

УДК: 574.24 (58.02)

**ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЯСКИ  
МАЛОЙ (*LEMNA MINOR* L.) ПРИ ДЕЙСТВИИ СОЛЕЙ НИКЕЛЯ И ЦИНКА**

**CHANGE OF SOME PHYSIOLOGICAL INDICATORS THE DUCKWEED SMALL  
(*LEMNA MINOR* L.) AT EFFECT OF SALTS OF NICKEL AND ZINC**

©**Сторчак Т. В.**

канд. биол. наук

Нижевартовский государственный университет  
г. Нижевартовск, Россия, [tatyanastorchak@yandex.ru](mailto:tatyanastorchak@yandex.ru)

©**Storchak T.**

Ph.D., Nizhnevartovsk State University  
Nizhnevartovsk, Russia, [tatyanastorchak@yandex.ru](mailto:tatyanastorchak@yandex.ru)

©**Крюкова В. А.**

Нижевартовский государственный университет  
г. Нижевартовск, Россия

©**Kryukova V.**

Nizhnevartovsk State University  
Nizhnevartovsk, Russia

*Аннотация.* Тяжелые металлы оказывают негативное влияние на все системы живого организма. В выявлении антропогенного воздействия используются методы анализа состояния отдельных особей. Цель исследования — выявление реакции системы пигментов и накопления пролина *Lemna minor* в присутствии тяжелых металлов  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  в водной среде.

Присутствие солей  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  оказывает негативное влияние на содержание хлорофилла *a* и *b*, вызывает увеличение концентрации каротиноидов. Высокие концентрации металлов (свыше 1,0 мг/л) вызывают угнетение пигментной системы. Чем выше концентрация  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ , тем больше содержания свободного пролина в листецах *Lemna minor* L. В пробах с растворами никеля концентрация пролина меньше, чем в пробах с растворами цинка. Выраженная тенденция повышения концентрации пролина при увеличении концентрации поллютантов, является реакцией растения на действие стресс-факторов.

*Abstract.* Heavy metals influence all systems of a live organism. Anthropogenous influence decides on the help of the analysis of a condition of separate individuals. The work purpose — identification of reaction of a system of pigments and accumulation of *Lemna minor* proline in the presence of heavy metals  $Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  in the water environment.

$Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  salts exert the negative impact on the maintenance of a chlorophyll *a* and *b*, cause the increase in the concentration of carotenoids. High concentration of metals (over 1.0 mg/l) cause oppression of pigmentary system. The concentration of  $Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  is higher, it is more than the content of free proline in the leaf of *Lemna minor* L. In tests with nickel solutions concentration of proline is less, than in tests with zinc solutions. The expressed tendency of increase in the concentration of proline at the increase in the concentration of the pollutant is the reaction of a plant to action a stress factor.

*Ключевые слова:* биотестирование, поллютанты, ряска малая, хлорофилл, пролин.

*Keywords:* biotesting, pollutant, duckweed small, chlorophyll, proline.

Проблема загрязнения природы тяжелыми металлами говорит возрастающем загрязнении окружающей среды большим количеством вредных веществ, которые, при попадании в водоемы, где они усваиваются гидробионтами, оказывают вовлеченными в цепи питания. В водоемах содержится очень большое количество гуминовых веществ и закисных форм металлов [1]. Тяжелые металлы оказывают негативное влияние на все системы живого организма. В выявлении антропогенного воздействия используются методы анализа состояния отдельных особей. Химические методы могут быть неэффективными из-за недостаточной чувствительности. Живые организмы могут воспринимать более низкие концентрации веществ, не регистрируемые иными способами. Интенсивное загрязнение среды и высокие дозы поллютантов способны переносить немногие виды. *Lemna minor* L. можно отнести к числу подобных организмов, являющуюся важным компонентом растительного покрова водоемов [2, с. 327].

Растительные организмы критично реагируют на изменения концентраций химических элементов в экосистеме. Растения проявляют значительную устойчивость к кратковременному загрязнению и способны накапливать поллютанты в больших концентрациях без явных функциональных изменений. В большей мере это относится к тяжелым металлам, которые не способны разрушаться до безопасных форм, в отличие от органических поллютантов [3, с. 93]. Доказано, что положительная корреляция между концентрацией тяжелых металлов в среде и растительных организмах наблюдается в условиях сильного загрязнения, когда механизмы защиты растений больше не могут мешать поступлению тяжелых металлов в ткани растений [4; 5, с. 132].

Целью исследования стало выявление реакции системы пигментов и накопления пролина *Lemna minor* в присутствии тяжелых металлов  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  в водной среде. *Lemna minor* — многолетнее водное растение, которое встречается повсеместно и широко используется в биотестировании и биоиндикации [6, с. 42; 7].

Объектом исследования является гидрофильное растение *Lemna minor* L. [8, с. 261]. Предмет исследования — реакция *Lemna minor* L. на действие ионов металлов  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ .

Для приготовления опытных растворов использовались соли  $ZnSO_4$  и  $Ni(NO_3)_2$ . В концентрации растворов 0,0001, 0,001, 0,01, 0,1, 1,0 и 2,5 мг/л.

В каждую емкость помещалось по 50 растений. В качестве контроля использовали питьевую воду [9]. Растения помещали в растворы солей на 7 дней [10].

Для оценки токсического действия растворов солей наблюдали за изменением количества листочков, отмечали их окраску и другие видимые изменения [10]. Через 7 дней определяли концентрацию пигментов и пролина в опытных и контрольных образцах.

Экстракцию пигментов из листьев производили 100%-ным ацетоном. Содержание пигментов в растениях *Lemna minor* определяли экстрактным спектрофотометрическим методом на приборе SPEKORD 30, с использованием для расчета концентраций хлорофиллов *a* и *b*, суммы каротиноидов формулы Лихтентайлера [11; 12, с. 56; 13, с. 591].

Для тестирования на содержание свободного пролина использовалась модифицированная методика Бейтса [14, 15, с. 205–207].

Данные по содержанию хлорофилла *a*, *b*, каротиноидам представлены на Рисунках 1–2.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при снижении коэффициента роста популяции снижается и содержание хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов. В пробах с растворами солей цинка содержание хлорофилла *a* и *b* немного выше, чем в пробах с растворами никеля, в то время как содержание каротиноидов в пробах с никелем выше. Это происходит потому что при негативном влиянии хлорофилл разрушается, каротиноиды менее подвержены негативному действию тяжелых металлов по сравнению с хлорофиллами. Каротиноиды принимают участие в поглощении света в качестве дополнительных пигментов и защищают молекулы хлорофиллов от необратимого фотоокисления [16, с. 153].

Содержание хлорофилла *b* может служить показателем токсичности при использовании растений *Lemna minor* L. в качестве тест-объекта. Концентрация хлорофилла *b* у этого растения снижается при незначительных концентрациях солей никеля и цинка по сравнению с контролем. Содержание хлорофилла *a* начинает уменьшаться только при концентрациях солей 0,1 мг/кг, что превышает ПДК в 10 раз (ПДК<sub>р.х.</sub> = 0,001 мг/кг).

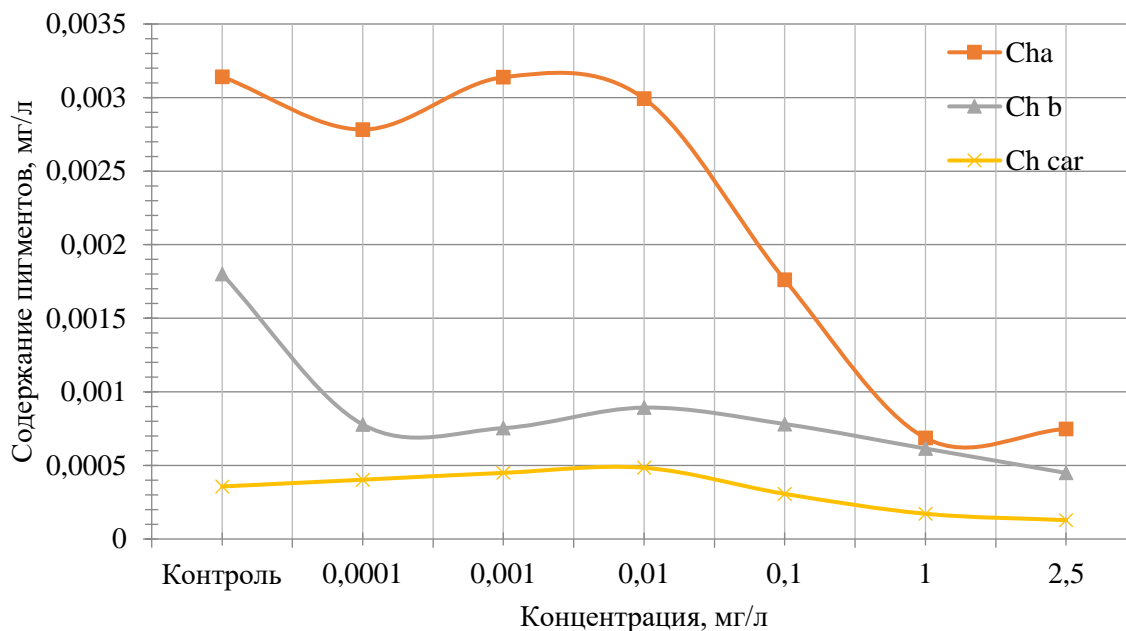


Рисунок 1. Влияние солей Zn<sup>2+</sup> на содержание хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в растениях *Lemna minor* L.

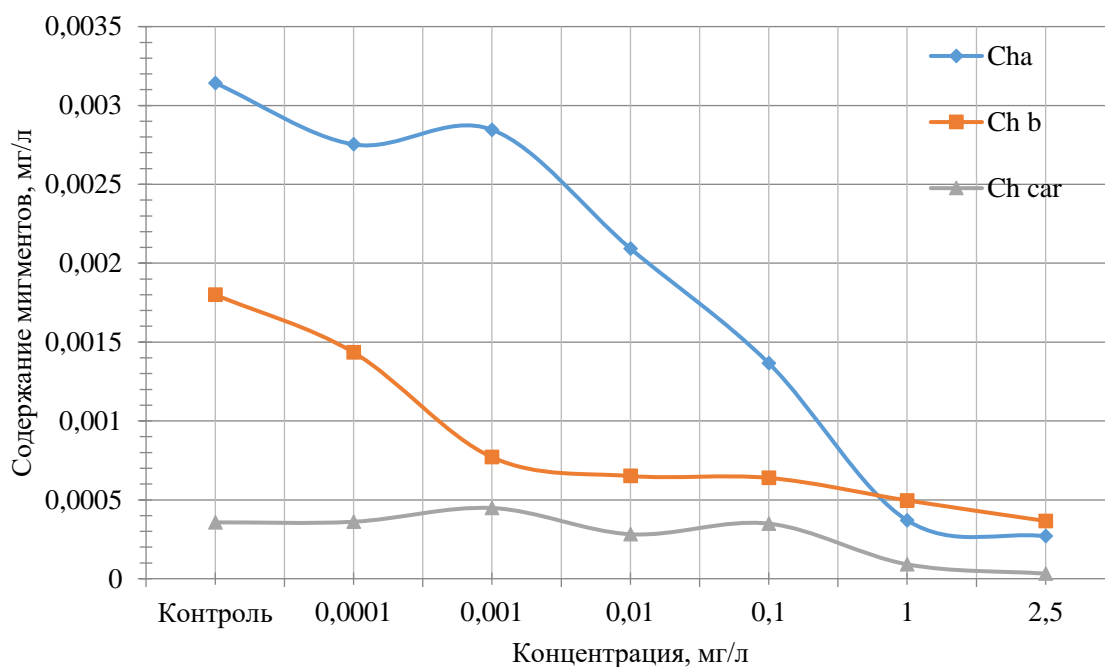


Рисунок 2. Влияние солей Ni<sup>2+</sup> на содержание хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в растениях *Lemna minor* L.

Аминокислота пролин аккумулируется в клетках растений при стрессовом воздействии. Данные по содержанию пролина в растениях *Lemna minor* L. представлены на Рисунке 3.

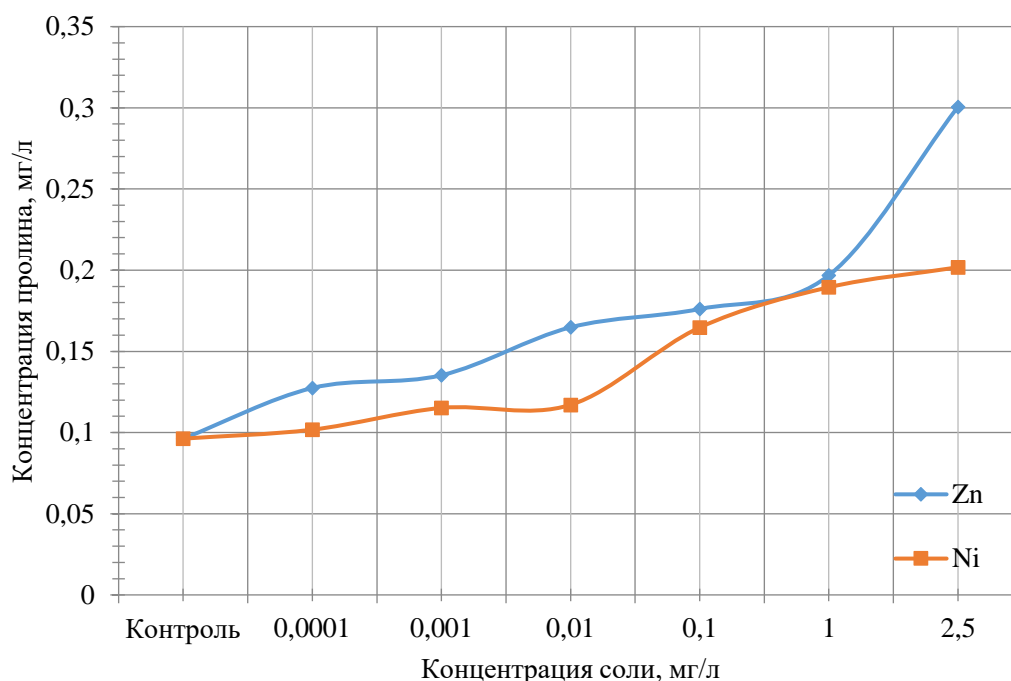


Рисунок 3. Концентрация пролина в листецах *Lemna minor* L.

Исследования показали, что при повышении концентраций солей, содержание пролина в растениях повышается. В пробах с растворами никеля концентрация пролина меньше, чем в пробах с растворами цинка. Возможно, именно этим можно объяснить более высокую чувствительность растений к никелю. Выраженная тенденция повышения концентрации пролина при увеличении концентрации поллютантов, является реакцией растения на действие стресс-факторов.

Результаты исследований влияния ионов цинка и никеля на скорость роста, содержание пролина и пигментный аппарат *Lemna minor* позволили сделать следующие выводы:

1. Соли  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  вызывают изменение окраски листецов *Lemna minor* L. отмечена прямая корреляция степени окраски с концентрацией соли и продолжительностью ее воздействия.

2. Присутствие солей  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$  оказывает негативное влияние на содержание хлорофилла *a* и *b*, вызывает увеличение концентрации каротиноидов. Высокие концентрации металлов (свыше 1,0 мг/л) вызывают угнетение пигментной системы.

3. Чем выше концентрация  $Zn^{2+}$  и  $Ni^{2+}$ , тем больше содержания свободного пролина в листецах *Lemna minor* L.

Список литературы:

1. Овечкин Ф. Ю., Овечкина Е. С. Природа фенольного загрязнения реки Вах // 2-я международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы науки и практики XXI в.» (Нижневартовск, 27 февраля — 04 марта 2016 г.): материалы. Нижневартовск: Издательский центр «Наука и практика», 2016. С. 77–85. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/phenolicpollution> (дата обращения 15.02.2017). DOI: 10.5281/zenodo.292969.
2. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. И. П. Ермакова. М.: Академия, 2003. 256 с.
3. Сторчак Т. В., Рябуха А. В., Рябуха Е. А. Поверхностный сток с селитебных территорий Красноселькупского района как фактор загрязнения реки Таз // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2015. № 1. С. 63–67.
4. Сторчак Т. В., Пылаева Н. В. Изменение содержания пигментов и некоторых морфологических признаков в растении *Lemna minor* при действии солей тяжелого металла кадмия // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета: статьи докладов / отв. ред. А. В. Коричко. Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2016. С. 1068–1071.
5. Мелехова О., Егорова Е., Евсеева Т. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Сарапульцевой. М.: Академия, 2010. 288 с.
6. Золотухина Е. Ю., Гавриленко Е. Е. Тяжелые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность // Биологич. науки. 1989. №9. С. 93–106.
7. Патент РФ №2308183, МПК А01G7/00. Среда для культивирования ряски малой, *Lemna minor* L. / Цаценко Л. В., Темиров Ю. В., Гайдукова Н. Г.; Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет»; Заяв. 31.01.2006; Оpubл. 20.10.2007.
8. Капитонова О. А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов ряской малой // Международная конференция «Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения» (16–18 ноября 2004 г.): материалы. Киров: ВНИИОЗ, 2004.
9. Ломагин А. Г., Ульянова Л. В. Новый тест на загрязненность воды с использованием ряски *Lemna minor* L. // Физиология растений. 1993. №2. С. 327–328.
10. Сторчак Т. В., Гришечкина А. А. Особенности пигментной системы *Lemna minor* L. при воздействии ионов меди // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2013. №3. С. 85–88.
11. Сторчак Т. В., Крюкова В. А. Биотестирование поверхностных вод при помощи ряски малой на загрязнение Zn и Ni // Семнадцатая региональная студенческая научная конференция Нижневартовского государственного университета: статьи докладов / отв. ред. А. В. Коричко. Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2015. С. 586–590.
12. Николишин И. Я. Возможности использования растений в качестве индикаторов накопления и действия тяжелых металлов в экологическом мониторинге // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1978. С. 42–56.
13. Lichtenthaler H. K., Wellburn A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. 1983. V. 11. №5. P. 591–592.
14. Малюга Н. Г., Цаценко Л. В., Аветянц Л. Х. Биоиндикация загрязнения воды тяжелыми металлами с помощью представителей семейства рясковых — Lemnaceae // Экологические проблемы Кубани. Краснодар: КГАУ, 1996. С. 153–155.

15. Bates L. E., Waldren R. P., Teare I. D. Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies // *Plant Soil*. 1973. V. 39. P. 205–207.

16. Жунгиету Г. И., Жунгиету И. И. Химическая экология высших растений. Кишинев: Штиинца, 1991, 200 с.

*References:*

1. Ovechkin, F., & Ovechkina, E. (2016). Nature of Phenolic Pollution of the Vakh River. 2-ya Mezhdunarodnaya nauchno–prakticheskaya konferentsiya “Aktualnye voprosy nauki i praktiki XXI v.” (2nd International Scientific and Practical Conference “Actual problems of science and practice of the XXI century”) (Nizhnevartovsk, 27 February — 4 March 2016): materials. Nizhnevartovsk: Izdatelskiy tsentr “Nauka i praktika”, 77–85. Available at: <http://www.bulletennauki.com/phenolicpollution>, accessed 15.02.2017. (In Russian). DOI: 10.5281/zenodo.292969.

2. Gavrilenko, V. F., & Zhigalova, T. V. (2003). Bolshoi praktikum po fotosintezu: ucheb. posobie dlya stud. vuzov. Ed. I. P. Ermakova. Moscow, Akademiya, 256. (In Russian).

3. Storchak, T. V., Ryabukha, A. V., & Ryabukha, E. A. (2015). Poverkhnostnyi stok s selitebnykh territorii Krasnoselkupskogo raiona kak faktor zagryazneniya reki Taz. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, (1), 63–67. (In Russian).

4. Storchak, T. V., & Pylaeva, N. V. (2016). Izmenenie sodержaniya pigmentov i nekotorykh morfologicheskikh priznakov v rastenii Lemna minor pri deistvii solei tyazhelogo metalla kadmiya. Vosemnadtsataya vserossiiskaya studencheskaya nauchno–prakticheskaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta: stati dokladov. Ed. A. V. Korichko. Nizhnevartovsk, Nizhnevartovskii gosudarstvennyi universitet, 1068–1071. (In Russian).

5. Melekhova, O., Egorova, E., Evseeva, T., & al. (2010). Biologicheskii kontrol okruzhayushchei sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenii. Ed. O. P. Melekhova, E. I. Sarapultseva. Moscow, Akademiya, 288. (In Russian).

6. Zolotukhina, E. Yu., & Gavrilenko, E. E. (1989). Tyazhelye metally v vodnykh rasteniyakh. Akkumulyatsiya i toksichnost. *Biologich. nauki*, (9), 93–106. (In Russian).

7. Patent RF №2308183, MPK A01G7/00. Sreda dlya kultivirovaniya ryaski maloi, Lemna minor L. Tsatsenko, L. V., Temirov, Yu. V., Gaidukova, N. G.; Federalnoe gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya “Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet”; Zayav. 31.01.2006; Opubl. 20.10.2007.

8. Kapitonova, O. A. (2004). Osobennosti akkumulyatsii tyazhelykh metallov ryaskoi maloi. Mezhdunarodnaya konferentsiya “Pishchevye resursy dikoi prirody i ekologicheskaya bezopasnost naseleniya” (16–18 noyabrya 2004): materialy. Kirov, VNIIOZ. (In Russian).

9. Lomagin, A. G., & Ulyanova, L. V. (1993). Novyi test na zagryaznennost vody s ispolzovaniem ryaski Lemna minor L. *Fiziologiya rastenii*, (2), 327–328. (In Russian).

10. Storchak, T. V., & Grischechkina, A. A. (2013). Osobennosti pigmentnoi sistemy Lemna minor L. pri vozdeistvii ionov medi. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, (3), 85–88. (In Russian).

11. Storchak, T. V., & Kryukova, V. A. (2015). Biotestirovanie poverkhnostnykh vod pri pomoshchi ryaski maloi na zagryaznenie Zn i Ni. Semnadsataya regionalnaya studencheskaya nauchnaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta: stati dokladov. Ed. A. V. Korichko. Nizhnevartovsk, Nizhnevartovskii gosudarstvennyi universitet, 586–590. (In Russian).

12. Nikolishin, I. Ya. (1978). Vozmozhnosti ispolzovaniya rastenii v kachestve indikatorov nakopleniya i deistviya tyazhelykh metallov v ekologicheskom monitoring. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. Leningrad, 42–56. (In Russian).

13. Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans*, 11, (5), 591–592.

14. Malyuga, N. G., Tsatsenko, L. V., & Avetyants, L. Kh. (1996). Bioindikatsiya zagryazneniya vody tyazhelymi metallami s pomoshchyu predstavitelei semeistva ryaskovykh — Lemnaceae. *Ekologicheskie problemy Kubani*. Krasnodar, KGAU, 153–155. (In Russian).
15. Bates, L. E., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant Soil*, 39, 205–207.
16. Zhungietu, G. I., & Zhungietu, I. I. (1991). *Khimicheskaya ekologiya vysshikh rastenii*. Kishinev, Shtiintsa, 1991, 200. (In Russian).

Работа поступила  
в редакцию 21.02.2017 г.

Принята к публикации  
25.02.2017 г.

---

*Ссылка для цитирования:*

Сторчак Т. В., Крюкова В. А. Изменение некоторых физиологических показателей ряски малой (*Lemna minor* L.) при действии солей никеля и цинка // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №3 (16). С. 99–105. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/storchak> (дата обращения 15.03.2017).

*Cite as (APA):*

Storchak, T., & Kryukova, V. (2017). Change of some physiological indicators the duckweed small (*Lemna minor* L.) at effect of salts of nickel and zinc. *Bulletin of Science and Practice*, (3), 99–105. Available at: <http://www.bulletennauki.com/storchak>, accessed 15.03.2017. (In Russian).