

25.00.36
УДК 574.24

ГЕОЭКОЛОГИЯ

**Бондарь Е.В.,
Харина Е.И.,
Гандрабурова Н.И.,
Антонова А.В.,
Ставицкая А.А.**

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия; euphorbia@mail.ru;
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – КЛЕВЕР» И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МИКРОБНЫЙ ЦЕНОЗ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

DOI 10.37493/2308-4758.2021.2.9

Введение.

В статье затронуты вопросы экологической безопасности окружающей среды. Проведен анализ содержания тяжелых металлов в системе «почва-клевер» в условиях городской среды. Результаты анализа позволили выявить уровни аккумуляции тяжёлых металлов в подземной части клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) (произрастающего в условиях городской среды с высокой степенью техногенной нагрузки), а также установить их влияние на микробный ценоз почвы.

Материалы и методы исследований.

Методика отбора проб осуществлялась согласно Методическим указаниям по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Исследование включало оценку интенсивности биологического поглощения элементов и показатель биохимической активности. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием прикладных программных пакетов «Statistica for Windows», версия 6.0, и программного продукта «Microsoft Excel 2016». Микробиологический анализ проводился согласно нормативным документам. Подсчет выросших колоний осуществлялся с помощью счетчика колоний Scan 300 Interscience. Для анализа результатов применяли методы математической статистики.

Результаты исследований и их обсуждение.

Согласно полученным данным наиболее распространёнными загрязнителями в условиях городской среды являются такие металлы как Ni, Cd, Pb, Cu, Mn. Однако данные значения этих тяжелых металлов в корневой части клевера не превышают значения ПДК и ОДК в почве. Микробиологический анализ показал, что повышенные концентрации никеля и железа угнетают рост *Rhizobium trifolii*, а различные концентрации кадмия и марганца стимулируют рост бактериальной культуры.

Выводы.

Полученные значения тяжелых металлов в корневой части клевера не превышают фонового содержания в почвах города, а значит, корневая система блокирует поступление тяжёлых металлов в растение. Установлен различный характер влияния тяжелых металлов на азотфиксирующие микроорганизмы. Повышенные концентрации таких тяжёлых металлов как кадмий и марганец, оказывают стимулирующее действие на рост *Rhizobium trifolii*. При действии никеля и железа на данный микроорганизм отмечено угнетающее действие. Высокие концентрации этих металлов резко подавляют рост азотфиксирующих бактерий, что в дальнейшем может отразиться на плодородии почвы. Тяжёлые металлы, клевер луговой, азотфиксирующие бактерии, почвенный микробиоценоз, культивирование микроорганизмов.

Ключевые слова:

Bondar E.V. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Kharina E.I. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Gandraburova N.I. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Antonova A.V. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;
Stavitskaya A.A. North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Features of the Accumulation of Heavy Metals in the “Soil-Clover” System And Their Influence on the Microbial Price of Soil in the Conditions of the Urban Environment

Introduction. The article touches upon the issues of ecological safety of the environment. The analysis of the content of heavy metals in the soil-clover system in an urban environment has been carried out. The results of the analysis made it possible to identify the levels of accumulation of heavy metals in the underground part of the red clover (*Trifolium pratense* L.) (growing in an urban environment with a high degree of technogenic load), as well as to establish their influence on the microbial cenosis of the soil.

Materials and methods of the research. Methods of sampling carried out in accordance with the Methodical instructions for the determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production. The study included evaluation of absorption intensities biological indicator elements and biogeochemical activity. Statistical analysis of the results was carried out with the use of application software package «Statistica for Windows», version 6.0, and the software «Microsoft Excel 2016». Microbiological analysis was carried out in accordance with regulatory documents. Counting of grown colonies was carried out using a Scan 300 Interscience colony counter. Methods of mathematical statistics were used to analyze the results.

The results of the study and their discussion. According to the data obtained, the most common pollutants in the urban environment are metals such as Ni, Cd, Pb, Cu, Mn. However, the data values of these heavy metals in the root portion of clover does not exceed the value of MACs and MPCs in the soil. Microbiological analysis showed that increased concentrations of nickel and iron inhibit the growth of *Rhizobium trifolii*, and different concentrations of cadmium and manganese stimulate the growth of bacterial culture.

Conclusions. The resulting values for heavy metals in the root of the clover did not exceed the background content in the soils of the city, which means that the root system blocks the flow of heavy metals in the plant. The different nature of the influence of heavy metals on nitrogen-fixing microorganisms has been established. Increased concentrations of heavy metals such as cadmium and manganese stimulate the growth of *Rhizobium trifolii*. Under the action of nickel and iron on this microorganism, a depressing effect is noted. High concentrations of these metals dramatically inhibit the growth of nitrogen-fixing bacteria, which may further affect soil fertility.

Key words: heavy metals, red clover, nitrogen-fixing bacteria, soil microbiocenosis, cultivation of microorganisms.

Введение

На сегодняшний день во всем мире одной из актуальных проблем является изучение антропогенного воздействия на почву. Почва – экологическая среда в которой формируется особый тип биоценоза, в основе которого лежит корневая система растений и почвенный микробиоценоз. Почва является индикатором общей техногенной обстановки. Загрязнения поступают в почву с атмос-

ферными осадками, поверхностными отходами, почвенными породами и подземными водами. Сегодня среди основных загрязнителей на второе место по степени опасности вышли тяжелые металлы, уступая пестицидам. Почва является основной средой, в которую попадают тяжелые металлы.

Высокий техногенный пресс испытывают городские почвы, составной частью которого является загрязнение тяжелыми металлами. Повышенное внимание к этой проблеме связано еще с тем, что быстрое самоочищение почв в условиях высокой антропогенной нагрузке крайне затруднено, а в ряде случаев невозможно. В современных условиях все больше внимания уделяется экологическим способам очищения почв таким как, биоремедиация, что является одним из экономически эффективных методов рекультивации почв. Blaylock, Salt, Dushenkov [6] сообщили об экономии от 50% до 65% при использовании биоремедиации для обработки 1 акра загрязненной Pb почвы по сравнению со случаем, когда для той же цели использовался обычный метод.

Биоремедиация тяжелых металлов может быть достигнута с помощью микроорганизмов, растений или их комбинации. Она подходит, когда загрязняющие вещества покрывают большую площадь и когда тяжелые металлы находятся в пределах корневой зоны растения [5].

Особое значение в этом контексте приобретают знания уровней и степени накопления тяжелых металлов в живых организмах [1, 3, 4].

Цель исследования – выявить уровни аккумуляции тяжелых металлов в подземной части клевера лугового (*Trifolium pratense L.*) (произрастающего в условиях городской среды с высокой степенью техногенной нагрузки), а также установить их влияние на микробный ценоз почвы.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в течении 2020 года. Сбор образцов почвы и сырья осуществлялся на территории трех районов города Ставрополь (Ленинского, Промышленного и Октябрьского).

Всего было отобрано 32 растительных (отбиралась подземная часть растений) и столько же почвенных проб. Для изучения взаимосвязи в системе «почва – растение» в непосредственной близости от корневых систем растений отбирали почву.

Объектами исследований послужили: клевер луговой (*Trifolium pratense*) произрастающий как монокультура на газонах города, почвы и почвенный микробоценоз. Выбор клевера как объекта исследования обусловлен тем, что он близок требованиям, предъявляемым к биологическому индикатору: имеет высокую сорбционную способность и накапливает биологический азот с помощью клубеньковых бактерий, расположенных на корнях в верхней части ризосферы.

Биологическое состояние загрязненных почв оценивается по жизнеспособности почвенных микроорганизмов, которые играют большую роль и в миграции тяжелых металлов в почве.

Сбор почвы и сырья осуществлялся в октябре 2020 года на территории города Ставрополь. Места отбора проб (площадки) относятся к газонам, на которых произрастает только клевер луговой (*Trifolium pratense*). Территории имеют разную степень техногенной нагрузки (табл. 1, рис. 1).

Для оценки интенсивности биологического поглощения элементов рассчитали коэффициент биологического поглощения (КБП) по формуле 1:

$$\text{КБП} = C/C_{\text{ф}}, \quad (1)$$

где C – содержание элемента в растительном образце (мг/кг),
 $C_{\text{ф}}$ – его фоновое содержание в почве (мг/кг).

Чтобы определить общую способность клевера к накоплению выбранных микроэлементов использовали показатель биогеохимической активности (БХА):

$$\text{БХА} = \sum \text{КБП}, \quad (2)$$

Исследования проводились на базе НУЛ «Экоаналитическая лаборатория» кафедры «Экологии и природопользова-

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТ ОТБОРА ПРОБ И СЫРЬЯ
Table 1. Characteristics of sampling sites and raw materials

№ площадки	Район отбора проб	Координаты	Степень техногенной нагрузки
1	ул. Завокзальная, район ж/д вокзала (многоэтажная застройка)	45.059174, 41.998937	средняя
2	ул. Заводская, район концентрации производственных предприятий (промышленная зона)	45.058227, 42.006701	средняя
3	река Мамайка (район дачных участков)	45.031786, 42.066134	низкая
4	ул. Октябрьская (многоэтажная застройка с автомобильной развязкой)	45.077557, 41.939931	высокая

ния» института наук о Земле и базовой кафедры «Микробиологии» института живых систем Северо-Кавказского федерального университета.

Пробоподготовка и определение тяжёлых металлов (Cu, Pb, Cd, Ni, Mn в почве) и в клевере проводились в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» [2] и с помощью атомно-абсорбционного спектрометра с атомизацией в пламени iCE 3300 (ThermoScientific, США). Результатом измерений является величина атомного поглощения элемента, полученная в абсорбционном режиме с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Выделение и идентификацию почвенных микроорганизмов проводили по общепринятым методикам. Для установления влияния обнаруженных тяжелых металлов на рост и культуральные свойства азотфиксирующих бактерий была выделена культура *Rhizobium trifolii* с корневища Клевера лугового (*Trifolium pratense L.*), собранного с экспериментальной площадки.

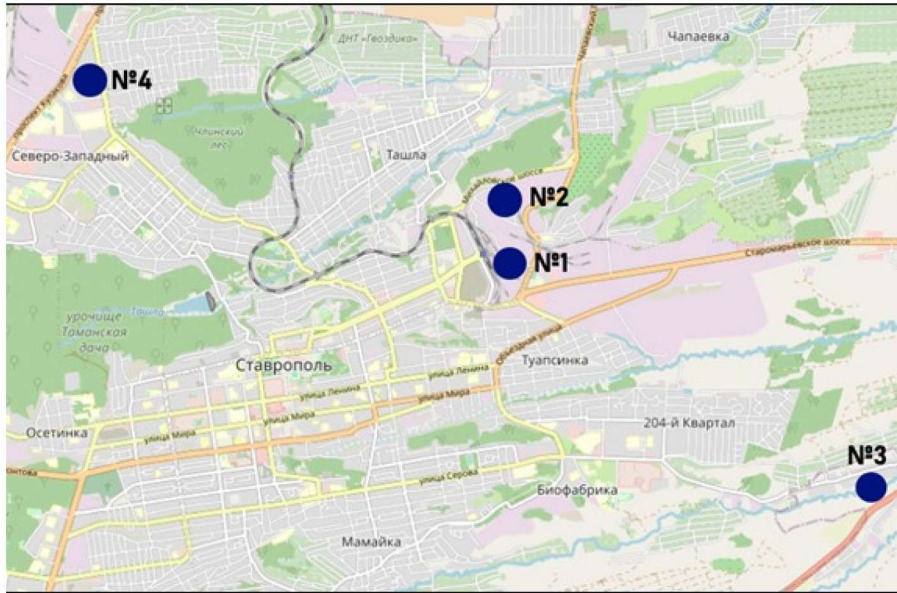


Рис. 1.

Расположение площадок отбора проб в г. Ставрополь
(<https://openstreetmap.ru/#map=13/45.0758/42.0262>).

Fig. 1. Location of sampling sites in Stavropol.

Для ее выделения отбирали растения с хорошо развитой корневой системой и наличием активных клубеньков. Активность клубеньков при отборе образцов определяли визуально - образование в клубеньках леглобина придает им красновато-розовую окраску на срезе. Неактивные клубеньки, напротив, имеют коричневую или зеленоватую окраску.

Из отобранных образцов выполнили посев на питательную среду (бобовый агар), инкубировали в термостате при температуре +28°C в течение пяти суток. При идентификации установлено, что выделенная культура относится к *Rhizobium trifolii*. Далее проводили выделение чистой культуры и непосредственно эксперимент.

Для проведения исследования использовали метод посева в питательную среду. Суспензию микроорганизмов для посева готовили используя СО мутности Мак-Фарланда (McF). Для посева использовали среды с добавлением разных концентраций тяжелых металлов. Культивирование экспериментальных образцов осуществляли в аэробном термостате при температуре +28 °С. Результаты эксперимента учитывали через каждые 12 часов, в течение пяти суток. Достоверные результаты получены через 48 ч инкубирования и представлены в таблице 5. Подсчет выросших колоний осуществлялся с помощью счетчика колоний Scan 300 Interscience. Эксперимент проводили в десятикратной повторности.

Статистическая обработка полученных результатов исследований проводилась с использованием прикладных программных пакетов «Statistica for Windows», версия 6.0, и программного продукта «Microsoft Excel 2016».

Результаты исследований их обсуждение

Исследования корневой части клевера лугового (*Trifolium pratense*) с четырёх пробных площадок (рис. 1) показали наличие Ni, Cd, Pb, Cu, Mn, т.к. эти металлы являются наиболее распространёнными загрязнителями в условиях городской среды. Полученные результаты отражены в таблице 2.

Полученные значения тяжелых металлов в корневой части клевера не превышают значения ПДК и ОДК в почве.

Таблица 2. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРНЕВОЙ ЧАСТИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*Trifolium pratense* L.) И ПОЧВЕ
Table 2. The content of heavy metals in the root portion of red clover (*Trifolium pratense* L.) and in soil

№ площадки	Pb	Cu	Cd	Ni	Mn
	1 класс опасности	2 класс опасности	2 класс опасности	2 класс опасности	3 класс опасности
КОРНЕВАЯ ЧАСТЬ					
1	0,2± 0,003	0,67± 0,03	0,355± 0,7	11,56± 0,41	21,03± 0,002
2		0,335± 0,02	0,55± 0,06	5,87± 0,02	5,93± 0,005
3		0,74± 0,03	0,31± 0,07	18,045± 0,3	14,13± 0,06
4		0,51± 0,03	0,385± 0,02	11,875± 0,44	16,825± 0,005
ПОЧВА					
1	8,68± 0,31	0,24± 0,01	1,39± 0,1	40,28± 1,2	35,13± 0,02
2	13,7± 0,72	0,59± 0,03	0,71± 0,1	210,8± 1,5	73,69± 0,7
3	8,06± 0,29	0,26± 0,009	0,59± 0,1	516± 3,2	90,64± 0,6
4	0,99± 0,03		0,65± 0,1	43,23± 1,2	10,6± 0,02
ПДК	6,0	3,0			
ОДК			2,0	80	1500

Примечание: классы опасности представлены по ГОСТ 17.4.1.02–83. Значения ПДК (ГН 2.1.7.2041. – 06) и ОДК для почв с pH КС1 > 5,5 (ГН 2.1.7.2511 – 09).

Таблица 3. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И БХА В КОРНЕВОЙ ЧАСТИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*Trifolium pratense L.*)
Table 3. The values of the coefficients of biological absorption and BAC in the root portion of red clover (*Trifolium pratense L.*)

№ площадки	Pb	Cu	Cd	Ni	Mn	БХА
1	0,02	2,79	0,26	0,29	0,60	3,96
2		0,57	0,78	0,03	0,08	1,45
3		2,85	0,53	0,04	0,16	3,56
4						0

По свинцу в почве значения превышают ПДК на трех участках: на первом – в 1,45 ПДК, на втором – в 2,28 ПДК, на третьем – в 1,34 ПДК.

Превышение ОДК по никелю зафиксировано на второй площадке в 2,64 ОДК, на третьей площадке – в 6,45 ОДК.

Самым распространённым методом оценки интенсивности биологического поглощения элементов является их отношение в золе растений к содержанию в питающей среде – материнских породах, почвах, водах. Для этого был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП) по формуле (1) и показатель биогеохимическая активность (БХА) по формуле (2) (табл. 3).

Представленные в таблице 3 тяжелые металлы распределяются по рядам биологического накопления клевером следующим образом: медь – элемент сильного биологического накопления (10 п), свинец, кадмий, никель, марганец – элементы слабого и очень слабого захвата (< 0,0 п).

Для изучения влияния разных концентраций тяжелых металлов на культуры азотфиксирующих бактерий были выбраны 3 различные концентрации выявленных металлов: обнаруженные в эксперименте фактически концентрации в подземной части растения, предельно допустимые концентрации и превышающие ПДК в 2 раза (табл. 4). Подбор таких концентраций связан с повышенной

Таблица 4. КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, ВЗЯТЫЕ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА
Table 4. Concentrations of heavy metals for the experiment

Номер образца	Степень концентрации Тяжёлые металлы	Показатели концентрации, мг/кг			
		Ni	Cd	Fe	Mn
1	Результаты полученные в ходе эксперимента	0,39	0,67	5,16	0,29
2	ПДК в почве	4	2	200	1500
3	Превышение ПДК в 2 раза	8	4	400	3000

Таблица 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
МЕТАЛЛОВ НА RHIZOBIUM TRIFOLIИ
Table 5. Results of the effect of various concentrations of metals
on Rhizobium trifolii

Тяжелый металл Степень концентрации	Количество колоний $X \pm m_x(n)$			
	Никель (Ni)	Кадмий (Cd)	Железо (Fe)	Марганец (Mn)
1. Фактическое содержание в подземной части <i>Trifolium-pratense</i> L.	302,2±10	412,1±24	273,7±18	332,9±15
2. ПДК в почве	211,4±9	854,3±30	70,9±11	512,2±24
3. Превышение ПДК в 2 раза	180,2±8	938,3±36	24,8±4	608,6±28
4. Контроль	323,2±9	323,2±9	323,2±9	323,2±9

Примечание: X – среднее значение количества колоний;
 m_x – относительная погрешность измерения.

антропогенной нагрузкой на почвы, что вызывает увеличение количества тяжелых металлов в почве.

Анализ результатов исследования показал, что никель и железо оказывают на *Rhizobium trifolii* угнетающее действие без изменения культуральных признаков. Так количество колоний на питательной среде, содержащей никель в предельно допустимой концентрации в 1,5 раза меньше, чем на контрольных чашках, а в дозе превышающей ПДК в 1,8 раз меньше контроля. Количество колоний на питательной среде, содержащей железо в предельно допустимой концентрации в 4,5 раза меньше контроля, в дозе превышающей ПДК меньше в 13 раз.

При действии различных концентраций кадмия и марганца отмечено усиление роста бактериальной культуры, также без изменения культуральных признаков (стимулирующее действие). На питательной среде, содержащей Cd в предельно допустимой концентрации колоний *Rhizobium trifolii* больше в 2,7 раз, а на содержащей Mn в 1,6 раз, чем в контроле. Количество колоний в чашках, содержащих Cd и Mn в дозах превышающих ПДК больше, чем в контроле в 3 и 2 раза соответственно.

Выводы

Полученные значения тяжелых металлов в корневой части клевера не превышают значения ПДК и ОДК в почве.

В то время как в почве отмечены превышение значений по свинцу на трех площадках наибольший показатель зафиксирован на 2 площадке, где превышение составило 2,28 ПДК.

Превышение значение ОДК в почве по никелю зафиксировано на второй площадке и третьей площадках соответственно 2,64 ОДК и 6,45 ОДК. Данные элементы в урбанизированной среде преимущественно являются элементами аэротехногенного загрязнения.

Корневая система блокирует поступление тяжёлых металлов в растение, о чем свидетельствует тот факт, что содержание тяжёлых металлов в почве превышает их содержание в подземной части растений, следовательно, клевер луговой (*Trifolium pratense L.*) можно использовать как «фильтр» для загрязнённых почв.

Активнее всего клевер луговой (*Trifolium pratense*) накапливает медь на площадке №1 и №3, именно медь более других элементов загрязняет изучаемую территорию.

Никель и свинец на большинстве площадок менее интенсивно накапливаются, но их значения в почве превышают ПДК и ОДК, следовательно, даже при высоком поступлении этих тяжёлых металлов в почву, их концентрация не выносится в корневую систему. Таким образом, клевер луговой (*Trifolium pratense*) корректнее использовать как биоиндикатор на определение в техногенной среде меди, кадмия и магния.

Анализ результатов микробиологического исследования позволяет утверждать, что, повышенные концентрации таких тяжелых металлов как кадмий и марганец, оказывают стимулирующее действие на рост *Rhizobium trifolii*. При действии никеля и железа на данный микроорганизм отмечено угнетающее действие. Высокие концентрации этих металлов резко подавляют рост азотфиксирующих бактерий, что в дальнейшем может отразиться на плодородии почвы.

Библиографический список

1. Крыжко А.В. Горелова В.В. Ширма А.В. Влияние штаммов *B. thuringiensis* 854 и 888 на микробиоту и целлюлозолитические процессы в черноземе южном // Естественные и технические науки. 2020. № 2 (140). С. 63–69.
2. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Москва. 1992 / ЦИАНО. М., 1992. 63 с.
3. Ознобихина А.О., Першаков А.Ю. Модельное биотестирование влияния солей тяжёлых металлов на жизнеспособность клубеньковых бактерий *Rhizobium meliloti* // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 3 (27). С. 69–72.
4. Пешков С.А., Сизенцов А.Н., Никиян А.Н., Кобзев Г.И. Исследование биоаккумуляции тяжелых металлов бактериями рода *Bacillus* с использованием рентгенофлуоресцентного анализа и атомно-силовой микроскопии // Современные проблемы науки и образования. 2015. №4.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21079> (дата обращения: 16.04.2021).

5. C. Garbisu and I. Alkorta, «Basic concepts on heavy metal soil bioremediation» *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*.vol.3 no. 1 pp. 58–66, 2003. View at: Google Scholar.
6. M.J. Blaylock, D.E. Salt, S. Dushenkov et al., «Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents» *Environmental Science and Technology*, vol. 31, no. 3, pp. 860–865, 1997. View at: Publisher Site | Google Scholar.

References

1. Kryzhko A.V., Gorelova. V.V., Shirma A.V. Effect of *B. thuringiensis* strains 854 and 888 on the microbiota and cellulolytic processes in southern black earth. // *Natural and technical sciences*. 2020. No. 2 (140). S. 63–69.
2. Methodical instructions: for the determination of heavy metals in agricultural soils and crop production. Moscow. 1992 / CIANO. M., 1992. 63 p.
3. Oznobikhina A.O., Pershakov A.Yu. Model biotesting of the influence of heavy metal salts on the viability of nodule bacteria *Rhizobium meliloti*. // *Samara Scientific Bulletin*. 2019. Vol. 8. No. 3 (27). S. 69-72.
4. Peshkov S.A., Sizentsov A.N., Nikiyan A.N., Kobzev G.I. Investigation of the bioaccumulation of heavy metals by bacteria of the genus *Bacillus* using X-ray fluorescence analysis and atomic force microscopy // *Modern problems of science and education*. 2015. No. 4.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21079> (date accessed: 04/16/2021).
5. C. Garbisu and I. Alkorta, «Basic concepts on heavy metal soil bioremediation» *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*. Vol. 3 no. 1 pp. 58 – 66, 2003. View at: Google Scholar.
6. M.J. Blaylock, D.E. Salt, S. Dushenkov et al., «Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents» *Environmental Science and Technology*, vol. 31, no. 3, pp. 860–865, 1997. View at: Publisher Site | Google Scholar.

Поступило в редакцию 15.05.2021,

Принята к публикации 02.06.2021.

Об авторах

- Бондарь** Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии и природопользования Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия. E-mail: stalker-vin@yandex.ru. Тел. +7 928-911-20-81.
- Харина** Елена Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент базовой кафедры микробиологии Института живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия. E-mail: euphorbia@mail.ru. Тел. +7 962 413-41-85.
- Гандрабурова** Надежда Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент базовой кафедры микробиологии Института живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия. E-mail: nadivgan@mail.ru. Тел. +7 905 465-69-28.
- Антонова** Анастасия Васильевна, студент 4 курса направления «Экология и природопользование» Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, г. Ставрополь, Россия. E-mail: tradlbabl@yandex.ru. Тел. +7 918 -86-64-370.
- Ставицкая** Анна Артемовна, студент 4 курса направления «Биология Института живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, 355017, г. Ставрополь, Россия. E-mail: anna.stavickaya.ncfu@gmail.com. Тел. +7 962 448-42-25.

About authors

- Bondar** Elena Vasilievna, candidate of Biological Sciences, Docent, Docent of the Department of Ecology and Enviromental Sciences, Institute of Geosciences, North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Russia. E-mail: stalker-vin@yandex.ru. Тел. +7 928-911-20-81.
- Kharina** Elena Ivanovna, candidate of biology, docent, Docent of the Basic Department of Microbiology, Institute of Life Scienc-

es, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.
E-mail: euphorbia@mail.ru. Phone number +7 962 413-41-85.

Gandraburova Nadezhda Ivanovna, candidate of biology, docent, Associate Professor of the Basic Department of Microbiology, Institute of Life Sciences, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia. E-mail: nadvgan@mail.ru. Phone number +7 905 465-69-28.

Antonova Anastasia Vasilievna, 4th year student of specialization «Ecology and Environmental Sciences», Institute of Geosciences, of the North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Russia. E-mail: tradlbabl@yandex.ru. Phone number +7 918-86-64-370.

Stavitskaya Anna Artemovna, 4th year student of specialization «Biology» Institute of Living Systems, of the North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Russia. E-mail: anna.stavickaya.ncfu@gmail.com. Phone number +7 962 448-42-25.