3; 4].

Особый интерес в этом аспекте представляют собой так называемые стресс-белки (SP) сборная группа белков, к которым могут быть отнесены, в частности, металлотioneины (MT) и белки теплового шока (HSP). Если в отношении металлотioneинов известны некоторые детали индукции их синтеза и механизмов действия, то в отношении целого ряда других белков зачастую не известны определенные стресс-факторы, индуцирующие их появление, так и их роль в адаптации. В то же время эти белки рассматривают в качестве возможного системного биомаркера загрязнения природной среды, отражающего общее состояние тест-организма без детализации адаптивных механизмов [6].

Ранее нами неоднократно фиксировались изменения в активности ряда ферментов и их множественных форм, включая фосфатазы и ДНКазы моллюска живородка речная, под воздействием различных токсикантов (тяжелых металлов — хрома, свинца, фторорганических и фосфороргани-

ческих соединений и др.) [6; 8; 9]. Эти работы, выполненные с использованием очищенных препаратов ферментов, позволили установить глубинные изменения в обменных процессах у моллюсков под влиянием ряда токсикантов. В то же время работы по выделению, очистке и изучению физико-химических свойств ферментов весьма трудоемки и не могут быть применимы в биомониторинге водной среды, для чего требуются достаточно быстрые и простые методы биохимического тестирования. Более доступными представляются в этом плане методы определения общей и удельной активности ферментов, а также возможности выявления тех или иных белков, отражающих реакцию организмов на загрязнение. Следует отметить, что ранее не удавалось получить достаточно четкие результаты в отношении выявления спектров растворимых белков живородки, что, очевидно, связано с особенностями биологического материала (высоким содержанием липидов в частности). В данной работе нам удалось преодолеть эти трудности и сопоставить эффективность тестирования изменений в активности ферментов и спектров нативных белков моллюсков под воздействием фторсодержащих соединений для биомониторинга водной среды.

Материал и методы исследования

Материал. Сбор моллюсков живородка речная (*Viviparus viviparus* L., семейство *Viviparidae*, отряд *Architaenioglossa*, класс *Gastropoda*) проводили в прибрежной зоне реки Вязь (Пестовское водохранилище) в районе села Тишково Пушкинского района Московской области. Затем

собранных животных акклимировали в течение 2-х недель в лабораторном аквариуме объемом 150 литров, где присутствовали высшие растения, планктон и бентос с места обитания моллюсков, при температуре 15-16°C, с естественным освещением и постоянной аэрацией.

Токсикологический эксперимент.

Контрольные и экспериментальные группы моллюсков содержали в стеклянных емкостях, наполненных аквариумной водой. В качестве токсиканта использовали фторид натрия в концентрации 12 мг/л по фторид-иону, что соответствует величине 10 ПДК_{вод.} (ПДК_{вод.} составляет 1,2 мг/мл, ПДК_{рыб.} равна 0,05 мг/л), и монофторуксусную кислоту в концентрации 5 мг/л (ПДК_{вод.} для данного вещества не установлена). Экспозиция опыта составляла 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 и 96 ч. Контролем служили особи, содержащиеся в воде без добавления токсиканта при прочих равных условиях в течение тех же временных интервалов, а также отобранные из аквариума непосредственно перед опытом (при экспозиции равной 0 часов). По истечении установленного времени отбирали по 5-6 животных и немедленно препарировали их для извлечения пищеварительной железы, из которой получали экстракт водорастворимых белков. Выбор концентрации токсикантов был обусловлен целью исследования – опытным путем было установлено, что концентрация, соответствующая 10 ПДК, является оптимальной для изучения острого воздействия токсикантов (при меньшем содержании действующего вещества может не наблюдаться яркого, наглядного результата, а повышенная концентрация зачастую

приводит к преждевременной гибели особей).

Экстракция белков. Извлеченные пищеварительные железы промывали 0,15 М раствором NaCl и гомогенизировали в охлажденной льдом фарфоровой ступке в течение 5 минут растиранием с кварцевым песком. В качестве экстрагирующей жидкости использовали 0,5%-ый тритон X-100, прибавляемый в десятикратном объеме по отношению к навеске ткани. Гомогенат центрифугировали при 10000g и 4°C в течение 30 минут, затем декантировали супернатант.

Концентрацию белка в полученных экстрактах определяли по методу Лоури [11], используя в качестве стандарта водные растворы бычьего сывороточного альбумина (БСА) с концентрацией от 20 до 200 мкг/мл.

Определение активности кислой фосфатазы и кислой ДНКазы. Активность кислой фосфатазы (КФ) определяли фотометрически ($\lambda = 415$ нм) по скорости гидролиза модельного субстрата. В качестве субстрата использовали *p*-нитрофенилфосфат [10]. За единицу активности фермента (Е) принимали такое его количество, которое катализирует образование 1 мкмоль продукта за 1 минуту.

Активность дезоксирибонуклеазы (ДНКазы) определяли флуориметрически. В качестве субстрата использовали синтетический олигонуклеотидный фрагмент ДНК, меченый парой флуорофоров: сигнальный краситель и тушитель флуоресценции, аналогично зондам типа TaqMan [7]. Детекцию флуоресценции проводили при помощи спектрофлуориметра «Флуорат-02» РФ при длинах волн 492 нм (поглощение света) и 520 нм (флуоресценция).

За единицу активности принимали количество фермента, катализирующее превращение 1 моль субстрата за 1 минуту.

Удельную активность ферментов рассчитывали в единицах на 1 мг белка (Е/мг белка).

Диск-электрофорез. Электрофорез белков проводили в колонках ПААГ по Девису при температуре 4°C. Концентрация сепарирующего геля составляла 7,8%, а концентрирующего — 4,5%. Белковые экстракты перед нанесением смешивали с краской-лидером (50 мМ трис-HCl, pH 8,0; 5 мМ ЭДТА-Na; 20%-ная сахароза; бромфеноловый синий — 2 мг/л) в соотношении 9:1. При вхождении белков в концентрирующий гель сила тока регулировалась из расчета 1,5 мА на колонку, затем увеличивали силу тока до 2 мА. Продолжительность электрофореза составляла 5-6 часов. Полученные белковые фракции фиксировали в растворе, содержащем на 250 мл дистиллированной воды 50 г трихлоруксусной кислоты (ТХУ) и 250 мл изопропилового спирта. Окрашивание белковых фракций осуществляли при помощи 0,1% раствора кумасси R-250, приготовленного на основе фиксирующего раствора [5].

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования изменения удельной активности ДНКазы показали, что в целом фторид натрия вызывает увеличение активности ДНКазы по сравнению с контрольной группой животных. Фторуксусная кислота не оказывает столь однозначного влияния — наблюдаются фазы прироста и снижения активности фермента (табл. 1). Следует отметить, что активность фермента не остается по-

стоянной на протяжении времени экспозиции ни в одной из исследованных групп животных, что, вероятно, связано с естественными метаболическими процессами в организме моллюсков.

Всплеск активности ДНКазы, очевидно, отражает процесс ускоренного распада ДНК, тогда как снижение активности этого фермента указывает на подавление интенсивности ее обмена.

Таблица 1

Удельная активность ДНКазы в норме и при токсическом воздействии

Время экспозиции, ч	Удельная активность ДНКазы, единиц/мг белка·10 ⁻³		
	Контроль	Фторид натрия	Фторуксусная кислота
0	30,62±0,49	24,98±0,75	20,52±0,62
2	52,89±0,31	25,36±0,76	70,18±2,11
4	61,88±0,23	20,87±0,63	18,48±0,55
6	23,5±0,50	75,96±2,28	74,31±2,23
12	11,16±0,98	85,02±2,55	38,09±1,14
24	5,33±0,53	2,75±0,08	46,75±1,40
36	9,93±0,08	138,9±4,17	11,95±0,36
48	17,1±0,59	45,87±1,38	14,88±0,45
60	34,22±0,66	47,85±1,44	12,79±0,38
72	26,86±0,84	63,26±1,90	19,1±0,57
84	35,31±0,72	49,53±1,49	38,21±1,15
96	19,8±0,93	75,87±2,28	73,76±2,21

Можно отметить, что в целом активность ДНКазы под влиянием обоих токсикантов в первые 4 часа экспозиции снижена, после чего наблюдается резкое увеличение активности — практически в 8 раз к 12 часам экспозиции при воздействии фторида натрия и в 9 раз — для фторуксусной кислоты после 24-часового воздействия.

Влияние фторида натрия привело к резким скачкам активности фермента на начальной стадии эксперимента. Максимальный прирост активности наблюдается при 36 часах экспозиции, превышая контрольные значения в 14 раз. Далее следует значительное снижение активности ДНКазы, впрочем, не ниже контрольных показателей, что может объясняться формированием компенсаторных механизмов к токсическому воздействию.

Фторуксусная кислота также привела к всплеску активности фермента в первые сутки экспозиции. Далее происходит резкое угнетение активности, вплоть до незначительного снижения по сравнению с контрольными значениями. На завершающей стадии эксперимента (от 60 до 96 часов экспозиции) активность ДНКазы снова начинает плавно увеличиваться.

Значения удельной активности кислот фосфатазы (табл. 2) в результате токсического воздействия изменялись следующим образом: фторид натрия приводит к угнетению активности фермента, а под влиянием фторуксусной кислоты после снижения активности в первой половине эксперимента наблюдается ее возрастание к концу экспозиции.

Воздействие фторида натрия вызвало снижение активности КФ по сравнению с контрольным значением на всём протяжении экспозиции. При этом от начала эксперимента до 36 часов наблюдается снижение активности до минимального значения, после чего активность плавно возрастает и к 84 часам экспозиции приближается к контрольным показателям. Учитывая широкую субстратную специфичность кислот фосфатазы, можно предположить, что фториды, присутствующие

в воде, могут на начальных этапах существенно влиять на интенсивность обмена различных фосфорных эфиров в печени моллюска.

При воздействии фторуксусной кислоты можно выделить несколько фаз: на отрезке экспозиции от 2 до 60 часов наблюдается угнетение и выраженные скачки активности КФ, от 60 часов до окончания эксперимента активность резко возрастает и превосходит контроль в 1,7 раз (точка экспозиции 84 часа).

Таблица 2

**Удельная активность кислот фосфатазы в норме
и при токсическом воздействии**

Время экспозиции, ч	Удельная активность КФ, единиц/мг белка		
	Контроль	Фторид натрия	Фторуксусная кислота
0	0,22±0,00	0,23±0,08	0,25±0,00
2	0,19±0,01	0,16±0,02	0,23±0,00
4	0,27±0,00	0,21±0,07	0,25±0,00
6	0,26±0,02	0,16±0,08	0,25±0,00
12	0,32±0,00	0,23±0,01	0,34±0,00
24	0,30±0,02	0,22±0,04	0,19±0,00
36	0,50±0,00	0,13±0,02	0,21±0,00
48	0,33±0,01	0,18±0,04	0,32±0,00
60	0,21±0,01	0,13±0,02	0,12±0,01
72	0,20±0,01	0,11±0,08	0,21±0,00
84	0,17±0,00	0,15±0,01	0,29±0,00
96	0,19±0,00	0,14±0,04	0,22±0,00

В целом можно констатировать, что воздействие фторида натрия оказывает меньшее влияние на ферментные системы моллюсков по сравнению с фторуксусной кислотой. При остром воздействии происходит изменение активности ферментов (увеличение активности ДНКазы или угнетение активности КФ) в первые часы интоксикации, после чего за счет выработки адапционных механизмов показатели приходят в норму. Фторуксусная

кислота представляет большую опасность для живых организмов в силу своей химической природы — не прослеживается закономерности в изменении показателей активности фермента, формирования адапционных механизмов в соответствии с кривой Г. Селье не наблюдается. Данные результаты согласуются с литературными данными по токсическому эффекту (изменение ферментативной активности), оказываемому выбранными нами

веществами [3; 4]. Вероятно, влияние изученных соединений на активность ферментов носит опосредованный характер и может быть связано как с изменением скорости их синтеза, так и с различными путями метаболической регуляции их активности.

В целом результаты определения удельной активности КФ и ДНКазы под воздействием испытанных соединений подвержены весьма существенным (многократным) снижению или увеличением активности в исследованный период токсического воздействия. К концу изученного периода (96 ч) эти показатели сближаются с контрольными. Таким образом, возникают определенные трудности в возможности практического биотестирования влияния фторидов по активности данных ферментов при продолжительном (постоянном в течение, по крайней мере, нескольких суток) контакте моллюсков с токсикантами.

Более однозначные результаты были получены нами при изучении качественного состава растворимых белков печени моллюсков (рис. 1, табл. 3). На-

блюдаются существенные изменения в спектрах белков, выявляемых методом диск-электрофореза. Так, токсическое воздействие приводит к появлению фракций, относительная электрофоретическая подвижность которых равна 0,05; 0,30 и 0,39, вне зависимости от природы выбранного токсиканта. Следует отметить, что при действии фторида натрия данные фракции наблюдаются в течение первых суток экспозиции, тогда как под влиянием фторуксусной кислоты они формируются после 48 часов экспозиции.

Под влиянием фторида натрия в организме подопытных животных вырабатывается специфический белок ($R_f = 0,61$), который сохраняется на протяжении 12 часов экспозиции. Белковый спектр, полученный после воздействия на моллюсков фторуксусной кислоты, имеет более значительные различия с контролем: появляется 3 специфические фракции со значениями R_f 0,09; 0,17 и 0,46. Важным представляется тот факт, что белок с $R_f = 0,46$ сохраняется на протяжении всего эксперимента (от 2 до 96 часов экспозиции).

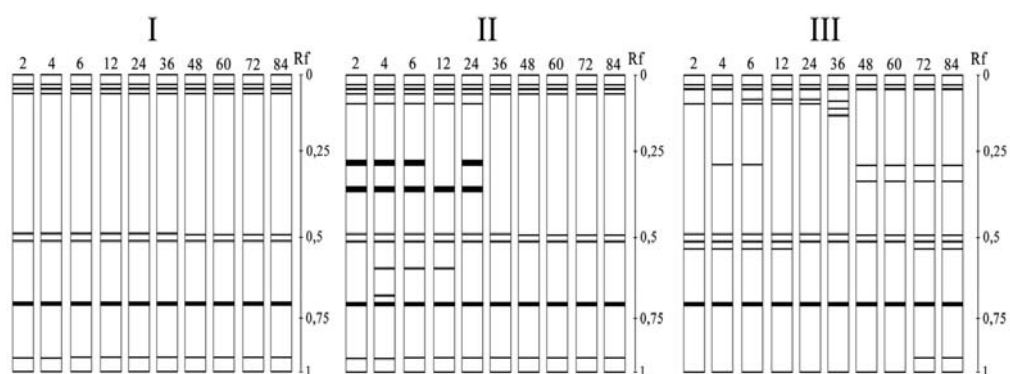


Рис. 1. Схема электрофореграмм белков из печени моллюска живородка речная в норме (I) и при воздействии фторида натрия (II) и фторуксусной кислоты (III); R_f – относительная электрофоретическая подвижность; цифрами 2-84 обозначено время экспозиции с токсикантами

Таблица 3

Значения относительной электрофоретической подвижности (Rf) нативных белков, выявленных в печени моллюсков методом электрофореза.

Группа	Значение Rf															
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13			
К*												0,48	0,54	0,74	0,91	
ФН**	0,03	0,05	0,08			0,13		0,29	0,39			0,48	0,52	0,61	0,70	0,90
ФК***	0,02	0,05	0,07	0,09	0,12	0,17	0,30	0,36	0,46	0,49	0,53			0,74	0,95	

* — контроль

** — фторид натрия

*** — фторуксусная к-та

Подводя итог, можно отметить, что совместное использование данных по значениям удельной активности ферментов и спектра нативных белков более информативно для биоиндикации, чем применение в качестве биохимического маркера токсического загряз-

нения водоемов только показателей ферментативной активности. Дальнейшая физико-химическая характеристика обнаруженных под воздействием фторсодержащих соединений (стрессовых) белков живородки представляет несомненный интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Н.В., Петренко Д.Б. Делокализация фтора в связи с реализацией Монреальского протокола по озонобезопасным фреонам // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 4. С. 54–58.
2. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита / Под ред. С.А. Куценко. СПб.: Фолиант, 2004. 526 с.
3. Вредные химические вещества (неорганические соединения V–VIII групп): справ. изд. / под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.
4. Коницев А.С., Цветков И.Л., Попов А.П. и др. Практикум по молекулярной биологии. М.: КолосС, 2012. 151 с.
5. Плетнева Т.В. Токсикологическая химия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. 512 с.
6. Цветков И.Л., Коницев А.С. Экологическая биохимия гидробионтов. М.: МГОУ, 2006. 104 с.
7. Цветков И.Л., Поликарпова Л.В., Коницев А.С. Новый метод количественного определения активности дезоксирибонуклеазы с использованием флуоресцентно-меченых олигонуклеотидов в качестве субстрата // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 3. С. 46–51.
8. Цветков И.Л., Попов А.П., Коницев А.С. Комплекс кислых фосфатаз живородки речной в норме и при интоксикации ионами кадмия // Биохимия. 2003. № 68(12). С. 1648–1656.
9. Цветков И.Л., Цветкова М.А., Зарубин С.Л., Семерной В.П., Коницев А.С. Оценка качества сточных и природных вод с помощью биохимического показателя – активности пресноводных моллюсков // Водные ресурсы. 2006. № 33(1). С. 62–70.
10. Heinonen J.K., Lahti R.A. A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase // Anal. Biochem. 1981. Vol. 113 (№ 2). P. 313–317.
11. Lowry O.H., Rosenbrought N.J., A.L. Farr A.L. et al. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193 (№ 2). P. 265–275.

12. Rompp A., Klemm O., W. Fricke W. et al. Haloacetates in Fog and Rain // *Environ. Sci. & Technol.* 2001. Vol. 35. P. 1294-1298.

REFERENCES

1. Vasil'ev N.V., Petrenko D.B. [Delocalization of fluorine in connection with the implementation of the Montreal Protocol on ozone-friendly freon types]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2013, no. 4, pp. 54–58.
2. [Military toxicology, radiobiology and health protection, ed. by S.A. Kutsenko]. SPb., Foliant Publ., 2004. 526 p.
3. [Harmful chemicals (inorganic compounds of V–VIII groups): Ref. ed. / under the editorship of V.A. Filov et al.]. L., Khimiya Publ., 1989. 592 p.
4. Konichev A.S., Tsvetkov I.L., Popov A.P. [Workshop on molecular biology]. Moscow, KolosS Publ., 2012. 151 p.
5. Pletneva T.V. [Toxicological chemistry]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2005. 512 p.
6. Tsvetkov I.L., Konichev A.S. [Ecological biochemistry of aquatic organisms]. Moscow, MGOU Publ., 2006. 104 p.
7. Tsvetkov I.L., Polikarpova L.V., Konichev A.S. [A new method for the quantitative determination of DNase activity using fluorescence-labeled oligonucleotides as a substrate]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2012, no. 3, pp. 46–51.
8. Tsvetkov I.L., Popov A.P., Konichev A.S. [Complex acid phosphatase of the river snail in normal and intoxication by cadmium ions]. *Biokhimiya*, 2003, no. 68 (12), pp. 1648–1656.
9. Tsvetkov I.L., Tsvetkova M.A., Zarubin S.L., Semernoi V.P., Konichev A.S. [Assessment of the quality of natural and waste waters with a biochemical index of activity of freshwater mollusks]. *Vodnye resursy*, 2006, no. 33 (1), pp. 62–70.
10. Heinonen J.K., Lahti R.A. [A new and convenient colorimetric determination to the assay of inorganic pyrophosphatase]. *Anal. Biochem.*, 1981, vol. 113 (no. 2), pp. 313–317.
11. Lowry O.H., Rosenbrought N.J., A.L. Farr A.L., et al. [Protein measurement with the Folin Phenol Reagent]. *J. Biol. Chem.*, 1951, vol. 193 (no 2), pp. 265–275.
12. Rompp A., Klemm O., W. Fricke W., et al. [Haloacetates in Fog and Rain]. *Environ. Sci. & Technol.*, 2001, vol. 35, pp. 1294–1298.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дроганова Татьяна Сергеевна – старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии Московского государственного областного университета;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Коничев Александр Сергеевич – доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологической биохимии Московского государственного областного университета;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Петренко Дмитрий Борисович – старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии Московского государственного областного университета;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Поликарпова Людмила Викторовна – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологической биохимии Московского государственного областного университета;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Цветков Илья Леонидович – доктор биологических наук, ведущий специалист по продукции ООО «НИАРМЕДИК ПЛЮС»;
e-mail: ecolab@mgou.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatyana S. Droганova – senior lecturer of the Department of Theoretical and Applied Chemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Alexander S. Konichev – Doctor of Biological Sciences, professor, senior researcher of the Research Laboratory of Ecological Biochemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Dmitry B. Petrenko – senior lecturer of the Department of Theoretical and Applied Chemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Lyudmila V. Polikarpova – researcher of the Research Laboratory of Ecological Biochemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: ecolab@mgou.ru

Ilya L. Tsvetkov – Doctor of Biological Sciences, senior manager at LLC 'NIARMEDIC PLUS';
e-mail: ecolab@mgou.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Дроганова Т.С., Коничев А.С., Петренко Д.Б., Поликарпова Л.В., Цветков И.Л. Влияние фторида натрия и фторуксусной кислоты на активность кислой ДНКазы, кислой фосфатазы и спектр растворимых белков гепатопанкреаса живородки речной // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 36–45.
DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-36-45

FOR CITATION

T. Droганova, A. Konichev, D. Petrenko, L. Polikarpova, I. Tsvetkov. Influence of Sodium Fluoride and Fluoroacetic Acid on the Activity of Acidic Dnase, Acid Phosphatase and the Spectrum of Soluble Proteins of the Freshwater Snail, *Viviparus viviparus* L. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2017, no. 4, pp. 36–45.
DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-36-45