

металлов, гниение органических веществ, горение – это один и тот же процесс окисления. Процесс окисления, в результате которого возможно самовозгорание, зависит от ряда факторов, главный из которых – скорость окисления. С увеличением скорости окисления увеличивается количество выделившегося тепла; при медленном окислении тепла выделяется мало. При этом большая часть выделившегося тепла рассеивается в окружающей среде, а меньшая расходуется на самонагревание вещества и продление процесса окисления. В свою очередь, скорость окисления в большой степени зависит от температуры горючего вещества и окружающей среды, повышение температуры горючего вещества на каждые 10°C увеличивает скорость окисления вдвое [Критерии отнесения ..., 2001].

Наиболее склонны к окислению смазочные масла. Необходимо очень осторожно обращаться с любыми промасленными материалами, какими бы маслами они не были пропитаны. Так, если 4-5 кг хлопчатобумажных тряпок смочить 250-300 г олифы при температуре 25°C, то через 2 часа температура их повысится до 58-60°C, через 3 часа – до 187-190°C, а через 4 часа достигнет 300°C, и эти тряпки загорятся без постороннего источника огня. Безопасные на первый взгляд промасленные тряпки и ветошь, заброшенные в угол, забытые в спецодежде или оставленные без присмотра, а также промасленная спецодежда, сложенная в кучу на хранение, могут воспламениться и вызвать пожар без посторонних источников огня.

Распределение нефтепродуктов связано с оценкой воздействия компонентов на окружающую среду. С поверхности водоема из нефтяной пленки легкие фракции испаряются, водорастворимые растворяются в воде, тяжелые фракции адсорбируются на твердых, взвешенных в воде частицах, оседают и накапливаются на дне водоема. Часть из них разлагается, загрязняя воду растворимыми продуктами распада, а часть вновь выносится на поверхность с выделяющимися со дна газами.

Литература

1. Закон РФ «Об охране окружающей среды».
2. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. Утверждены Приказом МПР России от 15 июня 2001 г. № 511.

УДК 594.3:591.113:546.562'226

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУЛЬФАТА МЕДИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОЛИМФЫ *PLANORBARIUS CORNEUS* (LINNAEUS, 1758) И *LYMNEAE STAGNALIS* (LINNAEUS, 1758)

Н.В. Стратович, С.С. Стугарева, Е.О. Данченко

УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», г. Витебск, Белоруссия
nat_i_oks@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние сульфата меди на процентное содержание сухого остатка, концентрацию глюкозы и мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой (*Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758)) и большого прудовика (*Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758)). В норме сухой остаток гемолимфы этих моллюсков не отличается. Сульфат меди в концентрации 0,01-0,1 мг/л вызывает повышение сухого остатка у обоих видов моллюсков. Высокая концентрация соли увеличивает содержание сухого остатка гемолимфы катушки роговой и уменьшает в гемолимфе большого прудовика. Изменения сопровождаются увеличением концентрации в гемолимфе мочевой кислоты и глюкозы.

Ключевые слова: сульфат меди, моллюски, гемолимфа, сухой остаток, мочевая кислота, глюкоза

Состояние пресноводных экосистем оценивается с применением многих компонентов макрозообентоза, в том числе брюхоногих моллюсков. Высокая плотность природных популяций, особенности образа жизни (относительно низкая подвижность, питание преимущественно осадочным детритом и перифитомом) и простота сбора особей позволяют использовать брюхоногих моллюсков в практике как пассивного, так и активного биомониторинга [Брень, 2008; Salanki, 2003].

Легочные пресноводные моллюски большой прудовик (*Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758)) и катушка роговая (*Planorbis corneus* (Linnaeus, 1758)) с разными переносчиками кислорода (медь-содержащий гемиданин и железо-содержащий гемоглобин) представляют собой тест-организмы для фармакодинамических и биоэкологических исследований путем изучения химических компонентов среды обитания, а также структурно-молекулярных показателей использования энергии гладкими мышцами при локомоции и образовании энергии при катаболизме полимерных молекул в печени под влиянием химических факторов среды обитания и вводимых биорегуляторов. Наиболее часто эти животные используются для экологического тестирования загрязнений природных и искусственных водоемов, действия различных физических (температура, ионизирующее излучение, ультрафиолетовое излучение и др.), химических (свободно-радикальные процессы) и биологических (бактериальные инфекции, паразитирование личинок трематод) факторов [Ризевский, 2008; Tania, 2011; Beaulieu, 2014]. Количественное определение содержания тяжелых металлов в теле гидробионтов позволяет оценить изменения в состоянии целостной гидросистемы за достаточно продолжительный период времени. Воздействие меди на развитие, размножение и выживаемость моллюсков изучено достаточно полно [Ярославцева, 2005; Шевцова, 2011; Шевцова, 2011]. Известно, что Cu^{2+} входит в состав сложного белка гемоцианина, а Fe^{2+} – в состав гемоглобина, которые осуществляют транспорт кислорода из легкого к тканям и углекислого газа – в обратном направлении. С другой стороны, металлы с переменной валентностью, в том числе Cu^{2+} и Fe^{2+} , являются инициаторами процессов свободно-радикального окисления. Представляет интерес изучение метаболических нарушений при действии токсических и других неблагоприятных факторов окружающей среды.

Цель нашей работы было проведение сравнительного анализа показателей гемолимфы двух видов моллюсков – катушки роговой (*Pl. corneus*) и большого прудовика (*L. stagnalis*), отличающихся по механизму транспорта кислорода.

Материалы и методы исследования. В работе использовались два представителя легочных моллюсков (*L. stagnalis* и *Pl. corneus*) в количестве 88 экземпляров. Моллюски были собраны в озере, возле д. Ляды Дубровенского района Витебской области в сентябре-октябре 2014 года. Моллюски были отловлены вручную или при помощи сачка. Перед проведением эксперимента для акклиматизации моллюсков выдерживали в емкостях с отстоянной водопроводной водой в течение 48 часов. Плотность посадки моллюсков составляла 3 экз./л, температура воды – 20-22°C. Животных подкармливали листьями одуванчика, тонкими пластинами моркови и белокочанной капусты. Затем в воду добавляли сульфат меди в концентрациях 0,01, 0,1 и 1 мг/л. Содержание сухого остатка гемолимфы определяли по методике, предназначенной для исследования цельной крови [Балаховский, Балаховский, 1953]. Содержание глюкозы в гемолимфе определяли глюкозооксидазным методом, мочевиной кислоты – ферментативным методом с использованием стандартных наборов реактивов НТПК «Анализ Х». Результаты представлены в виде $M \pm \sigma$. Достоверность различий оценивали при помощи *t*-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Гемолимфа – важнейший компонент внутренней среды моллюсков. Она состоит из плазмы (98-99 %) и форменных элементов (1-2 %) – амeboцитов (прогемоциты, эозинофильные микрогранулоциты, базофильные гранулоциты). В цитоплазме амeboцитов и в плазме гемолимфы роговой катушки содержатся вода (78-80 %) и ряд веществ органического (белки, полипептиды, аминокислоты, углеводы, липиды, витамины) и минерального (соли) происхождения (20-22%). Органические и минеральные вещества образуют сухой остаток гемолимфы [Стадниченко, 1989]. В наших исследованиях содержание сухого остатка гемолимфы катушки роговой и большого прудовика составляло $20,2 \pm 1,96$ и $21,9 \pm 2,37$, соответственно (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Влияние сульфата меди на содержание сухого остатка (%), концентрацию мочевиной кислоты и глюкозы в гемолимфе роговых катушек (*Pl. corneus*), $M \pm \sigma$

Показатель	Контроль	CuSO_4 , 0,01 мг/л	CuSO_4 , 0,1 мг/л	CuSO_4 , 1 мг/л
Сухой остаток (%)	$20,2 \pm 1,96$	$24,3 \pm 1,82^*$	$33,8 \pm 1,55^*$	$49,4 \pm 6,41^*$
Мочевая кислота (мкмоль/л)	$45,5 \pm 7,47$	$55,9 \pm 10,85^*$	$78,9 \pm 10,54^*$	$95,6 \pm 13,85^*$
Глюкоза (ммоль/л)	$1,75 \pm 0,993$	$1,86 \pm 0,829$	$1,44 \pm 1,025$	$2,70 \pm 0,948^*$

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Таблица 2

Влияние сульфата меди на содержание сухого остатка (%), концентрацию мочевой кислоты и глюкозы в гемолимфе большого прудовика (*L. stagnalis*), $M \pm \sigma$

Показатель	Контроль	CuSO ₄ , 0,01 мг/л	CuSO ₄ , 0,1 мг/л	CuSO ₄ , 1 мг/л
Сухой остаток (%)	21,9±2,37	25,8±1,57*	44,2±4,05*	11,8±1,80*
Мочевая кислота (мкмоль/л)	44,4±7,47	139±19,42*	168±28,07*	186±12,04*
Глюкоза (ммоль/л)	0,55±0,303	0,66±0,180*	1,03±0,202*	1,49±0,579*

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Воздействие сульфата меди в концентрации 0,01 мг/л и 0,1 мг/л характеризуется увеличением сухого остатка гемолимфы катушки роговой на 20,3% и 67,3%, соответственно, и больших прудовиков – на 17,8% и 101,8%, соответственно. При высокой концентрации сульфата меди (1 мг/л) процентное содержание сухого остатка гемолимфы катушки роговой увеличивается в 2,4 раза, а большого прудовика уменьшается в 1,8 раза. Увеличение содержания сухого остатка можно рассматривать как защитно-приспособительную реакцию организма, сопровождающуюся усилением процесса метаболизма в условиях интоксикации. Как следует из данных таблиц 1 и 2, при всех используемых концентрациях солей в гемолимфе повышается уровень мочевой кислоты, наиболее выраженный у большого прудовика (в 3,1-4,4 раза). Повышение мочевой кислоты свидетельствует не только об усилении катаболизма нуклеиновых кислот, но и об активации неферментативной антиоксидантной системы, поскольку мочевая кислота и ее соли функционируют как акцепторы активных форм кислорода [Титов, 2011]. Разный характер изменения сухого остатка гемолимфы у моллюсков можно объяснить большей устойчивостью катушки роговой к токсическому воздействию сульфата меди, связанной с использованием гемоглобина как качестве переносчика кислорода.

Увеличение содержания сухого остатка гемолимфы также объясняется развитием гипергликемии при действии сульфата меди. Глюкоза образуется при распаде гликогена гепатопанкреаса, который относится к основному резервному углеводу данных организмов. Наиболее выражено увеличение глюкозы в гемолимфе большого прудовика, нежели у катушки роговой, и может определяться усилением выработки адреналина, стимулирующего гликогенолиз в гепатопанкреасе.

Таким образом, соли тяжелых металлов вызывают возрастание сухого остатка гемолимфы моллюсков, независимо от механизма транспорта кислорода. Увеличение сухого остатка сопровождается увеличением содержания мочевой кислоты и глюкозы в гемолимфе.

Литература

1. Балаховский С.Д., Балаховский И.С. Методы химического анализа крови. – М.: Медгиз, 1953. – 746 с.
2. Брень Н.В. Биологический мониторинг и общие закономерности накопления тяжелых металлов пресноводными донными беспозвоночными загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Гидробиол. журнал. 2008. – Т. 44, – № 2. – С. 96-115.
3. Ризевский С.В. и др. Молекулярно-генетические особенности личинок трематод семейства Schistosomatidae / С.В. Ризевский, Л.Н. Акимова, В.П. Курченко // Труды БГУ, 2008. – Т. 3, Ч. 1. – 14 с.
4. Стадниченко А.П. и др. Влияние различных концентраций поверхностно-активных веществ на содержание сухого остатка гемолимфы *Planorbis corneus* (Mollusca, Pulmonata, Bulinidea), инвазированных партенитами *Notocotylus attenuatus* (Trematoda) / А.П. Стадниченко, Л.Л. Иваненко // Паразитология. 1989. – Т. 23, – № 3. – С. 449-452.
5. Титов В.Н. и др. Физико-химическая активность мочевой кислоты. Гиперурикемия – нарушение биологических функций эндоэкологии и адаптации, биологических реакций экскреции, воспаления и гидродинамического артериального давления / В.Н. Титов [и др.] // Успехи совр. биол. 2011. – Т. 151, – № 5. – С. 483-502.
6. Шевцова С.Н. Влияние сульфата меди на эмбриональное развитие большого прудовика (*Lymnaea stagnalis*) / С.Н. Шевцова, В.Ю. Афонин, С.Е. Дромашко // Весці НАН Беларусі. Сер. Біял. навук. 2011. – № 3. – С.34-40.

7. Шевцова С.Н. и др. Влияние сульфата меди на рост, выживаемость и уровень экспрессии металлотионеинов у пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* / С.Н. Шевцова, А.С. Бабенко, С.Е. Дромашко // Труды БГУ. – 2011. – Т. 6, Ч. 1. – С. 152-162.
8. Ярославцева Л.М. и др. Влияние ионов меди на ранние стадии развития тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia) / Л.М. Ярославцева, Э.П. Сергеева // Биология моря. 2005. – Т. 31, – № 4. – С. 267-273.
9. Beaulieu E. et al. Oxidative-stress induced increase in circulating fatty acids does not contribute to phospholipase A2-dependent appetitive long-term memory failure in the pond snail *Lymnaea stagnalis* / E. Beaulieu [et al.] // BMC neuroscience. 2014. – Vol. 56. – P. 1471–1482.
10. Salanki J. et al. Molluscs in biological monitoring of water quality / J. Salanki [et al.] // Toxicol. Lett. 2003. – Vol. 140-141. – P. 403-410.
11. Tania Ng.T.Y. et al. Mechanisms of waterborne Cu toxicity to the pond snail *Lymnaea stagnalis*: physiology and Cu bioavailability / T.Y. Ng Tania [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2011. – Vol. 74. – P. 1471–1479.

УДК 574.34

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

Ф.А. Чернышева, Н.А. Сухарева

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Елабужский институт, г. Елабуга, Республика Татарстан, Россия, h-chfa@mail.ru

Аннотация. Изучены некоторые репродуктивные характеристики популяций одуванчиков, произрастающих на участках с разной экологической ситуацией. Использованы материалы Государственного доклада Министерства экологии и природных ресурсов РТ [2008], в частности, мониторинга окружающей среды Прикамского региона РТ. Проведен сравнительный анализ плодовитости, соотношения зрелых и незрелых семян в соцветиях исследованных растений. Выявлены тенденции популяционной изменчивости репродуктивных показателей одуванчиков под влиянием антропогенного загрязнения среды.

Ключевые слова: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinalis*), репродуктивные показатели, загрязнение среды

Популяция рассматривается как целостная, самоподдерживающаяся система, на уровне которой проявляется ответ вида на комплекс внешних воздействий, в том числе и на влияние антропогенного фактора [Придача, 2003; Ермакова, 2006]. Каждый вид растений реагирует на внешние воздействия в зависимости от своих наследственно закрепленных возможностей, формирующихся в результате роста и развития в определенных условиях окружающей среды, являющихся выражением приспособленности к этим условиям [Нечаева, 2005]. Согласно многочисленным исследованиям, наиболее чувствительной характеристикой растений к негативному влиянию среды является их репродуктивная способность. Число семян, образованных за вегетационный период изменяется. Продукция семян может существенно варьировать даже у отдельных растений, принадлежащих одному виду, но растущих в разных условиях среды. Эту взаимосвязь можно рассматривать в качестве биоиндикатора степени загрязненности среды [Головко, 2005; Солонцев, 2005; Черемовская, 2005]. В связи с указанным, актуальны исследования изменчивости плодовитости и зрелости семян растений, произрастающих на участках с разной экологической ситуацией.

Цель исследования – изучение влияния загрязнения среды на популяционную изменчивость некоторых репродуктивных показателей одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinalis* Webb), который является одним из представителей семейства сложноцветных (*Asteraceae*) – самого крупного по численности среди двудольных растений. Цветет одуванчик с начала мая по август. К почве он не требователен, может произрастать в условиях значительного загрязнения среды. Популяции этих растений достаточно многочисленны на территории Республики Татарстан (далее РТ) [Ершов, 2003; Головко, 2005; Казанцев, 2006].