

УДК 631.46; 574

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОЛОНЧАКОВ СОРОВЫХ ТАМАНИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© 2016 Н.А. Вернигорова, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 23.05.2016

Исследованы показатели биологического состояния солончака гидроморфного сорового карбонатного полуострова Тамань в условиях химического загрязнения. Показаны связи между угнетением биологических показателей и содержанием тяжелых металлов и нефти в солончаке. Выстроен ряд токсичности тяжелых металлов между собой по отношению к исследованной почве.

Ключевые слова: химическое загрязнение, тяжелые металлы, бактерии, солончаки гидроморфные, Таманский полуостров

Влиянию химического загрязнения на свойства засоленных почв посвящено мало исследований. Это связано с малым значением засоленных почв для сельского хозяйства и отсутствием значительных очагов загрязнения в районах их распространения. В то же время, засоленные почвы занимают существенные территории на Юге России и выполняют важные экологические функции, в частности, по поддержанию биоразнообразия и устойчивости природных экосистем [4]. Кроме того, учитывая рост транспортного потока в Крым через Тамань и развитие сопутствующей инфраструктуры, актуальным представляется исследование влияния химического загрязнения на почвы Таманского полуострова, значительную долю которых составляют засоленные почвы.

Цель работы: исследовать изменение биологической активности солончаков гидроморфных соровых Тамани в условиях загрязнения нефтью и тяжелыми металлами (ТМ) (Pb, Cr, Ni, Cu), используя лабораторный модельный опыт.

Материалы и методики исследования. Объектом исследования был выбран солончак гидроморфный соровый карбонатный полуострова Тамань (Краснодарский край, Темрюкский район, п. Сенной, 45°19.460' N 37°00.222' E). Почва для исследования была отобрана из слоя 0-10 см, где наблюдается наибольшая концентрация загрязняющих веществ. Исследуемая почва характеризуется глинистым гранулометрическим составом, средним содержанием гумуса – 2,7 %, слабощелочной реакцией среды — pH=7,5, средней структуренностью, низкой биологической активностью: общая численность бактерий — 1,9 млрд/г почвы, активность каталазы — 2,6 мл O₂/г почвы за 1 мин, активность дегидрогеназы — 3,9 мг ТФФ/10 г почвы за 24 часа, обилие бактерий рода *Azotobacter* — 100 % комочков обрастания. Для исследования в качестве загрязняющих веществ были взяты нефть и ТМ (в форме оксидов) – PbO, CuO, CrO₃, NiO. Из ТМ выбрали Cr, Cu, Ni и Pb, поскольку ими в значительной степени загрязнены почвы Черноморского побережья Кавказа [2]. Кроме

того, для этих металлов можно провести сравнение по степени токсического эффекта, так как их предельно допустимые концентрации (ПДК) составляют 100 мг/кг почвы. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии [6]. Во-первых, потому, что ПДК в почве общего (валового) содержания меди и никеля в России отсутствуют. Во-вторых, «российская» ПДК свинца зачастую не может быть использована, так как меньше содержания этого элемента во многих почвах. ТМ вносили в почву в количестве 1, 10, 100 ПДК, что соответствует 100, 1000 и 10000 мг/кг, дозы нефти составили 1, 5, 10% от массы почвы.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности. Состояние почвы определяли через 30 суток после загрязнения. Этот срок проявил себя наиболее информативным при исследовании влияния химического загрязнения на биологические свойства почвы. Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых в экологии методов [9,5]. Были проведены биохимические, микробиологические, фитотоксические анализы. Анализировали общую численность бактерий, обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почвы. Общую численность бактерий в почве учитывали методом люминесцентной микроскопии по Звягинцеву, Кожевину, *Azotobacter* — методом комочков обрастания на среде Эшби, целлюлозолитическую способность — по степени разложения хлопчатобумажного полотна, о фитотоксичности почв судили по изменению длины корней редиса. Активность каталазы — по методике Галстяна, дегидрогеназы — по методике Галстяна в модификации Хазиева,

Определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы [5]. Для расчета ИПБС значение каждого из указанных выше показателей на контроле (в незагрязненной почве) принимали за 100% и по отношению к нему выражали процентное значение всех остальных вариантов опыта (в загрязненной почве). После определяли среднее значение 5 выбранных показателей для каждого варианта опыта. Полученное значение ИПБС выражали в процентах по отношению к контролю (к 100%). Данная методика позволяет интегрировать относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть интегрированы, так как имеют разные

Вернигорова Наталья Александровна, младший научный сотрудник кафедры экологии и природопользования. E-mail: invercia@mail.ru

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfnu.ru

Казеев Камил Шайдулович, доктор географических наук, профессор кафедры экологии и природопользования. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru

единицы измерения. Для проверки полученных данных на достоверность был проведен дисперсионный анализ с определением наименьшей существенной разности (НСР).

Результаты и их обсуждение. По результатам исследования было установлено, что загрязнение солончака гидроморфного сорного карбонатного Pb, Cr, Ni, Cu и нефтью приводит к ухудшению его биологического состояния. В большинстве случаев наблюдалось достоверное снижение исследованных биологических показателей (рис. 1-7): общей численности бактерий, активности, целлюлозолитической, обилия бактерий рода *Azotobacter*, активности каталазы и дегидрогеназы, длины корней редиса, ИПБС. Механизмы токсического действия ТМ на биологические свойства почвы определяется тем, что клеточные мембраны имеют большое количество лигандов, способных связываться с ТМ. При взаимодействии их с ТМ может нарушаться их структура, с возникновением микропор, которые, в свою очередь, изменяют транспорт ионов. В цитоплазме клетки ТМ легко связываются с сульфгидрильными группами белков, приводя к нарушению всех биохимических процессов клетки.

Касаемо токсического действия нефти, то она действует на биологические показатели почвы косвенно, обволакивая почвенные частицы плотной пленкой, тем самым ограничивая возможность протекания в живых организмах многих биологических процессов. Также входящие в ее состав фенолы, углеводороды могут в значительной степени накапливаться в почве, образуя ядовитые для живой клетки продукты окисления - гексадециловый спирт, пальмитиновая, бензойная, салициловая кислоты и др. Степень снижения биологических показателей, как правило, коррелировала с концентрацией загрязняющих веществ в почве.

По степени негативного воздействия на биологические показатели солончака гидроморфного сорного карбонатного оксиды ТМ образуют следующий ряд: CrO_3 (52) > PbO (61) > NiO (62) > CuO (65). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказал Cr. Pb, Ni и Cu проявили меньшее по силе токсическое воздействие. Схожая закономерность была получена в исследованиях, проведенных ранее, с другими почвами Юга России: черноземами обыкновенными, южными, типичными, выщелоченными, черноземами слитыми, бурыми и серыми лесными, дерново-карбонатными, горно-луговыми, каштановыми. Однако такая последовательность ТМ по их экологической опасности для почв в ряде случаев не полностью совпадает с результатами, полученными в других исследованиях. По-видимому, высокая токсичность хрома в данном исследовании определяется тем, что был использован высший оксид хрома (CrO_3), в котором хром находится в степени окисления +6 и обладает значительной окислительной способностью. В опыте использовали эту форму оксида, поскольку она чаще попадает в почву. Степень токсичности Cr по сравнению с тремя другими металлами - Pb, Ni, Cu, в солончаке гидроморфном сорном карбонатном была значительна, поскольку почва обладает слабощелочной реакцией среды, следовательно, это условие дает высокую подвижность CrO_3 , а вместе с этим большую токсичность его производного - хромата. Более того, в слабощелочной реакции среды Cr проявляет анионообразующие свойства. Подобное воздействие Cr наблюдалось в иных щелочных и нейтральных почвах (например, в черноземах). Невысокая токсичность Pb, по-видимому, обусловлена

относительно высоким содержанием в солончаке гумуса (2,7%), и, соответственно, гуминовых кислот, которые сильнее связывают Pb, чем Cu. В почвах с меньшим содержанием гумуса (бурые лесные, бурые полупустынные), Pb часто более токсичен, чем Cu и Ni.

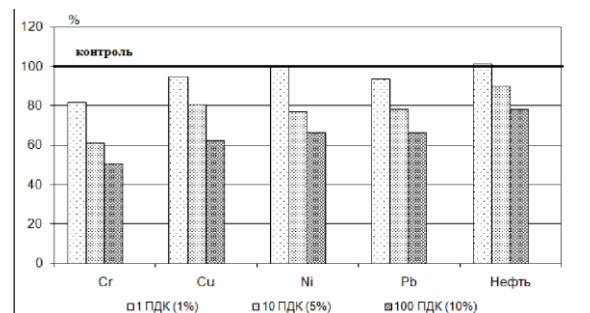


Рис. 1. Влияние химического загрязнения на активность каталазы солончака гидроморфного сорного карбонатного (% от контроля)

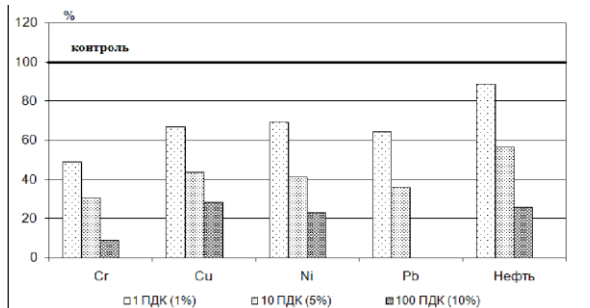


Рис. 2. Влияние химического загрязнения на активность дегидрогеназы солончака гидроморфного сорного карбонатного (% от контроля)

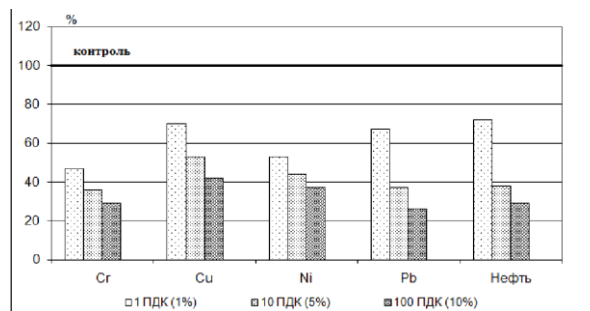


Рис. 3. Влияние химического загрязнения на численность бактерий р. *Azotobacter* в солончаке гидроморфном сорном карбонатном (% от контроля)

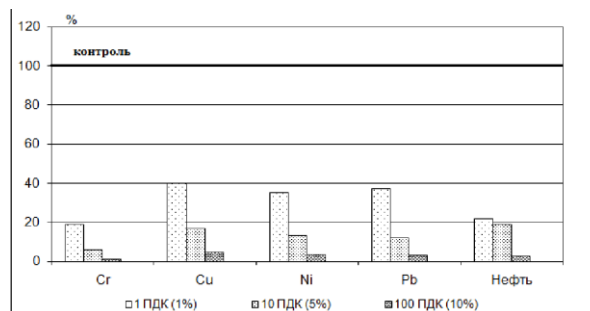


Рис. 4. Влияние химического загрязнения на фитотоксичность солончака гидроморфного сорного карбонатного (% от контроля)

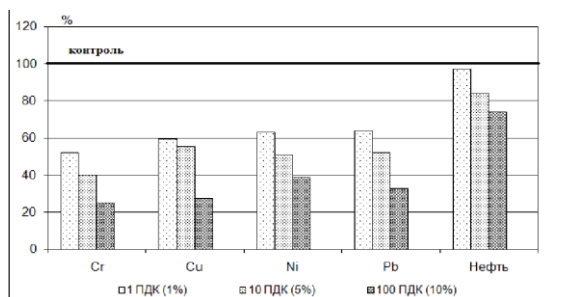


Рис. 5. Влияние химического загрязнения на целлюлолитическую активность солончака гидроморфного сорового карбонатного (% от контроля)

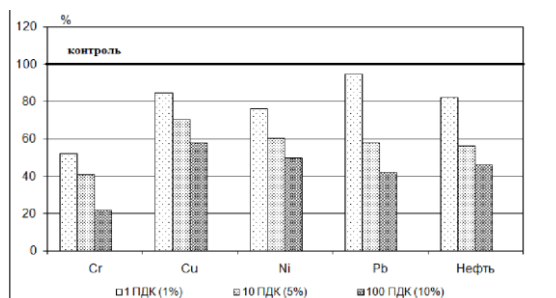


Рис. 6. Влияние химического загрязнения на численность бактерий в солончаке гидроморфном соровом карбонатном (% от контроля)

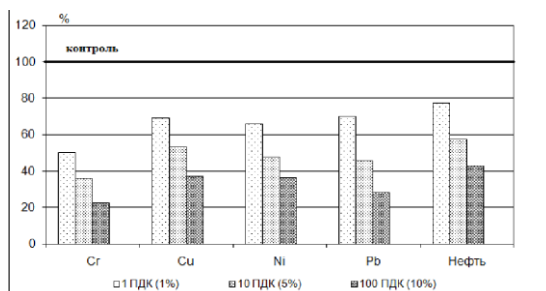


Рис. 7. Влияние химического загрязнения на ИПБС солончака гидроморфного сорового карбонатного (% от контроля)

«Средний» уровень биологической активности, от которой зависит скорость разложения нефти в почве, и «средняя» степень оструктуренности, от которой зависят водно-воздушные и окислительно-восстановительные условия в почве, определяют «средний»

уровень устойчивости солончака гидроморфного сорового карбонатного к загрязнению нефтью по сравнению с другими почвами Юга России.

Выводы:

1. Загрязнение солончака гидроморфного сорового карбонатного полуострова Тамань Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью приводит к ухудшению его биологических свойств: снижается общая численность бактерий, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, усиливаются фитотоксические свойства почвы.
2. По степени негативного влияния на биологические свойства солончака гидроморфного сорового карбонатного тяжелые металлы образуют следующий ряд: Cr (52) > Pb (61) > Ni (62) > Cu (65).

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержки ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-9072.2016.11).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.
2. Алексеев, В.А. Металлы в окружающей среде. Прибрежные аквальные ландшафты Черноморского побережья России / В.А. Алексеев, А.В. Суворин, Е.В. Владова. – М.: ФГБНУ НИИ ПМТ, 2012. 360 с.
3. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука, 1990. 261 с.
4. Засоленные почвы России. 2006 / Отв. редакторы Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. – М.: ИКЦ «Академкнига». 854 с.
5. Казеев, К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. 260 с.
6. Касьяненко, А.А. Контроль качества окружающей среды. – М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
7. Колесников, С.И. Сопоставление результатов лабораторного и полевого моделирования химического загрязнения почв / С.И. Колесников, М.Г. Жаркова, И.В. Кутузова, К.Ш. Казеев // *Агрохимия*. 2013. № 5. С. 86-94.
8. Колесников, С.И. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // *Почвоведение*. 2002. № 12. С. 1509-1514.
9. Колесников, С.И. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России / С.И. Колесников, Н.А. Спивакова, К.Ш. Казеев // *Почвоведение*. 2011. № 9. С. 1094-1101.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SALINE SOILS IN TAMAN PENINSULA IN THE CONDITIONS OF POLLUTION BY OIL AND HEAVY METALS

© 2016 N.A. Vernigorova, S.I. Kolesnikov, K.Sh. Kazeev

Southern Federal University, Rostov-on-Don

Indicators of biological condition of the hydromorphic carbonate saline soil in Taman Peninsula in the conditions of chemical pollution are investigated. Interrelations between oppression of biological indicators and content of heavy metals and oil in the saline soil are shown. Ranks of heavy metals toxicity among themselves in relation to the studied soil is built.

Key words: chemical pollution, heavy metals, bacteria, saline hydromorphic soils, Taman Peninsula

Natalia Vernigorova, Minor Research Fellow at the Department of Ecology and Nature Management. E-mail: invercia@mail.ru
Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management. E-mail: kolesnikov@sfsu.ru
Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor at the Department of Ecology and Nature Management. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru