

**А.Т. Хусаинов, Г.Т. Кыздарбекова**

*Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан  
(E-mail: abil\_tokan@mail.ru, gulmira\_80\_01@mail.ru)*

**Экотоксикологическая оценка препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в черноземе обыкновенном и растениях льна масличного**

**Аннотация:** В данной статье приводятся результаты биоиндикации препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного, а также дается экотоксикологическая оценка применения препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного. Проводились лабораторные и полевые опыты. Объекты исследования: чернозем обыкновенный и лен масличный сорт Северный. Лабораторную всхожесть семян, длину проростков, длину подсемядольного колена определяли по Межгосударственному стандарту «Семена сельскохозяйственных культур» ГОСТ 12038-84. Содержание тяжелых металлов (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) и радионуклидов в почве и семенах льна масличного определяли методом инверсионной вольтамперометрии. Испытуемый препарат «Агробионов» оказывает стимулирующее воздействие на ростовые процессы в семенах льна масличного, а также содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах при применении различных доз от 100 до 500 кг/га препарата не превышало предельно допустимую концентрацию.

**Ключевые слова:** лен масличный, чернозем обыкновенный, препарат «Агробионов», тяжелые металлы, радионуклиды.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-129-4-69-74>

В настоящее время в мире делается упор на исследования тяжелых металлов в сельскохозяйственных почвах, так как именно от сельскохозяйственных почв поступает загрязненная продукция, отравляющая животных и человека. Тяжелые металлы не только негативно влияют на растения и на почвенно-грунтовые воды, но и на саму почву. Особенно восприимчивы к воздействию тяжелых элементов почвенные микроорганизмы [1].

Учитывая растущую экологическую напряженность, интерес к экологически чистым органическим удобрениям почв вырос многократно. Вместо внесения неорганических удобрений было предложено, в качестве полезного материала, внесение переработанных органических удобрений. Однако применение органических удобрений может привести к обогащению почвы тяжелыми металлами и несбалансированной обеспеченности питательными элементами [2].

Во всем мире золошлак считается опасным для окружающей среды, поскольку он обычно содержит органические загрязнители, токсичные металлы, такие как Se, As, В, Al, Pb, Hg, Cr, и радионуклиды - уран, торий. Но золошлак в своем составе содержит и полезные для растений оксиды и микроэлементы. Присутствие оксидов создает щелочную среду, а микроэлементы обеспечивают растения питательными веществами. Поэтому предлагается использовать его как удобрение в небольших дозах, а также в качестве мелиоранта, поскольку золошлак улучшает физико-химические и биологические свойства почв [3].

В растениях обнаружено более 70 химических элементов. Очевидно, что более точные и совершенные методы анализа позволят расширить круг элементов, входящих в состав растений. Ученым предстоит раскрыть физиологическую и биохимическую роль многих химических элементов, которые растения поглощают из почвы и накапливают в своем организме, в том числе и редкоземельных [4]. Профессор Ю.И. Ермохин на лугово-черноземной почве предлагает даже вносить йод в дозе 12 кг/га [5].

По всей вероятности, большинство элементов, входящих в состав препарата «Агробионов» могут быть полезными для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Цель данной статьи – дать экотоксикологическую оценку применения препарата «Агробионов» по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного.

В задачи исследования входили: провести биоиндикацию препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного; изучить влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах льна масличного.

В условиях Северного Казахстана на черноземе обыкновенном установлено влияние доз внесения препарата, состоящего из золотлака и технического углерода, на содержание тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях льна масличного. Применение препаратов «Агробионов» в оптимальных дозах повышает фитоактивность семян льна масличного и экологически безопасно.

#### **Объекты, условия и методика проведения исследования**

Объекты исследования: чернозем обыкновенный, лен масличный сорт Северный.

Предмет исследования: препарат АгроБионов в порошковом виде, в состав которого входит низкокальциевая зола уноса каменных углей Экибастузского происхождения, технический углерод. Химический состав золы уноса углей Экибастузского месторождения:  $\text{SiO}_2$  62,9%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  6,35%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  26,35%,  $\text{CaO}$  1,9%  $\text{MgO}$  0,9%,  $\text{SO}_3$  1,2%,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,23%. Макро- и микроэлементный состав золы представлен следующими элементами по убыванию:  $\text{K} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Sn} > \text{As} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Hg}$ . Углерод технический состоит из углерода более чем на 99% (Сарсенова А.А. 2013).

Для решения поставленных задач нами были заложены следующие лабораторные и полевые опыты:

Лабораторный опыт «Биоиндикация препарата «Агробионов» по физиологическим параметрам семян льна масличного» заложен в 4-х кратной повторности по следующей схеме: 1) контроль – дистиллированная вода; 2) 0,1% раствор водной суспензии; 3) 1,0% раствор водной суспензии; 4) 2,5% раствор водной суспензии; 5) 5,0% раствор водной суспензии; 6) 7,5% раствор водной суспензии; 7) 10,0% раствор водной суспензии.

Лабораторную всхожесть семян, длину проростков, длину подсемядольного колена определяли по Межгосударственному стандарту «Семена сельскохозяйственных культур» ГОСТ 12038-84.

Полевые исследования проводились на опытном поле учебно-научно-производственного центра "Элит" Кокшетауского государственного университета имени Ш. Уалиханова.

"Экотоксикологическая оценка доз внесения препарата "Агробионов" по содержанию тяжелых металлов и радионуклидов в почве и семенах льна масличного» заложен в 4-х кратной повторности по следующей схеме: 1) контроль без применений удобрения; 2) P10 (1/10 от расчетной дозы), фон; 3) фон + 100 кг/га; фон + 300 кг/га; фон + 500 кг/га; под предпосевную обработку почвы. Площадь делянки -125 м<sup>2</sup>; учетная площадь -100м<sup>2</sup>. Образцы почв в слое 0-40см брали летом и осенью после уборки урожая.

В опытах проведены следующие наблюдения:

- содержание тяжелых металлов (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) и радионуклидов в почве и семенах льна масличного методом инверсионной вольтамперометрии.

В пахотном слое почвы содержится 6,1% гумуса, 46,0 мг/кг легкогидролизуемого азота, 17,0 мг/кг подвижного фосфора и 582 мг/кг обменного калия. Реакция почвенного раствора слабокислая, близка к нейтральной (рН – 6,1). На основании данных были рассчитаны дозы препарата из золотлака и наноглерода, а также минеральных удобрений под лен масличный обеспечивающие восполнение данных элементов.

**Результаты и их обсуждение.** Биотестирование показало, что препарат «Агробионов» в малых концентрациях (0,1-5,0%) оказывает стимулирующее воздействие на ростовые процессы в семенах льна масличного. При этом установлено повышение лабораторной всхожести семян до 89-97% (на контроле 88,0 %); увеличение длины подсемядольного колена до 64-80 мм (на контроле 55 мм) и длины корешков до 50-79 мм (на контроле 46 мм); возрастание массы проросших семян до 0,9-1,6 грамм (на контроле 0,6 грамм).

С повышением концентрации водной суспензии до 7,5-10% физиологические показатели прорастания семян льна масличного снижались: лабораторная всхожесть составила 91,5 и 90,0%; длина подсемядольного колена 67 и 62 мм; длина корешков и масса проросших семян также существенно снижались.

В результате положительного влияния концентрации раствора препарата от 0,1 до 5,0% здесь установлено соответствующее повышение индекса фитоактивности с 1,09 до 1,43, то есть повысился на 43% по сравнению с контролем, а с повышением концентрации до 7,5 и 10,0% индекс фитоактивности снизился до 1,16 и 1,11% (рис.1).

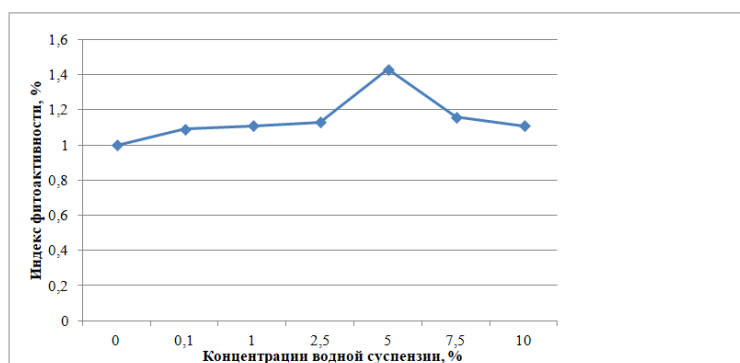


Рисунок 1 – Влияние концентрации водной суспензии препарата из золошлака и технического углерода на индекс фитоактивности семян льна масличного

Экотоксикологическая оценка доз внесения препарата «Агробиионов» показала, что на удобренных вариантах содержание свинца в почве составляет на уровне контроля от 7,5 мк/кг – 7,6 мк/кг. Уровень накопления кадмия в почве также варьируется в пределах контроля: 0,16 мк/кг - 0,18 мк/кг. С увеличением дозы препарата накопление меди в почве даже уменьшается на 0,5 мк/кг - 1,1 мк/кг (на контроле 7,4 мк/кг). Накопление цинка в почве на удобренных вариантах тоже снижается 18,0 мк/кг -19,6 мк/кг по сравнению с контролем 20,4 мк/кг (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние доз внесения препарата «Агробиионов» на содержание тяжелых металлов в черноземе обыкновенном, мг/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Rb	Cd	Cu	Zn
1	контроль	7,5	0,16	7,4	20,4
2	1/10 P <sub>10</sub> - фон	7,2	0,18	6,7	19,1
3	фон + 100 кг/га	7,6	0,16	6,8	18,9
4	фон + 300 кг/га	7,6	0,16	6,3	18,0
5	фон + 500 кг/га	7,6	0,16	6,9	19,6

Содержание цезия - 132 на контроле - составило 3,8 Бк/кг, а на удобренных вариантах уровень его резко снижался до 1,2 Бк/кг -3,1 Бк/кг. По содержанию калия-40 удобренные варианты также существенно не отличались от контроля. Содержание тория-232 на контроле составило 29,0 Бк/кг, а на удобренных вариантах значение тория превышает контрольный вариант – 0,36-0,90 Бк/кг. Содержание радия-226 на контроле составило 34,5 Бк/кг, а на вариантах внесения препарата содержание его снизилось до 27,2-32,1 Бк/кг, лишь на варианте фон+500кг/га увеличивается на 1,7 Бк/кг. Содержание стронция-90 в почве вообще не обнаружено (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание радионуклидов в черноземе обыкновенном, Бк/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Cs-132	K-40	Th-232	Ra-226	Sr-90
1	контроль	3,8	574,0	29,0	34,5	0,00
2	1/10 P <sub>10</sub> - фон	1,2	485,0	36,4	32,1	0,00
3	фон + 100 кг/га	2,3	588,0	32,6	27,2	0,00
4	фон + 300 кг/га	3,1	512,8	38,0	27,7	0,00
5	фон + 500 кг/га	2,6	428,5	32,7	36,2	0,00

Содержание свинца в семенах льна масличного варьирует в пределах 0,12-0,21 мг/кг, (на контроле 0,15 мг/кг), однако это количество не столь велико в сравнении с ПДК – 1,0 мг/кг. Уровень накопления кадмия находился в пределах 0,03 - 0,06 мк/кг (на контроле – 0,05 мк/кг); меди - 9,4-10,4 мк/кг (на контроле 10,6 мк/кг); цинка 31,1 - 40,0 мк/кг (на контроле 33,5 мк/кг). То есть колебания незначительные, в зависимости от дозы внесения препарата "Агробионов" (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание тяжелых металлов в семенах льна масличного, мг/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Rb	Cd	Cu	Zn
1	контроль	0,15	0,05	10,6	33,5
2	1/10 P <sub>10</sub> - фон	0,12	0,04	10,7	37,0
3	фон + 100 кг/га	0,15	0,06	10,0	40,0
4	фон + 300 кг/га	0,21	0,03	9,4	25,0
5	фон + 500 кг/га	0,16	0,04	10,4	31,1

Содержание цезия-132 в семенах на контроле составило 0,25 Бк/кг, а на удобренных вариантах превышало контроль - 0,95-4,90 Бк/кг. Содержание стронция-90 составило на контроле 0,00 Бк/кг, на вариантах 1/10 P<sub>10</sub>-фон 1,72 Бк/кг и фон+300 кг/га - 0,29 Бк/кг, то есть выше, чем на контроле (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние доз внесения препарата «Агробионов» на содержание радионуклидов в семенах льна масличного, Бк/кг (среднее за 2018-2019 гг.)

№	Вариант	Cs-132	Sr-90
1	контроль	0,25	0,00
2	1/10 P <sub>10</sub> - фон	4,0	1,72
3	фон + 100 кг/га	0,00	0,00
4	фон + 300 кг/га	1,2	0,29
5	фон + 500 кг/га	5,2	0,00

Thaneshwar Kumar, K Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar отмечают, что золошлак может использоваться в сельском хозяйстве, так как в нем содержатся почти все питательные вещества, необходимые для нормального роста и развития растений. Прежде всего золошлак вносится как минеральное удобрение, которое улучшает свойства почв. Хотя применение золошлака в сельском хозяйстве имеет много преимуществ, есть и некоторые недостатки, которые могут вызвать загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами. Поэтому необходимо регулярно контролировать пороговое значение содержания тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях [6].

G.R. Rajakumar, S.V. Patil (2019) утверждают, что использование золошлака на черноземной почве из расчета 30т/га улучшило рост и урожай подсолнечника [7]. По данным А.К. Муханбет, А.Т. Хусаинова, С.З. Елюбаева, А.М. Балгабаева выявлено, что применение различных видов отходов промышленности (золошлака, фосфогипса) на черноземных почвах Северного Казахстана в качестве удобрения не представляет экологической опасности и не превышает уровня ПДК [8]. Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K. считают, что лен является культурой, подходящей для выращивания в промышленно загрязненных регионах - он удаляет значительное количество тяжелых металлов из почвы своей корневой системой и может использоваться в качестве потенциальной культуры для очистки почвы от тяжелых металлов [9].

**Заклучение.** Результаты биотестирования и экотоксикологическая оценка показали экологическую безопасность применения препарата «Агробионов» для удобрения чернозема обыкновенного в дозах 100 – 500 кг/га на посевах льна масличного.

### Список литературы

- 1 Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая безопасность (аналитический обзор) // Почвоведение. - 2013. - №7 - С. 872-881.
- 2 Khan M.N., Mobin M., Abbas Z.K., Alamri S.A., Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater // Encyclopedia of the Anthropocene -2018.- Vol 5, 2018. -P. 225-240 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>
- 3 Hemlata P.Jambhulkar Siratun Montaha S.Shaikh, M. Suresh Kumar Fly ash toxicity, emerging issues and possible implications for its exploitation in agriculture // Indian scenario: A review. Chemosphere -2018 Vol 213, 20 P. 333-344. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.045>
- 4 Протасова Н.А., Беляева А.Б. Химические элементы в жизни растений // Соросовский образовательный журнал, 2001. Том.7, №3 С.25-32.
- 5 Ермохин Ю.И., Красницкий В.М. Введение йода в систему: почва-растение-идентификация ответной реакции растений по изменению содержания макро- и микроэлементов // Материалы международной научно-практической конференции "Современные достижения в экологии, почвоведении и земледелии". - 2020. - С.544-554.
- 6 Thaneshwar Kumar, K. Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar, Review on effect of fly ash on heavy metals status of soil and plants. International Journal of Chemical Studies 2017. 5(4): P. 11-18
- 7 Rajakumar G.R., Patil S.V., Effect of Fly Ash on Growth and Yield of Crops with Special Emphasis on Heavy Metals and Radionuclides. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 2019. 8(8): P. 127-137 <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.808.016>
- 8 Муханбет А.К., Хусаинов А.Т., Елюбаев С.З., Балгабаев А.М. Экологическая безопасность применения альтернативных видов удобрений на черноземных почвах Северного Казахстана // Известия НАН РК, серия аграрных наук. - 2016. - №5(35). - Алматы. - С. 85-89.
- 9 Angelova, V, Ivanova R, Delibaltova, V, Ivanov K Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). Industrial Crops Products. 2004. Vol. 19. P.197–205.

А.Т. Хусаинов, Г.Т. Кыздарбекова

*Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Көкшетау, Қазақстан*

**Қара топырақ және майлы зығыр өсімдіктерінде «Агробионов» препаратын ауыр металдар мен радионуклидтер құрамы бойынша экотоксикологиялық бағалау**

**Аңдатпа.** Мақалада майлы зығыр тұқымдарының физиологиялық параметрлері бойынша «Агробионов» препаратының биоиндикация нәтижелері келтірілген, сонымен қатар топырақта және майлы зығыр өсімдіктерінде «Агробионов» препаратын қолданудағы ауыр металдар мен радионуклидтер құрамы бойынша экотоксикологиялық бағасының нәтижелері көрсетілген. Зертханалық және танаптық тәжірибелер жүргізілді. Зерттеу объектілері ретінде кәдімгі қара топырақ және майлы зығырдың "Северный" сорты алынды. Тұқымдардың зертханалық өнгіштігін, өскіндер ұзындығын, тұқымасты жарнағының ұзындығын ГОСТ 12038-84 «Ауыл шаруашылық дақылдарының тұқымдары» Халықаралық мемлекеттік стандарты бойынша анықтадық. Топырақтағы және майлы зығыр тұқымдарындағы ауыр металдар (ГОСТ 50686-94-ГОСТ 50683-94) мен радионуклидтер құрамын инверсионды вольтамперометрия әдісі арқылы анықтадық. Сынауға алынған «Агробионов» препараты майлы зығыр тұқымдарындағы өсу процестеріне ынталандыру әсерін тигізеді, сонымен қатар осы препараттың әртүрлі 100-ден 500-ге дейін кг/га мөлшерлерін қолдану топырақ пен тұқымдардағы ауыр металдар мен радионуклидтер құрамының шектеулі жіберілетін концентрациясын жоғарылатпайтыны анықталып отыр.

**Түйін сөздер:** майлы зығыр, кәдімгі қара топырақ, «Агробионов» препараты, ауыр металдар, радионуклидтер.

А.Т. Khusainov, G.T. Kyzdarbekova

*Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanova, Kokshetau, Kazakhstan*

**Ecotoxicological evaluation of the preparation "Agrobionov" on the content of heavy metals and radionuclides in black earth of common and oil flax plants**

**Abstract.** This article presents the results of bioinduction of "Agrobionov" product to the physiological parameters of oil flax seeds, and also provides an ecotoxicological assessment of "Agrobionov" product usage according to the content of heavy metals and radionuclides in the soil and oil flax plants. Laboratory and field experiments were carried out. The objects of study are ordinary in black earth of common and flax oilseed variety "Severny". Laboratory germination of seeds, the length of seedlings, the length of the submuscular knee was determined according to the Interstate standard "Seeds of agricultural crops" SAUS 12038-84. The content of heavy metals (SAUS 50686-94-SAUS 50683-94) and radionuclides in the soil and seeds of oil flax was determined by inversion voltammetry. The test "Agrobionov" product has a stimulating effect on the growth processes in oilseed flax seeds, as well as the content of heavy metals and radionuclides in the soil and seeds when using various doses from 100 to 500 kg / ha of the product did not exceed the maximum permissible concentration.

**Keywords** oil flax, black earth of common, "Agrobionov" product, heavy metals, radionuclides.

## References

- 1 Vodyanitsky Yu.N. [Zagryazneniye pochv tyazhelymi metallami i metalloidami i ikh ekologicheskaya bezopasnost' (analiticheskiy obzor)], [Soil pollution with heavy metals and metalloids and their environmental safety (analytical review)], Pochvovedeniye, 7, 872-881(2013).
- 2 Khan M.N., Mobin M., Abbas Z.K., Alamri S.A. Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater, Encyclopedia of the Anthropocene, 5, 225-240(2018) [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>
- 3 Hemlata P. Jambhulkar, Siratun Montaha S. Shikh, M. Suresh Kumar, Fly ash toxicity, emerging issues and possible implications for its exploitation in agriculture; Indian scenario: A review. Chemosphere, 213, 333-344(2018). [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.045>
- 4 Protasova N.A., Belyaeva A.B. Khimicheskiye elementy v zhizni rasteniy [Chemical elements in plant life], Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal, vol. 7, 3, 25-32(2001) [in Russian].
- 5 Ermokhin Yu.I., Krasnitsky V.M., Vvedeniye yoda v sistemu: pochva-rasteniye-identifikatsiya otvetnoy reaktsii rasteniy po izmeneniyu soderzhaniya makro i mikroelementov [Introduction of iodine to the system: soil-plant-identification of the plant response by changing the content of macro and microelements], Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennyye dostizheniya v ekologii, pochvovedenii i zemledelii" [Materials of the international scientific-practical conference "Modern achievements in ecology, soil science and agriculture"], 2020, P. 544-554.
- 6 Thaneshwar Kumar, K Tedia, Vinay Samadhiya and Rahul Kumar, Review on effect of fly ash on heavy metals status of soil and plants. International Journal of Chemical Studies, 4, 11-18(2017)
- 7 Rajakumar G.R., Patil S.V., Effect of Fly Ash on Growth and Yield of Crops with Special Emphasis on Heavy Metals and Radionuclide's. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 8, 127-137(2019) [Electronic resource]. Available at: <https://doi.org/10.20546/ijcmas>
- 8 Makhanbet A.K., Khusainov A.T., Elyubaev S.Z., Balgabaev A.M. Ekologicheskaya bezopasnost' primeneniya al'ternativnykh vidov udobreniy na chernozemnykh pochvakh Severnogo Kazakhstana [Ecological safety of the use of alternative types of fertilizers on chernozem soils of Northern Kazakhstan], Izvestiya NAN RK, seriya agrarnykh nauk [Izvestiya NAS RK, a series of agricultural sciences], 5(35), 85-89(2016)
- 9 Angelova V., Ivanova R., Delibaltova V., Ivanov K. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fiber crops (flax, cotton and hemp). Industrial Crops Products, vol. 19, 197-205(2004).

### Сведения об авторах:

*Хусаинов А.Т.* - доктор биологических наук, профессор КГУ им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

*Кыздарбекова Г.Т.* - докторант 3 курса специальности "6D060800 "Экология" КГУ им. Ш. Уалиханова, ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан.

*Khusainov A.* Doctor of Biological Sciences, Professor of Sh. Ualikhanov Koshetau University, Abaya 76 st., Kokshetau, Kazakhstan.

*Kyzdarbekova G.* 3-year doctoral student of the specialty 6D060800 «Ecology» Ualikhanov Koshetau University, Abaya 76 st., Kokshetau, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 28.11.2019