

ISSN 2518-1629 (Online),
ISSN 2224-5308 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институтының

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Института биологии и биотехнологии растений

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
of the Institute of Plant Biology and Biotechnology

**БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ МЕДИЦИНА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ



SERIES

OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

1 (319)

**ҚАҢТАР – АҚПАН 2017 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2017 г.
JANUARY – FEBRUARY 2017**

**1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963**

**ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR**

**АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK**

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі, м. ғ. д., проф.

Ж. А. Арзықұлов

Абжанов Архат проф. (Бостон, АҚШ),
Абелев С.К. проф. (Мәскеу, Ресей),
Айтқожина Н.А. проф., академик (Қазақстан)
Ақшулаков С.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Алшынбаев М.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Березин В.Э., проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бисенбаев А.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бишимбаева Н.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Ботабекова Т.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Ellenbogen Adrian prof. (Tel-Aviv, Israel),
Жамбакин К.Ж. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Ishchenko Alexander, prof. (Villejuif, France)
Қайдарова Д.Р. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Күзденбаева Р.С. проф., академик (Қазақстан)
Лось Д.А. prof. (Мәскеу, Ресей)
Lunefeld Bruno prof. (Израиль)
Миербеков Е.М. проф. (Қазақстан)
Муминов Т.А. проф., академик (Қазақстан)
Purton Saul prof. (London, UK)
Рахыпбеков Т.К. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сапарбаев Мұрат проф. (Париж, Франция)
Сарбассов Дос проф. (Хьюстон, АҚШ)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Биология және медициналық сериясы».

ISSN 2518-1629 (Online),

ISSN 2224-5308 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5546-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / biological-medical.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
академик НАН РК, д.м.н., проф.

Ж. А. Арзыкулов

Абжанов Архат проф. (Бостон, США),
Абелев С.К. проф. (Москва, Россия),
Айтхожина Н.А. проф., академик (Казахстан)
Акшулаков С.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Алчинбаев М.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Березин В.Э., проф., чл.-корр. (Казахстан)
Бисенбаев А.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Бишимбаева Н.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Ботабекова Т.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Ellenbogen Adrian prof. (Tel-Aviv, Israel),
Жамбакин К.Ж. проф., чл.-корр. (Казахстан), зам. гл. ред.
Ishchenko Alexander prof. (Villejuif, France)
Кайдарова Д.Р. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Кузденбаева Р.С. проф., академик (Казахстан)
Лось Д.А. prof. (Москва, Россия)
Lunenfeld Bruno prof. (Израиль)
Миербеков Е.М. проф. (Казахстан)
Муминов Т.А. проф., академик (Казахстан)
Purton Saul prof. (London, UK)
Рахыпбеков Т.К. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сапарбаев Мурат проф. (Париж, Франция)
Сарбассов Дос проф. (Хьюстон, США)

«Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская».

ISSN 2518-1629 (Online),

ISSN 2224-5308 (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5546-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

academician of NAS RK, doctor of medical science, professor

Zh. A. Arzykulov

Abzhanov Arkhat prof. (Boston, USA),
Abelev S.K. prof. (Moscow, Russia),
Aitkhozhina N.A. prof., academician (Kazakhstan)
Akshulakov S.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Alchinbayev M.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Berezin V.Ye., prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bisenbayev A.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bishimbayeva N.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Botabekova T.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Ellenbogen Adrian prof. (Tel-Aviv, Israel),
Zhambakin K.Zh. prof., corr. member. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Ishchenko Alexander, prof. (Villejuif, France)
Kaydarova D.R. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Kuzdenbayeva R.S. prof., academician (Kazakhstan)
Los D.A. prof. (Moscow, Russia)
Lunefeld Bruno prof. (Israel)
Miyerbekov Ye.M. prof. (Kazakhstan)
Muminov T.A. prof., academician (Kazakhstan)
Purton Saul prof. (London, UK)
Rakhypbekov T.K. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Saparbayev Murat prof. (Paris, France)
Sarbassov Dos, prof. (Houston, USA)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of biology and medicine.

ISSN 2518-1629 (Online),

ISSN 2224-5308 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5546-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/biological-medical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 1, Number 319 (2017), 198 – 202

**B. K. Zayadan, N. R. Akmukhanova, A. K. Sadvakasova,
K. Bolatkhan, M. O. Bauenova, D. Kirbaeva**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: zbolatkhan@gmail.com

**INFLUENCE OF HEAVY METALS
ON VEGETATIVE REPRODUCTION LEMNA MINOR**

Abstract. In the work were considered the impact of heavy metals (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) on vegetative reproduction Lemna minor. It has been established that the minimum concentration of metals, in which there are significant and visible changes in populations of Lemna tiny are: cadmium and lead - 2 MPC, copper - 5 MPC, zinc - 10 MPC. The concentration of cadmium in 5 MPC led to total loss of plants, presence in Wednesday 10 and 20 MPC metal caused the loss of almost the entire population. Lead ions were much more toxic than zinc and copper ions for plants. Zinc showed the lowest toxicity for duckweed tiny metals studied. The resulting us a number of toxicity of metals: $Zn > Cu > Pb > Cd$ is generally consistent with literature data. Found that the presence of listecov and its coloring intensity can serve as indicators of the presence in water of some heavy metals. The results of the analysis, HM in the investigated us plants Lemna minor have shown that almost all metals have tended to accumulate in plant tissues.

Keywords: heavy metals, Lemna, indicator, toxics.

УДК 504.4.054:001.5

**Б. К. Заядан, Н. Р. Акмуханова, А. К. Садвакасова,
К. Болатхан, М. О. Бауенова, Д. К. Кирбаева**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
НА ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ LEMNA MINOR**

Аннотация. В работе были рассмотрены влияние тяжелых металлов (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) на вегетативное размножение Lemna minor. Установлено, что минимальные концентрации металлов, при которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной, составляют: для кадмия и свинца – 2 ПДК, для меди – 5 ПДК, для цинка – 10 ПДК. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции. Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. Полученный нами ряд токсичности металлов: $Zn > Cu > Pb > Cd$ – в целом соответствует литературным данным. Обнаружено, что наличие окраски листочков и её интенсивность могут служить индикаторами наличия в воде некоторых тяжелых металлов. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях Lemna minor показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, ряска, индикатор, токсиканты.

В настоящее время растущее поступление сточных вод в природные водоемы приобретает характер глобальной экологической угрозы. Водные экосистемы подвергаются значительному антропогенному загрязнению, что отражается на их продуктивности и качестве воды. Стоки

предприятий химического и нефтехимического профилей содержат различные токсиканты, среди которых особую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ), обладающие биологической активностью, мутагенными и канцерогенными свойствами. Для минимизации отрицательного влияния ТМ на гидросферу необходима разработка новых и усовершенствование существующих методов очистки стоков путем снижения концентраций токсикантов, в том числе и методом биоконверсии с использованием высшей водной растительности. Среди тяжелых металлов Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} имеют наиболее широкое распространение в сточных водах многих предприятий (горнодобывающих, металлургических, текстильных, гальванических, машиностроения) [1, 2]. В последнее время, в связи с возрастающим загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами, изучение реакций растений на указанные вещества является важной экологической проблемой. Развитие методов очистки воздуха, почв и сточных вод и от ионов тяжелых металлов с помощью растений [3, 4] так же повышает интерес к выявлению механизмов взаимодействия растений с металлами.

Целью исследований являлось изучение влияния тяжелых металлов (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) на *Lemna minor*.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись водные растения ряска малая *Lemna minor*. Для эксперимента был произведен отбор растений, сходных по морфологическим параметрам. Растения ряски выращивали в стеклянных емкостях объемом 500 мл при комнатной температуре 20-22 °С и постоянном освещении люминесцентной лампой. В качестве питательной среды использовалась среда Штейнберга [6]. В стаканчиках (150 мл) с готовыми растворами помещалось по пять растений ряски. В опытные сосуды добавляли ТМ в концентрации 2, 5, 10, 20 ПДК в виде CuCl_2 , ZnCl_2 , PbCl_2 , $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$. Контролем служил вариант без добавления металлов. Стаканы на двое суток ставили под люминесцентную лампу при комнатной температуре. Через 48 часов проводился анализ морфологических изменений растений. По фотографиям у ряски малой учитывали изменение количества листочков (видоизмененный побег, который имеет вид округлого листа), состояние корней, омертвление – некроз тканей растений и изменение окраски, а также разделение розеток на отдельные листочки. В контроле и в каждой концентрации на основании полученных результатов рассчитывали коэффициент роста популяции по формуле $r = (N_t - N_0) / t$, где N_0 – начальная численность листочков; N_t – конечная численность листочков; t – время экспозиции [7,8]. Содержание тяжелых металлов в растениях определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на iCAP 6300 Duo ("Thermo Electron", США-Великобритания) после мокрого озоления 70% HNO_3 (о.с.ч.).

Результаты и обсуждение

Тяжелые металлы играют важную роль в жизнедеятельности растений. Многие из них являются микроэлементами (медь, никель, кобальт, цинк и др.), участвующие в самых разнообразных физиологических процессах: от фотосинтеза до регуляции активности генов. Однако значительные концентрации микроэлементов способны вызвать патологические изменения в клетках: образование активных форм кислорода, окислительный стресс и т. д. Для ряда металлов (кадмий, ртуть, свинец, серебро) не выявлены жизненно необходимые функции, кроме деструктивных [9]. В водной среде подвижность, биодоступность металлов выше, чем в почве [10].

При действии тяжелых металлов в разных концентрациях превышающие ПДК для природных вод было установлено, что наибольшим токсическим эффектом обладают ионы кадмия: концентрация в 2 ПДК вызвала значимое снижение скорости роста и времени удвоения листочков на 15 %. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции, к 12 суткам оставались лишь мелкие, не более 1 мм в диаметре почки, соединенные с мертвыми некротизированными материнскими листочками (таблица 1).

Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Первая реакция на металл при концентрации 2 ПДК – появилась через 4 часа после начала эксперимента. Наследующий день листья приобрели светло-зеленую окраску (таблица 1). Концентрации свинца 5, 10 и 20 ПДК привела к полной гибели растений.

Таблица 1 – Реакция ряски малой (*Lemna minor*) на тяжелые металлы

Металл	Концентрация (ПДК)	Тестовые реакции			Коэффициент роста
		Окраска листиков	Рассоединение листиков	Реакция листиков	
Контроль	0	Интенсивно зеленая	–	Нет	3,59
Cd ²⁺	2	Коричневая	+	Сильное усыхание	0,53
Cu ²⁺	2	Светло зеленая	+	Усыхание краев	3,0
Pb ²⁺	2	Светло-бурая	+	Усыхание	0,60
Zn ²⁺	2	Желто-зеленая	–	Увядание незначительное	3,2
Cd ²⁺	5	Темно –коричневая	+	Сильное усыхание	0,2
Cu ²⁺	5	Белая	+	Сильное усыхание	2,1
Pb ²⁺	5	Темно –коричневая	+	Сильное усыхание	0,23
Zn ²⁺	5	Светло-зеленая, бурая	+	Увядание	3,1
Cd ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Cu ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Pb ²⁺	10	Белая	+	Подсыхание	0
Zn ²⁺	10	Светло- бурая	+	Усыхание	2,8
Cd ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Cu ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Pb ²⁺	20	Белая	+	Подсыхание	0
Zn ²⁺	20	Белая	+	Увядание, частичное подсыхание	1,4

В питательной среде с концентрацией Cu²⁺ 2 ПДК у старых листиков были отмечены признаки хлороза, но скорость размножения в этом случае значимо не отличалась от контроля. При 5 ПДК показатель скорости роста снизился на 63 % по сравнению с контролем. Кроме этого отмечались некрозы и гибель взрослых пересаженных листиков (таблица 1).

Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. В диапазоне концентраций от 2 до 5 ПДК он не вызывал статистически значимых снижений скорости роста и времени удвоения листиков. Только при концентрации 10 ПДК в культуральной среде данный металл вызвал снижение скорости вегетативного размножения на 20%, а увеличение концентрации до 20 ПДК снизило скорость размножения на 63%. Кроме этого, цинк в столь высоких концентрациях повлиял и на морфологию растущих листиков (таблица 1). Было обнаружено, что у молодых, развивающихся листиков, формируется характерная зона некроза, своего рода перетяжка в центре листеца, либо вблизи основания, в проксимальной части.

Известно, что растения довольно чутко реагируют на повышение концентрации химических элементов в окружающей среде. Исследованиями многих авторов было показано, что при увеличении количества металлов в питательном растворе наблюдается увеличение их содержания в растительных тканях [11]. Нами исследовалось накопление тяжелых металлов растениями *Lemna minor* при концентрации металлов, которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной т.е, кадмия и свинец при 2 ПДК, медь при 5 ПДК, цинка при 10 ПДК. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях *Lemna minor* показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях (таблица 2). Полученные данные свидетельствуют о том, что за исследованный срок концентрация изучаемых элементов в модели с растениями значительно снизилась от первоначального уровня металлов.

Таблица 2 – Аккумуляция тяжелых металлов растениями *Lemna minor*

Тяжелый металл	Концентрация до начала эксперимента, мг/л	Концентрация в среде после эксперимента, мг/л	Концентрация в растениях после эксперимента, мг/л
Zn	1	0,13±0,02	0,86±0,05
Cu	0,5	0,16±0,004	0,33±0,03
Pb	0,06	0,012±0,006	0,046±0,02
Cd	0,002	0,0006±0,008	0,0012±0,02

Установлено, что минимальные концентрации металлов, при которых наблюдаются значимые и видимые изменения популяции ряски крошечной, составляют: для кадмия и свинца – 2 ПДК, для меди – 5 ПДК, для цинка – 10 ПДК. Концентрация кадмия в 5 ПДК привела к полной гибели растений, присутствие в среде 10 и 20 ПДК металла вызвало гибель практически всей популяции. Ионы свинца оказались намного токсичнее, чем ионы цинка и меди для растений. Цинк показал наименьшую токсичность для ряски крошечной из исследованных металлов. Полученный нами ряд токсичности металлов: Zn>Cu>Pb>Cd – в целом соответствует литературным данным. Обнаружено, что наличие окраски листочков и ее интенсивность могут служить индикаторами наличия в воде некоторых тяжелых металлов. Результаты анализа ТМ в исследованных нами растениях *Lemnaminog* показали, что почти все металлы проявляли тенденцию накапливаться в растительных тканях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Drost W., Matzke M., Backhaus T. Heavy metal toxicity to *Lemna minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure // *Chemosphere*. – 2007. – Vol. 67(1). – P. 36-42.
- [2] Mojiri A. Phytoremediation of heavy metals from municipal wastewater by *Typha domingensis* // *African Journal of Microbiology Research*. – 2012. – Vol. 6(3). – P. 643-647.
- [3] Khellaf N., Zerdaoui M. Growth response of the duckweed *Lemna gibba* L. to copper and nickel phytoaccumulation // *Ecotoxicology*. – 2010. – Vol. 19. – P. 1363-1368.
- [4] Singh D., Tiwari A., Gupta R. Phytoremediation of lead from wastewater using aquatic plants // *Journal of Agricultural Technology*. – 2012. – Vol. 8(1). – P. 1-11.
- [5] El-Kheir W.A., Ismail G., El-Nour F.A. et al. Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment // *International journal of agriculture & biology*. – 2007. – Vol. 9, N 5. – P. 681-687.
- [6] Медведев С.С. Физиология растений: учебник. – СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2004. – 336 с.
- [7] Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. О. П. Мелехова и Е. И. Егоровой. – М., 2007.
- [8] Воробьев В.Н. Практикум по физиологии и биохимии растений. Электрофизиология высших растений (внеклеточное отведение): Учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский университет, 2013. – 32 с.
- [9] Hooda V. Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water // *Journal of Environmental Biology*. – 2007. – N 28(2). – P. 367-376.
- [10] Dixit A., Dixit S., Goswami C.S. Process and plants for wastewater remediation: a review // *Scientific Reviews & Chemical Communications*. – 2011. – N 1(1). – P. 71-77
- [11] Kumar J. I. N., Soni H., Kumar R.N., Bhatt I. Macrophytes in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Water and Sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. *Turk // J. Fish. Aquat. Sci.* – 2008. – N 8. P. 193-200.

REFERENCES

- [1] Drost W. (2007) Heavy metal toxicity to *Lemna minor*: studies on the time dependence of growth inhibition and the recovery after exposure [Text] / W. Drost, M. Matzke, T. Backhaus // *Chemosphere*. 67(1): 36-42.
- [2] Mojiri, A. (2012) Phytoremediation of heavy metals from municipal wastewater by *Typha domingensis* [Text] / A. Mojiri // *African Journal of Microbiology Research* 6(3): 643-647.
- [3] Khellaf, N. (2010) Growth response of the duckweed *Lemna gibba* L. to copper and nickel phytoaccumulation [Text] / N. Khellaf, M. Zerdaoui // *Ecotoxicology*. 19:1363-1368.
- [4] Singh, D. (2012) Phytoremediation of lead from wastewater using aquatic plants [Text] / D. Singh, A. Tiwari, R. Gupta // *Journal of Agricultural Technology*. 8(1): 1-11.
- [5] Assessment of the efficiency of duckweed (*Lemna gibba*) in wastewater treatment (2007) / W. A. El-Kheir, G. Ismail, F. A. El-Nour et al. // *International journal of agriculture & biology*. 9. 5: 681-687.
- [6] Medvedev, S. S. (2004) *Fiziologija rastenij: uchebnik*. 336 (In Russian)
- [7] Melekhova O.P., Egorova E.I., Evseeva T.I. (2007) *Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy: bioindikacija i biotestirovanie*: (In Russian)

[8] Praktikum po fiziologii i biohimii rastenij. Jelektrofiziologija vysshih rastenij (vnekletnoe otvedenie) (2013) 32 (In Russian)

[9] Hooda, V. (2007) Phytoremediation of toxic metals from soil and waste water // Journal of Environmental Biology. 28(2): 367-376.

[10] Dixit, A. (2011) Process and plants for wastewater remediation: a review [Text] / A. Dixit, S. Dixit, C. S. Goswami // Scientific Reviews & Chemical Communications.1(1):71-77

[11] Kumar, J. I. N., H. Soni, R. N. Kumar, and I. Bhatt (2008). Macrophytes in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Water and Sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 8: 193- 200.

Б. К. Заядан, Н. Р. Акмуханова, А. К. Садвакасова, К. Болатхан, М. О. Бауенова, Д. К. Кирбаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

LEMNA MINOR ВЕГЕТАТИВТІ ӨСУІНЕ АУЫР МЕТАЛЛДАРДЫҢ ӘСЕРІ

Аннотация. Жұмыста Lemnaminor вегетативті өсуіне ауыр металлдардың әсері (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) зерттелді. Балдыршөп өсімдігінің популяциясында айтарлықтай өзгерістер бақыланатын минимальды концентрация: кадмий мен қорғасын үшін – 2 ШМК, мыс үшін – 5 ШМК, мырыш үшін – 10 ШМК құрайтыны анықталды. Кадмийдің концентрациясы 5 ШМК өсімдіктің толық өліміне, ал 10 және 20 ШМК популяцияның толық жойылуына алып келеді. Қорғасын иондары мыс пен мырышпен салыстарғанда өсімдіктерге улылығы жоғары болды. Зерттелген металдардан улылығы бойынша төменгі көрсеткішті мырыш көрсетті. Ауыр металлдардың токсинділігі келесі қатарды құрайды: $Zn > Cu > Pb > Cd$ – жалпы әдеби мәліметтерге сәйкес келеді. Өсімдік жапырақтарындағы түстің қарқындылығы мен болу болмауы ауыр металлдармен ластану деңгейін анықтауда индикатор қызметін атқара алатыны анықталды. Ауыр металлдарды талдау нәтижесінде зерттелген Lemna minor өсімдігі барлық металлдарды жинау тенденциясын көрсетті.

Түйін сөздер: ауыр металл, балдыршөп, индикатор, токсикант.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1629 (Online), ISSN 2224-5308 (Print)

<http://www.biological-medical.kz/index.php/ru/>

Редактор *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. М. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 20.03.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.