



ПРЕДЕЛЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ КРЫМА К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

**С.И. Колесников, Н.А. Вернигорова, А.А. Кузина, К.Ш. Казеев,
И.В. Костенко, А.Н. Тимошенко, Т.А. Тер-Мисакянц,
Е.Н. Неведомая, Ю.В. Акименко**

Академия биологии и биотехнологий им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, Лаборатория агроэкологии Никитского ботанического сада

Приведено исследование по определению пределов устойчивости почв и экосистем Крыма к загрязнению Pb, Cr, Cu, Ni по биологическим показателям. Установлено, что по устойчивости к загрязнению Pb, Cr, Cu, Ni почвы Крыма располагаются следующим образом: черноземы остаточного карбонатного > черноземы южные > темно-каштановые солонцеватые \geq горно-луговые \geq коричневые карбонатные > бурые лесные, а наземные экосистемы имеют следующий ряд устойчивости: настоящие степи > сухие степи \geq горные луга \geq редколесья > широколиственные леса. Тяжелые металлы по экотоксичности к почвам и экосистемам Крыма образуют ряд: Cr > Cu \geq Pb \geq Ni. Предложены региональные нормативы предельно допустимого содержания Pb, Cr, Cu, Ni в основных почвах Крыма и наиболее эффективные способы их санации в случае загрязнения.

Ключевые слова: Крым, загрязнение, свинец, хром, медь, никель, биотестирование, устойчивость, прогноз, региональные экологические нормативы

The Limits of Resistance of Soils and Ecosystems of Crimea to Heavy Metals Pollution

**S.I. Kolesnikov, N.A. Vernigorova, A.A. Kuzina, K.Sh. Kazeev, I.V. Kostenko,
A.N. Timoshenko, T.A. Ter-Misakyants, E.N. Nevedomaya, Yu.V. Akimenko**

**Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, 344090 Rostov-On-Don, Russia,
Nikitsky Botanical Garden, 298648 Yalta, Republic of Crimea, Russia**

A study is carried out to determine the limits of resistance of soils and ecosystems of Crimea to pollution of Pb, Cr, Cu, Ni by biological indicators. It is established that the Crimean soil in terms of resistance to Pb, Cr, Cu, Ni pollution is located as follows: residual carbonate chernozems > southern chernozems > dark chestnut alkaline \geq mountain meadow \geq brown carbonate > brown forest soils, and terrestrial ecosystems have the following series of stability: true steppes > dry steppes \geq mountain meadows \geq light forests > broad-leaved forests. In terms of ecotoxicity to heavy soils and ecosystems of Crimea, heavy metals form a series: Cr > Cu \geq Pb \geq Ni. The regional standards of the maximum permissible content of Pb, Cr, Cu, Ni in the main soils of the Crimea and the most effective ways of their rehabilitation in case of pollution are proposed.

Keywords: Crimea, pollution, lead, chromium, copper, nickel, bioassay, stability, forecast, regional environmental standards

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-10-56-60

Территорию Крымского полуострова занимают редкие и даже уникальные для России почвы и экосистемы, нуждающиеся в особой охране. К ним относятся коричневые почвы сухих фисташковых, дубовых лесов и можжевельникового редколесья, в том числе реликтовые терра-росса (южное побережье п-ова Крым), черноземы оста-

точно-карбонатные и южные настоящих степей, темно-каштановые почвы сухих степей (степной Крым), бурые лесные почвы широколиственных лесов, рендзины горных лесов и лугов (горный Крым) и др. [2].

Для сохранения устойчивого функционирования почв и экосистем п-ова Крым, поддержания комфортной среды обита-

ния и рекреации, определения предельно допустимой антропогенной нагрузки на территорию, получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции необходимо установление пределов устойчивости почв и экосистем к приоритетным загрязняющим веществам, прежде всего к тяжелым металлам (ТМ).

Таблица 1. Эколого-генетические и эколого-биологические характеристики почв п-ова Крым
Table 1. Ecological-genetic and ecological-biological characteristics of soils of the Crimea Peninsula

Почва (обозначение)	World Reference Base for Soil Resources (WRB) [7]	Место отбора (координаты)	pH	Содержание органического вещества, %	Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i> , % обрастания	Численность бактерий, млрд/г	Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за 1 мин	Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/10 г почвы за 24 ч
Чернозем остаточно-карбонатный (Чок)	Chernozems Calcic (CHcc)	п. Крым–роза (45°3'44.70"N, 34°21'51.60"E)	7,9	3,3	100	5,5	9,4	19,9
Чернозем южный (Чю)	Chernozems Calcic (CHcc)	ст. Тасунова (45°17'23.70"N, 36°13'42.30"E)	7,8	3,1	91	4,5	9,2	18,4
Темно-каштановая солонцеватая (Ктс)	Kastanozems Luvic (KSlv)	с. Батальное (45°11'4.64"N, 35°36'15.83"E)	7,5	3,7	88	3,3	6,7	17,4
Коричневая карбонатная (Кк)	Cambisols Chromic (CM-cr)	п. Кипарисное (44°36'19.74"N, 34°21'15.06"E)	7,8	1,7	45	3,2	6,3	10,1
Буряя лесная кислая (Бл)	Cambisols Dystric (CMdy)	Ангарский перевал (44°45'47.28"N, 34°20'32.94"E)	5,3	1,2	17	2,6	5,9	6,1
Горно-луговая (Гл)	Leptosols Humic (LPhu)	гора Ай–Петри (44°28'33.50"N, 33°59'31.39"E)	6,1	7,5	100	4,6	5,3	15,7

Примечание. Гранулометрический состав почв тяжело–суглинистый.

Цель работы — установить пределы устойчивости почв и экосистем Крыма в модельном исследовании к загрязнению ТМ (свинец, хром, медь, никель) по изменению биологических показателей.

Объекты и методы исследования

Загрязнение ТМ моделировали в лабораторных условиях. Места отбора, названия и характеристика использованных в исследовании почв представлены в табл. 1.

Образцы почв для модельных экспериментов были отобраны из верхнего слоя 0–25 см, так как в непахотных почвах здесь задерживается большая часть загрязняющих почву ТМ.

Моделировали загрязнение почв Pb, Cr, Cu, Ni. Именно загрязнение этими элементами чаще всего встречается в почвах на юге России [3, 4]. В настоящем исследовании ТМ вносили в почву в концентрациях 100, 1000 и 10000 мг/кг и использовали оксидные формы (PbO, CrO₃, CuO, NiO). Загрязнение почв оксидами металлов происходит чаще, чем другими химическими формами [5]. Использование оксидов ТМ позволяет исключить воздействие на свойства почвы сопутствующего аниона, которое происходит при внесении в почву солей металлов [6]. Для этого

оксиды, как соединения практически нерастворимые в воде, предварительно растирали в небольшом количестве почвы, а затем перемешивали с остальной почвенной массой.

Загрязненную ТМ почву инкубировали в пластиковых сосудах в трехкратной повторности при температуре 20–22 °С и увлажнении 60 % полевой влагоемкости. Срок 30 сут является наиболее информативным для оценки химического воздействия на почву, поскольку для большинства биологических показателей в этот срок наблюдается максимальное снижение значений [5].

Для определения биологических свойств почвы использовали общепринятые в биологии почв методы [4]. Исследовали наиболее чувствительные и информативные биологические показатели: общую численность бактерий методом прямой люминесцентной микроскопии, активность каталазы по методике Галстяна, активность дегидрогеназы по методике Галстяна в модификации Хазиева, целлюлозолитическую активность по степени разложения хлопчатобумажного полотна, обилие бактерий рода *Azotobacter* методом комочков обрастания на среде Эшби и фитотоксичность почв по длине корней редиса.

Причины выбора этих биологических показателей следующие. Общая численность бактерий в почве отражает состояние редуцентов в экосистеме. Активность оксидоредуктаз (каталазы и дегидрогеназы) характеризует скорость минерализации в почве органических веществ. Кроме того, оксидоредуктазы отличаются высокой чувствительностью к химическому загрязнению по сравнению с другими классами ферментов. При этом ферментативная активность почв характеризует потенциальную биологическую активность почвы, а целлюлозолитическая активность — актуальную. Бактерии рода *Azotobacter* являются традиционным индикатором химического загрязнения почвы. Длина корней редиса позволяет судить о фитотоксичности почвы, об интенсивности начального роста и развития растений.

Для установления общих закономерностей изменения биологических свойств почв с использованием вышеперечисленных показателей определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почв [4]. Для этого значения показателей в незагрязненной почве (контроле) принимали за 100 % и по отношению к ним выражали в процентах значения в загрязненной почве (других

вариантах опыта). Далее для каждого варианта опыта вычисляли среднее значение шести показателей. Данная методика позволяет интегрировать относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть объединены в единый показатель, так как имеют разные единицы измерения.

Результаты исследования

Было зафиксировано, что загрязнение почв п-ова Крым ТМ приводит к снижению их биологических показателей. Отмечено, что изменение биологического состояния почвы напрямую зависело от свойств самой почвы, концентрации ТМ в почве и природы загрязняющего вещества.

Однако наблюдались отдельные случаи стимулирующего действия ТМ на биологические свойства почв, в основном в вариантах 100 мг металла на 1 кг почвы. Подобные явления широко известны в экотоксикологии под названием "эффект малых токсичных доз".

Получены следующие ряды экотоксичности ТМ по отношению к почвам п-ова Крым (в скобках представлены значения ИПБС почвы, усредненные для трех доз: 100, 1000 и 10000 мг/кг). По отношению к черноземам остаточно-карбонатным: Cr (52) > Pb (76) > Cu (81) > Ni (85). По отношению к черноземам южным: Cr (44) > Pb (77) = Cu (77) ≥ Ni (79). По отношению к темно-каштановым солонцеватым почвам: Cr (37) > Pb (72) = Ni (72) ≥ Cu (73). По отношению к коричневым карбонатным почвам: Cr (28) > Cu (68) ≥ Pb (70) ≥ Ni (71). По отношению к бурым лесным почвам: Cr (30) > Cu (49) = Ni (49) > Pb (55). По отношению к горно-луговым почвам: Cr (43) > Cu (63) > Pb (65) > Ni(71). По отношению к почвам полуострова (в среднем) ТМ образуют следующую последовательность: Cr (36) > Cu (66) ≥ Pb (67) ≥ Ni (68).

Более сильную экотоксичность вне зависимости от типа почвы всегда проявлял хром, а свинец, медь и никель — меньшую.

Ранее на черноземах юга России [5] было установлено,

что высокие концентрации органического вещества в большей степени обеспечивают буферность почвы к загрязнению хромом, а высокие значения рН больше определяют устойчивость почвы к меди, никелю и свинцу. Исследование почв п-ова Крым в целом подтвердило эту закономерность. Коэффициенты корреляции между рН и ИПБС почвы свидетельствуют о том, что реакция почвенной среды в существенной степени влияла на токсичность свинца ($r = 0,94$), меди ($r = 0,92$) и никеля ($r = 0,85$), и мало влияла на токсичность хрома ($r = 0,35$). Видимо, это связано с тем, что первые три элемента являются в большей степени катионообразующими и их подвижность, а, следовательно, и токсичность для биоты в большей степени проявляется в кислых почвах. Хром проявил высокую токсичность не только в кислых, но и в слабощелочных почвах, где из оксида хрома образуется высокоподвижный хромат. Коэффициенты корреляции между содержанием органического вещества и ИПБС почвы показали, что содержание в почве органического вещества, напротив, мало влияет на токсичность свинца ($r = 0,12$), меди ($r = 0,15$) и никеля ($r = 0,33$), но влияет на токсичность хрома ($r = 0,51$).

Была проведена сравнительная оценка устойчивости основных почв п-ова Крым к загрязнению ТМ по степени снижения ИПБС почв.

Почвы Крымского полуострова имеют не одинаковую устойчивость биологических свойств к загрязнению разными ТМ. Ниже представлены ряды почв, ранжированные по степени негативного изменения биологических показателей (ряды усреднены по дозам загрязняющего вещества).

При загрязнении хромом: черноземы остаточно-карбонатные (52) > черноземы южные (44) ≥ горно-луговые (43) > темно-каштановые солонцеватые (37) > бурые лесные (30) ≥ коричневые карбонатные (28).

При загрязнении свинцом: черноземы южные (77) ≥ черноземы остаточно-карбонатные (76) > темно-каштановые солон-

цеватые (72) ≥ коричневые карбонатные (70) > горно-луговые (65) > бурые лесные (55).

При загрязнении никелем: черноземы остаточно-карбонатные (85) > черноземы южные (79) > темно-каштановые солонцеватые (72) ≥ горно-луговые (71) = коричневые карбонатные (71) > бурые лесные (49).

При загрязнении медью: черноземы остаточно-карбонатные (81) > черноземы южные (77) > темно-каштановые солонцеватые (73) > коричневые карбонатные (68) > горно-луговые (63) > бурые лесные (49).

По степени устойчивости к загрязнению ТМ почвы Крыма образуют следующий ряд (в среднем для Cr, Pb Ni, Cu): черноземы остаточно-карбонатные (74) > черноземы южные (69) > темно-каштановые солонцеватые (63) ≥ горно-луговые (61) ≥ коричневые карбонатные (59) > бурые лесные (46).

Представленный ряд устойчивости определяется экологогенетическими свойствами исследованных почв (см. табл. 1), такими как гранулометрический состав, щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия, биологическая активность и содержание органического вещества.

Черноземы остаточно-карбонатные, южные, а также темно-каштановые почвы проявили наибольшую буферную способность к загрязнению ТМ. Эти почвы характеризуются тяжелоуглинистым гранулометрическим составом, относительно высоким содержанием органического вещества, близкой к нейтральной реакцией среды, окислительными условиями и другими свойствами, способствующими закреплению ТМ.

Коричневые почвы по сравнению с черноземами имеют более низкое значение рН, тяжелоуглинистый гранулометрический состав, меньшее количество органического вещества и соответственно большую подвижность ТМ.

Бурые лесные почвы проявили низкую устойчивость к загрязнению ТМ. Эти почвы отличаются среднесуглинистым гранулометрическим составом, кислой реакцией среды и низким содержанием органического ве-

щества, что способствует высокой подвижности ТМ.

Горно-луговые почвы характеризуются кислой реакцией среды, высоким содержанием органического вещества в верхнем горизонте, среднесуглинистым гранулометрическим составом. Эти почвы в естественных условиях (*in situ*) являются неустойчивыми, очень чувствительными к внешним воздействиям вследствие жестких климатических условий и, следовательно, медленному протеканию процессов восстановления почв. Однако в лабораторных условиях при комнатной температуре и оптимальной влажности горно-луговые почвы показали высокую устойчивость к химическому загрязнению. Это связано, по-видимому, с высоким содержанием в них органического вещества, что привело к связыванию ТМ, и резким возрастанием биологической активности в оптимальных гидротермических условиях лаборатории. В естественных условиях степень ухудшения биологического состояния горно-луговых почв будет более выражена.

Поскольку степень устойчивости наземных экосистем к химическому загрязнению определяется, в первую очередь, устойчивостью почвы, была дана оценка устойчивости экосистем п-ова Крым. По степени устойчивости к загрязнению ТМ наземные экосистемы образуют следующий ряд: настоящие степи > сухие степи > горные луга > редколесья > широколиственные леса.

По результатам проведенного исследования были построены уравнения регрессии, характеризующие взаимосвязь ИПБС и содержание химических веществ в почве. С их помощью были рассчитаны концентрации загрязняющих веществ, приводящие к нарушению тех или иных экологических функций почв. Срыв экологических функций почвы происходит в определенной очередности, и в качестве индикатора нарушения экотипов почвы целесообразно использовать ИПБС почвы [4]. При снижении ИПБС менее чем на 5 % нарушения функций почвы не происходит. Уменьшение значений ИПБС на 5–10 % диа-

Таблица 2. Схема экологического нормирования содержания ТМ в почвах Крыма по степени нарушения экологических функций
Table 2. Scheme of environmental regulation of HM content in Crimean soils according to the degree of violation of environmental functions

Характеристика	Почвы			
	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Снижение ИПБС почвы ¹	< 5 %	5–10 %	10–25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции почвы ²	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Содержание ТМ в почвах, мг/кг:				
коричневых карбонатных:				
Pb	< 50	50–100	100–250	> 250
Cr	< 105	105–115	115–145	> 145
Cu	< 50	50–100	100–250	> 250
Ni	< 50	50–100	100–250	> 250
бурых лесных:				
Pb	< 50	50–65	65–170	> 170
Cr	< 100	100–110	110–140	> 140
Cu	< 40	40–70	70–200	> 200
Ni	< 40	40–70	70–200	> 200
горно-луговых:				
Pb	< 50	50–100	100–275	> 275
Cr	< 105	105–115	115–145	> 145
Cu	< 50	50–100	100–275	> 275
Ni	< 50	50–100	100–275	> 275
черноземах остаточнокarbonатных:				
Pb	< 65	65–130	130–400	> 400
Cr	< 110	110–120	120–155	> 155
Cu	< 65	65–130	130–400	> 400
Ni	< 65	65–150	150–450	> 450
черноземах южных:				
Pb	< 60	60–120	120–350	> 350
Cr	< 105	105–115	115–145	> 145
Cu	< 60	60–120	120–350	> 350
Ni	< 65	65–120	120–350	> 350
темно-каштановых солонцеватых:				
Pb	< 55	55–100	100–300	> 300
Cr	< 105	105–115	115–145	> 145
Cu	< 55	55–100	100–300	> 300
Ni	< 55	55–100	100–300	> 300

¹Определение интегрального показателя выполнено по [4].

²Классификация экологических функций проведена по [1].

ностирует нарушение информационных функций, на 10–25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических (табл. 2).

Как видно из табл. 2, если, например, в коричневой карбонатной почве содержание свинца не превышает 50 мг/кг, то почва функционирует нормально. Если концентрация свинца составит от 50 до 100 мг/кг, произойдет нарушение информационных

экологических функций почвы, от 100 до 250 мг/кг — помимо информационных нарушатся химические, физико-химические, биохимические и целостные функции, более 250 мг/кг — произойдет срыв еще и физических функций почвы. Очевидно, что нельзя допускать нарушения химических, физико-химических, биохимических, а главное целостных функций почвы, обеспечивающих плодородие почвы. Следовательно, концент-

рацию свинца 100 мг/кг следует считать предельно допустимой концентрацией (ПДК) свинца в коричневой карбонатной почве или региональной ПДК (рПДК).

Чем выше концентрация ТМ в почве, тем более "радикальным" должен быть способ санации. Например, если содержание свинца в коричневой карбонатной почве менее 50 мг/кг и нарушения ее экологических функций не происходит, то и санации почвы в этом случае не требуется. Если концентрация свинца составит 50–100 мг/кг, то для снижения его концентрации до 50 мг/кг и менее достаточно фитомелиорации для удаления свинца из почвы. Если концентрация свинца достигнет 100–250 мг/кг, то потребуются химическая мелиорация, например применение

цеолитов для связывания свинца и предотвращения его поступления в цепи питания. Если содержание свинца превысит 250 мг/кг, мелиоративные мероприятия будут менее эффективны, чем удаление верхнего загрязненного слоя почвы.

Выводы

Загрязнение почв полуострова Крым ТМ ухудшает биологическое состояние почв: снижаются численность микроорганизмов, ферментативная активность, показатели роста и развития растений.

По степени устойчивости к загрязнению ТМ почвы полуострова образуют следующий ряд: черноземы остаточного карбонатные > черноземы южные > темно-каштановые солонце-

ватые ≥ горно-луговые ≥ коричневые карбонатные > бурые лесные.

По степени устойчивости к загрязнению ТМ наземные экосистемы п-ова Крым образуют следующий ряд: настоящие степи > сухие степи ≥ горные луга ≥ редколесья > широколиственные леса.

По степени экотоксичности к почвам и экосистемам п-ова Крым ТМ образуют следующий ряд: Cr > Cu ≥ Pb ≥ Ni.

На основе нарушения экологических функций почв предложены региональные нормативы предельно допустимого содержания свинца, хрома, меди и никеля в основных почвах п-ова Крым и наиболее эффективные способы их санации в случае загрязнения.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-3464.2018.11).

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М., Наука, 2006. 362 с.
2. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь, Издательство "Доля", 2004. 208 с.
3. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, Издательский центр "Комплекс", 2004. 268 с.
4. Kolesnikov S.I., Kazeev K.S., Akimenko Y.V. Development of regional standards for pollutants in the soil using biological parameters. Environmental Monitoring and Assessment. 2019. 191:544. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7718-3> (дата обращения 07.08.2019).
5. Kolesnikov S.I., Yaroslavtsev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Comparative Assessment of the Biological Tolerance of Chernozems in the South of Russia towards Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb in a Model Experiment. Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46. No. 2. P. 176–181.
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. P. 548.
7. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.

References

1. Dobrovolskii G.V., Nikitin E.D. Ekologiya pochv. Uchenie ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv. M., Nauka, 2006. 362 s.
2. Dragan N.A. Pochvennye resursy Kryma. Simferopol', Izdatel'stvo "Dolya", 2004. 208 s.
3. D'yachenko V.V. Geokhimiya, sistematika i otsenka sostoyaniya landshaftov Severnogo Kavkaza. Rostov-na-Donu, Izdatel'skii tsentr "Kompleks", 2004. 268 s.
4. Kolesnikov S.I., Kazeev K.S., Akimenko Y.V. Development of regional standards for pollutants in the soil using biological parameters. Environmental Monitoring and Assessment. 2019. 191:544. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7718-3> (дата обращения 07.08.2019).
5. Kolesnikov S.I., Yaroslavtsev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Comparative Assessment of the Biological Tolerance of Chernozems in the South of Russia towards Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb in a Model Experiment. Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46. No. 2. P. 176–181.
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. P. 548.
7. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.

С.И. Колесников – д-р с.-х. наук, зав. кафедрой, Академия биологии и биотехнологий Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, Стачки 194/1, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru • Н.А. Вернигорова – мл. науч. сотрудник • А.А. Кузина – канд. биол. наук, мл. науч. сотрудник • К.Ш. Казеев – д-р геогр. наук, профессор • И.В. Костенко – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник, Никитский ботанический сад, 298648 Россия, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, e-mail: igorkostenko@ukr.net • А.Н. Тимошенко – мл. науч. сотрудник, Академия биологии и биотехнологий Южного федерального университета, 344090, Ростов-на-Дону, Стачки 194/1 • Т.А. Тер-Мисакянц – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник • Е.Н. Неведомая – канд. биол. наук, мл. науч. сотрудник • Ю.В. Акименко – канд. биол. наук, доцент

S.I. Kolesnikov – Dr. Sci. (Agriculture), Head of Department, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, 344090 Russia, Rostov-On-Don, Stachki Str. 194/1, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru • N.A. Vernigorova – Junior Research Fellow • A.A. Kuzina – Cand. Sci. (Biol.), Junior Research Fellow • K.Sh. Kazeev – Dr. Sci. (Geogr.), Professor • I.V. Kostenko – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Research Fellow, Nikitsky Botanical Garden, 298648 Russia, Yalta, Republic of Crimea, Urban settlement of Nikita • A.N. Timoshenko – Junior Research Fellow, Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University, 344090 Russia, Rostov-On-Don, Stachki Str. 194/1 • T.A. Ter-Misakyan – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow • E.N. Nevedomaya – Cand. Sci. (Biol.), Junior Research Fellow • Yu.V. Akimenko – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor