

УДК 574.64+597.551.2:577.127
DOI: 10.15587/2313-8416.2015.51535

СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА КАРПА В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ, НОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТОМ БПС-44

© Е. В. Бибчук, А. А. Жиденко

Изучены тканевые изменения в органах и особенности метаболизма в организме карпа чешуйчатого разного возраста под действием гербицидов: 2,4-ДБЕ, метрибузина и глифосата. Установлено, что главными энергетическими субстратами для поддержания жизнедеятельности двухлеток карпа и процессов детоксикации глифосата являются метаболиты белкового обмена. Пробиотик БПС-44 в условиях действия глифосата можно рекомендовать к применению в качестве протектора с целью повышения стойкости рыб

Ключевые слова: карп, гербициды, 2,4-ДБЕ, метрибузин, глифосат, пробиотический препарат БПС-44, обмена: углеводный, белковый и железа

Tissue changes in the organs and metabolic features in the body of scaly carp of all ages under the influence of herbicides 2,4-DBE, metribuzin and glyphosate are studied. It was found that the main energy substrates to sustain carp yearlings and detoxification processes of glyphosate metabolites are protein metabolism. The probiotic BPS-44 under the action of glyphosate can be recommended for use as a protector in order to increase the resistance of fish

Keywords: scaly carp, herbicides, 2,4-DBE, glyphosate, metribuzin, probiotic preparation BPS-44, carbohydrate metabolism, protein metabolism, iron metabolism

1. Введение

Одними из самых опасных химических загрязнителей на сегодняшний день являются гербициды. Их нагрузка на 1 га обрабатываемой площади составляет 0,6–1,2 кг, а нарушение условий их хранения и утилизации приводит к загрязнению почв, водоемов, источников питьевой воды. Особой актуальности проблеме добавляет тот факт, что загрязнение гербицидами прибрежных вод [1] влияет на фотосинтез и окислительные процессы в зеленых водорослях, а употребление в пищу рыбы, загрязненной гербицидами, приводит к снижению содержания иммуноглобулинов в крови человека и увеличению риска возникновения заболеваний [2]. Накопление гербицидов в рыбе может привести к изменениям их эмбрионального и постэмбрионального развития, нарушениям биохимических, физиологических процессов и в итоге стать причиной снижения рыбопродуктивности внутренних водоемов.

2. Постановка проблемы

Согласно Государственному реестру пестицидов и агрохимикатов (дополнение с 01.01.2011 в соответствии с требованиями постановления Кабинета Министров Украины от 21.11.2007 № 1328) на территории Украины достаточно широко применяются препараты на основе 2,4 ДБЕ (2,4-дихлорфенок-

сиуксусной кислоты бутиловый эфир) – 19 наименований; метрибузина (4-амино-6-третбутил-3-метилтио-1,2,4-триазин-5(4Н)-он) – 10 наименований; глифосата (N-фосфометилглицин) – 39 наименований. Гербициды на основе глифосата рекомендованы к применению в лесном хозяйстве, на приусадебных участках, но наиболее неблагоприятным является их использование в дренажных каналах и оросительных сетях. В отношении 2,4-ДБЕ и метрибузина таких рекомендаций нет, однако эти препараты не только широко используются, но – после истечения срока годности – хранятся в ненадлежащих условиях на не паспорттизированных складах. Так, в соответствии с «Экологическим паспортом Черниговской области» по состоянию на 01.01.2014 в Черниговской области хранилось 304,63 т непригодных к использованию химических средств защиты растений, в том числе и гербицидов. В то же время согласно данным Главного управления статистики постоянно повышается объем закупки гербицидов сельскохозяйственными предприятиями Черниговской области. Так, с 2010 г. по 2013 г. твердых гербицидов было закуплено больше на 15,0 %, а жидких – в 2,9 раз. Все вышеуказанное повышает опасность проникновения гербицидов в водную среду.

В то же время важно не только выявить наличие токсичных веществ в воде, но и найти способ

нейтрализовать их влияние, обеспечив нормальную жизнедеятельность гидробионтов. Например, с помощью пробиотических препаратов, на основе микроорганизмов рода *Bacillus*, можно корректировать внешние условия и физиологическое состояние гидробионтов, предупреждая негативные последствия и гибель рыб [3, 4], а это, в свою очередь, приведет к повышению рыбопродуктивности водоемов.

3. Литературный обзор

Использование рыб для мониторинга водных систем является актуальным, как для исследования действия природных факторов: солёности воды [5], сезонных влияний [6], экологических изменений природной среды [7], гипоксии [8], голодания [9], кислотности воды, стрессов, вызванных техническими операциями рыбоводства [10], так и токсических действий ионов тяжелых металлов [11], различных ксенобиотиков.

Исходя из вышеперечисленного, целью исследования было: изучить тканевые изменения в органах и особенности метаболизма в организме *Cyprinus carpio* разного возраста под действием гербицидов на основе 2,4-ДБЕ, метрибузина и глифосата, проверить возможность использования пробиотического препарата БПС-44 для профилактики возникновения негативных реакций.

4. Состояние организма карпа в условиях действия гербицидов и профилактики пробиотическим препаратом БПС-44

Эксперимент осуществляли в модельных условиях. Опыты по изучению влияния различных гербицидов проводили в аквариумах с отстоянной водой, в которых рыбу размещали из расчета 1 экземпляр на 20 и 40 дм³ воды соответственно для сеголеток и двухлеток. Во всех случаях осуществляли контроль и поддерживали постоянный гидрохимический режим. Величина рН составила 7,70±0,25; содержание кислорода – 5,6±0,4 мг/дм³, температура выдерживалась близкой к естественной в зависимости от времени года. Величины биохимических показателей определяли на 7 и 14 суток эксперимента.

При исследовании действия гербицидов их концентрацию 2 ПДК (предельно допустимая концентрация), которая составляла для 2,4-ДБЕ 0,008 мг/дм³, для метрибузин 0,2 мг/дм³ и для глифосата 0,04 мг/дм³, достигалась внесением рассчитанных количеств раствора 2,4-ДБЕ, 70 % порошка

метрибузина и 36 % водного раствора глифосата в воду аквариумов.

Концентрация БПС-44 (ТУ 24.4-00497360-691-2003, регистрационное свидетельство № 2154-04-0254-06 от 24.11.2006 г.), основу которого составляет *Bacillus subtilis* 44-р, 0,125×10⁹ КОЕ (колоний образующих единиц)/дм³. Для профилактики действия глифосата на организм карпа пробиотик добавляли в воду аквариумов за 1 сутки до внесения гербицида.

В качестве материала для гистологического и биохимического исследований использовали органы карпа разного возраста. Определение всех биохимических показателей осуществляли в трех повторностях. Количественное измерение глюкозы в крови, глюкозы и гликогена в тканях проводили глюкозооксидазным методом. Определение амилолитической активности в печени осуществлялось амилолитическим методом. Суть определения активности глюкозо-6-фосфатазы в печени заключалась в определении количества фосфата, высвобождаемого по методу Лоури-Лопеса. Измерение активности ферментов АлАТ и АсАТ в тканях карпа проводили с помощью динитрофенилгидразинового метода Райтмана-Френкеля. Содержание белка определяли по Лоури общепринятым методикам. Железо, общую и ненасыщенную железосвязывающую способность определяли фотометрически по реакции с феррозином. Метод измерения общей способности и ненасыщенной железосвязывающей способности базировался на определении трансферрина, который в норме насыщенный железом на 30 %. Приготовление гистологических препаратов проводили методом [12].

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью Microsoft® 2003Excel с использованием t-критерия Стьюдента. Различия между сопоставимыми группами считали достоверными при * – P≤0,05.

5. Результаты исследования

Первоначально было осуществлено гистологическое исследование, результаты которого приводятся в табл. 1.

Препарат на основе 2,4-ДБЕ является политоксичным гербицидом, что связано с деструктивными изменениями в жабрах, дистрофическими явлениями в печени и некробиотическими изменениями в тканях головного мозга карпа; в кишечном тракте патологии не было выявлено.

Таблица 1

Показатели выраженности гистологических изменений в органах двухлеток карпа после 14 суток эксперимента

Органы	Гербициды на основе:		
	2,4-ДБЕ	метрибузина	глифосата
печень	+++	++	+++
мышцы	+	+	+++
жабры	+++	+++	+
кишечник	–	–	+
мозг	+++	+	+

Примечание: «–» особых изменений не выявлено; «+» изменения выражены слабо; «++» изменения выражены средне; «+++» изменения выражены значительно

В результате влияния метрибузина на организм карпа наибольшие морфофункциональные изменения произошли с жабрами, в меньшей степени с печенью, мозгом и скелетными мышцами; кишечный тракт без патологий [13].

Таким образом, наиболее разрушительное действие на органы карпа оказал глифосат, что имеет особое значение, так как наибольшее количество гербицидов используется на его основе. Гистологические изменения в печени карпа связаны с процессами зернистой и вакуольно-капельной дистрофии, которые приводят к отмиранию гепатоцитов (рис. 1, а-в) и, как следствие – функциональной недостаточности печени, появлению желчных камней (рис. 2).

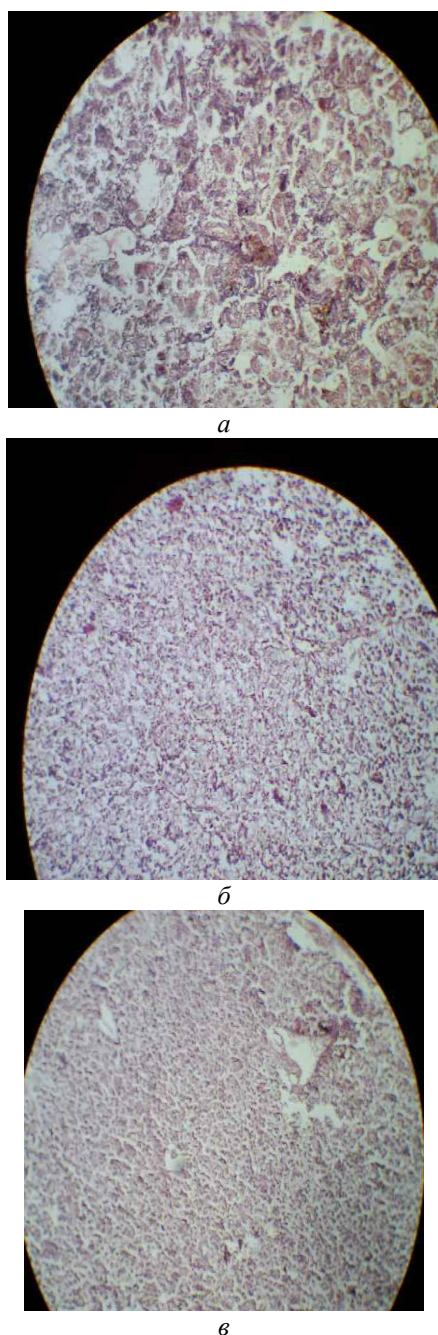


Рис. 1. Гистологический срез печени карпа: а – контроль; б – изменения под влиянием глифосата на 7 суток; в – изменения под влиянием глифосата на 14 суток (×40, гематоксилин-эозин)



Рис. 2. Желчные конкременты и образования карбоната кальция в просвете кишечника карпа под влиянием глифосата (14 суток, ×40, гематоксилин-эозин)

Дальнейшие исследования были посвящены биохимическому обоснованию гистологических изменений печени карпа под влиянием глифосата. Полученные в нашем эксперименте результаты были обобщены в виде схемы (рис. 3), в которой учтена продолжительность эксперимента (7 суток, 14 суток) и концентрация глифосата – 0,04 мг/дм³ и 0,08 мг/дм³ (2 и 4 ПДК).

В печени сеголеток карпа породы украинский чешуйчатый в условиях загрязнения воды глифосатом 0,04 мг/дм³ на 7 суток наблюдалась активация расщепления гликогена (рост амилолитической активности, снижение содержания гликогена, рост уровня глюкозы) и снижение активности глюкозо-6-фосфатазы в 4,3 раза. На 14 суток положение вещей менялось, что заключалось в достоверном снижении уровня глюкозы на 11,7 % в печени и увеличении на 23,7 % в крови, а так же наблюдался рост содержания гликогена на 21,4 % при постоянной глюкозо-6-фосфатазной активности.

В свою очередь, содержание железа в печени сеголеток карпа при действии глифосата на 14 суток снизилось за счет использования его для образования гемоглобина, количество которого увеличилось в одном эритроците (СГЭ) на 4,6 %. Примененный нами пробиотик БПС-44 положительно повлиял на жизнедеятельность сеголеток карпа, приведя к увеличению содержания железа, без снижения количественных параметров эритроцитов, гемоглобина, СГЭ.

У двухлеток карпа содержания глюкозы, гликогена и общих липидов в печени в условиях действия глифосата находятся на одном уровне со значениями контрольной группы рыб. Негативные изменения, которые заключаются в снижении содержания белка на 18,5 %, происходят в печени двухлеток под действием 0,04 мг/дм³. Учитывая гистологические изменения в этом органе и полученные биохимические результаты, для двухлеток карпа главными энергетическими субстратами для поддержания жизнедеятельности организма и процессов детоксикации глифосата являются метаболиты белкового обмена. Подтверждением этого служат изменения активности аминотрансминаз: активность АсАТ в печени увели-

чивается под влиянием 0,04 мг/дм³ глифосата в среднем в 1,8 раза. Это соответствует утверждению, что высокие активности данного фермента фиксируются при отравлениях, в результате разрушения клеток печени. Возможно, идет процесс повреждения митохондрий, в которых содержится 80 % данного фермента. Однако лизис остальных тканей, которые содержат данный фермент (сердце, нервная ткань, почки), при данной концентрации еще не происходит, о чем свидетельствует определенное снижение активности АсАТ под воздействием глифосата (в 1,5 раза) в крови. Это может быть показателем нарастания тяжелых некротических процессов в печени, которые в конечном итоге могут привести к ее разрыву. Возрастание активности АсАТ при этой концентрации токсиканта свидетельствует об активном поступлении в цикл Кребса кетокислот [13], которые образуются в результате реакции трансаминирования аминокислот. В печени активность АлАТ снижается в среднем в 1,2 раза, что также подтверждает тяжелое поражение печени, когда резко уменьшается количество гепатоцитов, продуцирующих этот фермент. Для лучшей оценки состояния белкового обмена под действием глифосата был рассчитан коэффициент де Ритиса (отношение активности АсАТ к активности АлАТ), который позволяет делать выводы относительно тяжести поражений печени. По сравнению с контрольной группой рыб под действием 0,04 мг/дм³ глифосата значения коэффициента де Ритиса повышается в 2,4 раза. Это служит подтверждением тяжелого поражения печени и деградации большинства гепатоцитов.

тивности АсАТ в среднем в 1,6 раза, что свидетельствовало о деградации органов, богатых на этот фермент.

Пробиотик БПС-44 оказал положительное действие в печени карпа, под его влиянием активность ферментов-аминотрансфераз приблизилась к показателям контрольной группы рыб. Так, БПС-44 вызвал повышение АлАТ (в среднем в 3,0 раза) и некоторое снижение АсАТ (на 30 %) по сравнению с влиянием глифосата. Накопленный оксалоацетат включается в цикл трикарбоновых кислот для обеспечения организма энергией, что подтверждается количественными изменениями показателей глюкозы. Пробиотический препарат БПС-44 способствует нормализации изученных биохимических параметров, осуществлению процесса детоксикации в организме рыб в условиях гербицидной нагрузки. Это дает возможность использовать данного пробиотика для компенсации токсического действия глифосата.

7. Выводы

В условиях действия глифосата содержания глюкозы, гликогена и общих липидов в печени двухлеток карпа соответствовали значениям параметров контрольных рыб; количество белка снизилось, активности аминотрансминаз изменились. Это свидетельствует, что главными энергетическими субстратами для поддержания жизнедеятельности двухлеток карпа и обеспечения процессов детоксикации глифосата являются метаболиты белкового обмена.

По результатам гистологических исследований и уровней активности АлАТ (рост в 1,8 раза) и АсАТ (снижение в 1,5 раза) в сыворотке крови установлено нарастание некротических процессов в печени под влиянием 0,04 мг/дм³ глифосата (остальные органы менее повреждены). Коэффициент де Ритиса в крови сеголеток карпа уменьшился в среднем в 6,9 раза, в крови двухлеток – в 2,6 раза, что может быть использовано в качестве показателя начала токсичного поражения рыб гербицидами. Под действия 0,08 мг/дм³ наблюдалось повышение активности АсАТ в среднем в 1,6 раза, что свидетельствовало о деградации органов, богатых на этот фермент.

Компенсаторное влияние пробиотика БПС-44 в условиях глифосата проявилось в приближении к контрольным значениям исследованных биохимических показателей печени карпа, следовательно, данный препарат можно рекомендовать к применению в качестве протектора с целью повышения стойкости рыб к действию глифосата.

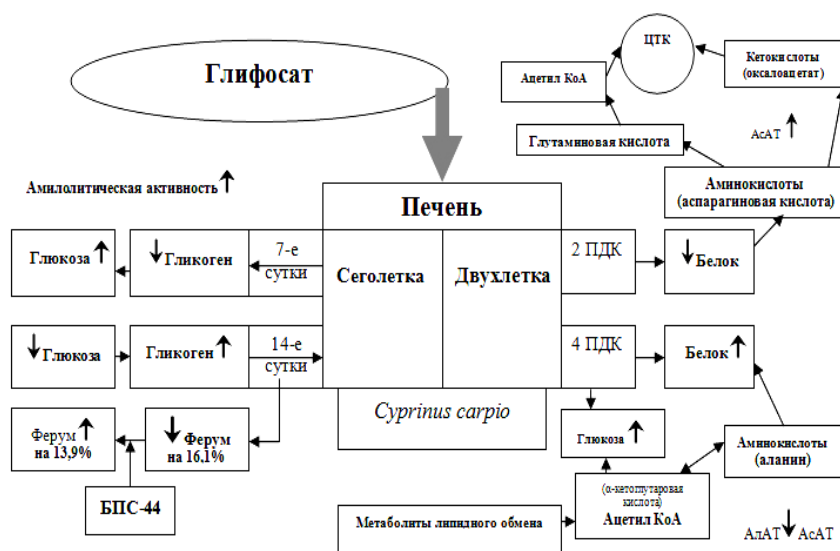


Рис. 3. Обобщение полученных результатов воздействия глифосата на некоторые звенья метаболизма в печени карпа породы украинский чешуйчатый (↓, ↑ – снижение и рост величины показателя соответственно)

Под действием 0,08 мг/дм³ глифосата содержание белка в печени повысилось в 3,8 раза. Активность АлАТ в этом же органе уменьшилась в 4,1 раза, что указывает на полное разрушение гепатоцитов и невозможность протекания биохимических реакций использования белков в энергетических целях. В крови наблюдалось повышение ак-

Литература

1. Major, R. M. 111Effect of Herbicide Exposure on Growth and Photosynthetic Performance in Halotolerant Algae [Text] / R. M. Major // Journal of Phycology. – 2003. – Vol. 39, Issue s1. – P. 38–39. doi: 10.1111/j.0022-3646.2003.t01-5-03906001.x

2. Hertz-Picciotto, I. Prenatal exposures to persistent and non-persistent organic compounds and effects on immune system development [Text] / I. Hertz-Picciotto, H.-Y. Park, M. Dostal, A. Kocan, T. Trnovec, R. Sram // Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology. – 2008. – Vol. 102, Issue 2. – P. 146–154. doi: 10.1111/j.1742-7843.2007.00190.x

3. Осипова, И. Г. Изучение безопасности бактерий рода *Bacillus*, составляющих основу некоторых пробиотиков [Текст] / И. Г. Осипова, И. Б. Сорокулова, Н. В. Терешкина, Л. В. Григорьева // Ж. микробиол. – 1998. – № 6. – С. 68–70.

4. Мирзоева, Л. М. Применение пробиотиков в аквакультуре [Текст] / Л. М. Мирзоева // Рыбное хозяйство. Серия: Болезни гидробионтов в аквакультуре. – 2001. – Вып. 2. – С. 23–30.

5. Deane, E. E. Chronic salinity adaptation modulates hepatic heat shock protein and insulin-like growth factor I expression in black sea bream [Text] / E. E. Deane, S. P. Kelly, J. C. Luk, N. Y. Woo // Mar. Biotechnol. – 2002. – Vol. 4, Issue 2. – P. 193–205.

6. Ågren, J. Seasonal variations of lipid fatty acids of boreal freshwater fish species [Text] / J. Ågren, P. Muje, O. Hänninen, J. Herranen, I. Penttilä // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry. – 1987. – Vol. 88, Issue 3. – P. 905–909. doi: 10.1016/0305-0491(87)90262-8

7. Junk, W. J. Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the water level fluctuations and related environmental changes of the Amazon River [Text] / W. J. Junk // Amazoniana. – 1985. – Vol. 9. – P. 315–351.

8. van Ginneken, V. J. T. Phosphorylation state of red and white muscle in tilapia during graded hypoxia: an in vivo ³¹P-NMR study [Text] / V. J. T. van Ginneken, G. E. E. J. M. van den Thillart, H. J. Muller et. al // American Journal of Physiology. Regulatory Integrative and Comparative Physiology. – 1999. – Vol. 277. – P. 1501–1512.

9. Mommsen, Th. P. Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon [Text] / Th. P. Mommsen, C. J. French, P. W. Hochachka // Canadian Journal of Zoology. – 1980. – Vol. 58, Issue 10. – P. 1785–1799. doi: 10.1139/z80-246

10. Netto de Oliveira, E. R. Effect of biological variables and capture period on the proximate composition and fatty acid composition of the dorsal muscle tissue of *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829) [Text] / E. R. Netto de Oliveira, A. A. Agostinho, M. Matsushita // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2003. Vol. 46, Issue 1. – P. 105–114. doi: 10.1590/s1516-89132003000100015

11. Курант, В. З. Особливості метаболізму гліцину, аланіну та лейцину в організмі коропа за дії іонів важких металів [Текст] / В. З. Курант, Ю. В. Синюк, В. В. Грубінко // Український біохімічний журнал. – 2002. – Т. 74, № 46. – С. 94–95.

12. Жиденко, А. А. Влияние раундапа на динамику гистологических показателей в органах карпа [Текст] / А. А. Жиденко, Е. М. Коваленко // Гидробиол. журн. – 2006. — Т. 42, № 6. – С. 104–111.

13. Жиденко, А. О. Морфофізіологічні адаптації різновікових груп *Syrphius carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів [Текст]: автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.16 / А. О. Жиденко. – Одеський національний університет ім. Мечникова. – Одеса, 2009. – 40 с.

References

1. Major, R. M. (2003). 111Effect of Herbicide Exposure on Growth and Photosynthetic Performance in Halotolerant Algae. Journal of Phycology, 39 (s1), 38–39. doi: 10.1111/j.0022-3646.2003.t01-5-03906001.x

2. Hertz-Picciotto, I., Park, H.-Y., Dostal, M., Kocan, A., Trnovec, T., Sram, R. (2008). Prenatal Exposures to Persistent and Non-Persistent Organic Compounds and Effects on Immune System Development. Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology, 102 (2), 146–154. doi: 10.1111/j.1742-7843.2007.00190.x

3. Osipova, I. G., Sorokulova, I. B., Tereshkina, N. V., Grigoriev, L. V. (1998). Izuchenie bezopasnosti bakterij roda *Bacillus*, sostavljajushchih osnovu nekotoryx probiotikov [Study of safety bacteria of the genus *Bacillus*, forming the base of some probiotics]. J. microbiol., 6, 68–70.

4. Mirzojeva, L. M. (2001). Primenenje probiotikov v akvakulture [The use of probiotics in aquaculture]. Fish industry: Diseases of aquatic organisms in aquaculture, 2, 23–30.

5. Deane, E. E., Kelly, S. P., Luk, J. C., Woo, N. Y. (2002). Chronic salinity adaptation modulates hepatic heat shock protein and insulin-like growth factor I expression in black sea bream. Mar. Biotechnol., 4 (2), 193–205.

6. Ågren, J., Muje, P., Hänninen, O., Herranen, J., Penttilä, I. (1987). Seasonal variations of lipid fatty acids of boreal freshwater fish species. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 88 (3), 905–909. doi: 10.1016/0305-0491(87)90262-8

7. Junk, W. J. (1985). Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the water level fluctuations and related environmental changes of the Amazon River. Amazoniana, 9, 315–351.

8. van Ginneken, V. J. T., van den Thillart, G. E. E. J. M., Muller, H. J. et. al (1999). Phosphorylation state of red and white muscle in tilapia during graded hypoxia: an in vivo ³¹P-NMR study. American Journal of Physiology. Regulatory Integrative and Comparative Physiology, 277, 1501–1512.

9. Mommsen, T. P., French, C. J., Hochachka, P. W. (1980). Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. Canadian Journal of Zoology, 58 (10), 1785–1799. doi: 10.1139/z80-246

10. Oliveira, E. R. N. de, Agostinho, A. A., Matsushita, M. (2003). Effect of biological variables and capture period on the proximate composition and fatty acid composition of the dorsal muscle tissue of *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829). Brazilian Archives of Biology and Technology, 46 (1), 105–114. doi: 10.1590/s1516-89132003000100015

11. Courant, V. Z., Sinjuk, U. V., Hrubinko, V. V. (2002). Osoblivosti metabolizmu glicinu, alaninu ta lejcinu v organizmi koropa za dii ioniv vazhkih metaliv [Features of metabolic glycine, alanine and leucine in the body for carp action of heavy metal ions]. Ukrainian biochemical journal, 74 (4b), 94–95.

12. Zhydenko, A. A., Kovalenko, E. M. (2006). Vlijanie raundapa na dinamiku gistologicheskix pokazatelej v organax karpa [Effect of Roundup on the dynamics of the histological parameters in the organs of carp]. Gidrobiol. J., 42 (6), 104–111.

13. Zhydenko, A. A. (2009). Morfofiziologichni adaptatsii riznovikovich grup *Cyprinus carpio* L. za nespriyatlivoi dii ekologichnih faktoriv [Morpho-physiological adaptations of

uneven-aged *Cyprinus carpio* L. groups under adverse influence of ecological factors]. I. I. Mechnikov National University, Odessa, 40.

Дата надходження рукопису 23.09.2015

Бибчук Екатерина Вячеславовна, асистент, кафедра біологічних основ фізического виховання, здоров'я и спорта, Черниговский національний педагогічний университет им. Т. Г. Шевченко, ул. Гетмана Полуботка, 53, г. Чернигов, Украина, 14013
E-mail: bibchuk@ukr.net

Жиденко Алла Александровна, доктор біологічних наук, профессор, заведующая кафедрой, кафедра біологічних основ фізического виховання, здоров'я и спорта, Черниговский національний педагогічний университет им. Т. Г. Шевченко, ул. Гетмана Полуботка, 53, г. Чернигов, Украина, 14013

УДК 579.695

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.51665

БІОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ЦИНКУ (II)

© О. Г. Горшкова, О. В. Волювач

*Експериментально підтверджена висока ефективність біотехнології очищення води від цинку (II) з використанням іммобілізованих у складі біофлорів клітин бактерій роду *Pseudomonas*: *P. fluorescens* ONU328, *P. maltophilia* ONU329, *P. seracia* ONU327. Ступінь очищення води від цинку (II) за обробки біофлорами із *P. maltophilia* сягав 99,9 % при вихідній концентрації металу 20 мг/дм³*

Ключові слова: очищення води, цинк (II), біотехнологія, бактерії роду *Pseudomonas*, іммобілізовані, не-патогенні, поліфункціональні

*It is experimentally confirmed the high efficiency of biotechnology of water purification from zinc (II) using bacterial cells of the genus *Pseudomonas*: *P. fluorescens* ONU328, ONU329 *P. maltophilia*, *P. cepacia* ONU327 that immobilized in the biofloc structure. The degree of water purification from zinc (II) in the processing of the bioflocks of *P. maltophilia* reached 99,9% at initial metal concentration 20 mg/dm³*

Keywords: water purification, zinc (II), biotechnology, bacteria of the genus *Pseudomonas*, immobilized, non-pathogenic, polyfunctional

1. Вступ

Гальванічне виробництво залишається найбільшим джерелом забруднення навколишнього середовища високотоксичними іонами важких металів (ІВМ), зокрема іонами цинку, і могутнім споживачем води.

2. Постановка проблеми

Цинкування – один із розповсюджених процесів у гальванічному виробництві. Його використовують для захисту від корозії різних сталевих і чавунних деталей, підводних споруд, при виробництві труб.

Водорозчинні сполуки цинку становлять велику загрозу для екосистем. Навіть при малих концентраціях (0,001 г/дм³) Zn (II) гальмує розвиток, а при більших – 0,004 г/дм³ спричиняє токсичну дію на водну фауну [1]. Гранично-допустима концентрація (ГДК) іонів цинку у воді для скидання її у водні об'єкти побутово-питного і культурно-побутового водопостачання складає 1,0 мг/дм³, тоді як вміст рухливого цинку у стічних водах гальванічних цехів складає 60–80 мг/дм³. Тому очищення технологічних цинковмісних водних розчинів і виробничих стічних вод від рухливого цинку являє собою складне, але водночас важливе науково-технічне та екологічне завдання.

3. Літературний огляд

Очищення води від ІВМ, зокрема від Zn (II), може бути проведено хімічним, фізико-хімічним, електрохімічним способами. Вони дорогі, громіздкі та не завжди забезпечують високий рівень очищення [2, 3].

Не дивлячись на те, що за способом хімічного осаджування катіонів важких металів у формі їх малорозчинних сульфідів [2] ступінь вилучення сягає 99,8–99,9 %, практичне використання способу стримується через токсичність сірководню, що виділяється в атмосферу.

Спосіб флотаційного вилучення Zn (II) із водних розчинів у вигляді осадів (наприклад, алкілкарбонатів цинку) є енергозалежним і потребує наявності громіздких флотаційних машин та відстійників, де відбувається руйнування зібраного пінного продукту [3]. Недоліками способу [3] також є: використання як органічного осаджувача іонів цинку аніонних ПАВ (мила); необхідність частого приготування свіжих порцій відповідного мила у зв'язку із швидким старінням; необхідність регулювання значень рН середовища і оптимальної витрати реагенту; вода не очищується до норм ГДК.

Підвищення вимог до якості води та допустимих концентрацій забруднень в промислових стічних