

УДК 631.46; 574

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© 2016 А.А. Кузина, С.И. Колесников, К.Ш. Казеев

Южный федеральный университет

Статья поступила в редакцию 24.05.2016

Представлены результаты влияния загрязнения хромом, никелем, медью, свинцом и нефтью на показатели целлюлозолитической активности почв Черноморского побережья Кавказа. По степени негативного влияния на изменение целлюлозолитической активности почв тяжелые металлы образуют следующий ряд: Cr > Ni > Pb > Cu. Проведена сравнительная оценка устойчивости целлюлозолитической активности к загрязнению тяжелыми металлами и нефтью для основных почв Черноморского побережья Кавказа.

Ключевые слова: *целлюлозолитическая активность, почва, загрязнение, тяжелые металлы, нефть*

Почвы Черноморского побережья Кавказа уникальны и своеобразны. В зависимости от климатических условий, сезонных изменений, наличия гор и плоскогорий меняется и почвенный покров. Но современные темпы строительства и эксплуатации дорог вдоль побережья, увеличение туристических объектов усиливает нагрузку на окружающую среду. До настоящего времени исследований, посвященных оценке устойчивости почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению нефтью и тяжелыми металлами, не проводилось. Степень устойчивости почв к химическому загрязнению целесообразно определять, применяя методы биодиагностики. Биологические показатели имеют ряд преимуществ перед другими методами: они первыми реагируют на внешние воздействия, показывают негативные изменения на начальных этапах их проявления [1]. Одним из чувствительных методов биодиагностики почв является определение целлюлозолитической активности.

Цель работы: исследовать устойчивость почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению нефтью, хромом, никелем, медью и свинцом по изменению целлюлозолитической активности.

В настоящей работе был выполнен ряд модельных экспериментов по исследованию влияния тяжелых металлов (ТМ) и нефти на почвы Черноморского побережья Кавказа.

материалы и методики исследования. Целлюлоза – главная составная часть древесины [2], является наиболее распространенным органическим соединением в природе. Ежегодно растениями синтезируются огромные количества целлюлозы, которая в виде растительных остатков накапливается в лесной подстилке, откладывается на дне водоемов и т.д. [3]. Одним из основных компонентов в цепочке превращения органических соединений почвы является разложение целлюлозы [4]. В почве она разрушается как аэробными, так и анаэробными микроорганизмами. Численность, состав и активность микробиоты влияют на целлюлозолитическую активность почвы [3]. Установлено, что целлюлозоразрушающие бактерии

являются одними из уязвимых микроорганизмов к воздействию ТМ [5].

В качестве **объектов исследования** были использованы все основные почвы Черноморского побережья Кавказа: чернозем южный, коричневая выщелоченная, коричневая типичная, коричневая карбонатная, бурая лесная кислая, бурая лесная кислая оподзоленная, дерново-карбонатная типичная, дерново-карбонатная выщелоченная, желтозем. Эти почвы занимают основную территорию Черноморского побережья Кавказа, но отличаются содержанием карбонатов, щелочно-кислотным и окислительно-восстановительным условиям, количеством гумуса, биологической активностью и другими свойствами [6-7]. В табл. 1 приведены эколого-генетические свойства исследованных почв.

Образцы почв для лабораторного моделирования загрязнения были отобраны в слое 0-10 см. В качестве загрязняющих веществ были выбраны Cr, Cu, Ni, Pb и нефть. ТМ вносили в почву в количестве 1, 10, 100 ПДК. ТМ интересны для сравнения – их предельно допустимые концентрации (ПДК) составляют 100 мг/кг почвы. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии [8]. 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. ПДК в почве нефти не разработана, поэтому ее содержание в почве выражали в процентах. А почву вносили в количестве 1, 5, 10% от массы почвы. Загрязнение почвы нефтью до 10% от массы почвы часто встречается в районах нефтедобычи, транспортировки и переработки нефти [9].

ТМ в почву вносили в форме оксидов: CrO₃, CuO, NiO, PbO. Их существенная доля поступает в почву именно в этой форме [10]. Применение оксидов ТМ исключает воздействие на показатели почвы сопутствующих анионов, как это бывает при внесении солей металлов. Целлюлозолитическую способность определяли аппликационным методом по степени разложения хлопчатобумажного полотна, экспонированного в почве в течение 10 дней при комнатной температуре (+20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% полной влагоемкости). Повторность 3-6-кратная. Для проверки полученных данных на достоверность был проведен дисперсионный анализ с последующим определением наименьшей существенной разности (НСР).

Кузина Анна Андреевна, аспирантка. E-mail: nyuta_1990@mail.ru
Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfnu.ru

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

Результаты и их обсуждение. В результате исследования было установлено, что загрязнение почв Черноморского побережья Кавказа Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью, как правило, снижает целлюлозолитическую активность (табл. 2). В большинстве случаев, наблюдается прямая зависимость между содержанием

загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемого показателя почвы. При значительном загрязнении почв ТМ происходит консервация органического вещества, что связано с малой доступностью комплексов ТМ с гумусовыми кислотами для минерализации микроорганизмами [11].

Таблица 1. Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа и их эколого-генетические характеристики

| Почва | Место отбора | Координаты | Содержание гумуса, % | pH | Гранулометрический состав |
|----------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|-----|---------------------------|
| чернозем южный | Темрюкский район, г. Тамань | 45°10'51.73"N 36°41'30.47"E | 3,2 | 7,7 | тяжелосуглинистый |
| коричневая типичная | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш» | 44°46.764 E. 37°31.702 N | 9,3 | 7,2 | тяжелосуглинистый |
| коричневая карбонатная | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш» | 44°47.139 E 37°24.971 N | 15,0 | 7,0 | среднесуглинистый |
| коричневая выщелоченная | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш» | 44°45.880 E 37°26.958 N | 6,8 | 7,1 | тяжелосуглинистый |
| бурая лесная кислая | Туапсинский р-н, с. Горское | 44°23.342' N 038°43.894' E | 1,3 | 4,4 | тяжелосуглинистый |
| бурая лесная кислая оподзоленная | г. Сочи, Лазаревский р-н, Сочинский национальный парк | 43°52.048' N 039°24.214' E | 1,7 | 4,1 | легкосуглинистый |
| дерново-карбонатная типичная | Туапсинский р-н, п. Джубга | 44°19.624' N 038°41.636' E | 5,4 | 7,5 | тяжелосуглинистый |
| дерново-карбонатная выщелоченная | г. Сочи, Хостинский р-н, Кавказский заповедник, Тисо-самшитовая роща | 43°31.683' N 39°52.412' E | 4,8 | 6,9 | тяжелосуглинистый |
| желтозем | г. Сочи, Адлерский р-н | 43°27.445' N 039°56.952' E | 3,2 | 5,2 | тяжелосуглинистый |

Таблица 2. Влияние химического загрязнения почв Черноморского побережья Кавказа на их целлюлозолитическую активность, % от контроля

| Элемент | Доза загрязняющего вещества | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|----------------|-------------------|
| | контроль | 1 ПДК (1 %) | 10 ПДК (5%) | 100 ПДК (10 %) | НСП ₀₅ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| чернозем южный | | | | | |
| Cr | 100 | 35 | 15 | 6 | 10 |
| Cu | 100 | 98 | 82 | 61 | 6 |
| Ni | 100 | 98 | 73 | 55 | 4 |
| Pb | 100 | 100 | 86 | 68 | 7 |
| Нефть | 100 | 63 | 39 | 18 | 12 |
| НСП ₀₅ | | 10 | 9 | 8 | |
| коричневая типичная | | | | | |
| Cr | 100 | 15 | 11 | 4 | 13 |
| Cu | 100 | 95 | 55 | 45 | 8 |
| Ni | 100 | 89 | 69 | 55 | 8 |
| Pb | 100 | 93 | 81 | 42 | 7 |
| Нефть | 100 | 18 | 13 | 11 | 14 |
| НСП ₀₅ | | 8 | 11 | 9 | |
| коричневая выщелоченная | | | | | |
| Cr | 100 | 22 | 13 | 7 | 6 |
| Cu | 100 | 88 | 78 | 55 | 13 |
| Ni | 100 | 79 | 71 | 43 | 12 |
| Pb | 100 | 55 | 49 | 44 | 12 |
| Нефть | 100 | 21 | 0 | 0 | 17 |
| НСП ₀₅ | | 6 | 5 | 5 | |
| коричневая карбонатная | | | | | |
| Cr | 100 | 19 | 12 | 8 | 6 |
| Cu | 100 | 81 | 63 | 52 | 12 |
| Ni | 100 | 91 | 71 | 56 | 13 |
| Pb | 100 | 88 | 79 | 52 | 13 |
| Нефть | 100 | 25 | 13 | 8 | 17 |
| НСП ₀₅ | | 8 | 7 | 6 | |
| бурая лесная кислая | | | | | |
| Cr | 100 | 49 | 21 | 9 | 11 |
| Cu | 100 | 73 | 32 | 22 | 8 |
| Ni | 100 | 72 | 39 | 18 | 6 |
| Pb | 100 | 61 | 41 | 20 | 7 |
| Нефть | 100 | 77 | 56 | 24 | 9 |
| НСП ₀₅ | | 8 | 6 | 3 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------------------|-----|----|----|----|----|
| бурая лесная кислая оподзоленная | | | | | |
| Cr | 100 | 41 | 16 | 7 | 10 |
| Cu | 100 | 66 | 35 | 11 | 7 |
| Ni | 100 | 79 | 27 | 16 | 6 |
| Pb | 100 | 68 | 39 | 21 | 8 |
| Нефть | 100 | 61 | 28 | 17 | 7 |
| HCP ₀₅ | | 8 | 4 | 3 | |
| дерново-карбонатная типичная | | | | | |
| Cr | 100 | 79 | 58 | 12 | 15 |
| Cu | 100 | 89 | 75 | 42 | 10 |
| Ni | 100 | 92 | 66 | 31 | 8 |
| Pb | 100 | 99 | 79 | 39 | 11 |
| Нефть | 100 | 80 | 48 | 26 | 9 |
| HCP ₀₅ | | 10 | 9 | 5 | |
| дерново-карбонатная выщелоченная | | | | | |
| Cr | 100 | 59 | 47 | 11 | 13 |
| Cu | 100 | 87 | 66 | 28 | 9 |
| Ni | 100 | 91 | 52 | 25 | 7 |
| Pb | 100 | 79 | 56 | 34 | 9 |
| Нефть | 100 | 69 | 51 | 23 | 8 |
| HCP ₀₅ | | 9 | 7 | 5 | |
| желтозем | | | | | |
| Cr | 100 | 9 | 5 | 2 | 7 |
| Cu | 100 | 76 | 47 | 2 | 8 |
| Ni | 100 | 65 | 29 | 7 | 5 |
| Pb | 100 | 55 | 39 | 11 | 7 |
| Нефть | 100 | 44 | 21 | 2 | 6 |
| HCP ₀₅ | | 6 | 4 | 1 | |

Нефть оболочивает почвенные частицы и ограничивает доступ воздуха. Это ведет к образованию анаэробных условий, снижению окислительно-восстановительного потенциала, снижению численности, активности анаэробных целлюлозолитических микроорганизмов [12-13]. По силе негативного влияния на изменение целлюлозолитической активности ТМ образуют следующий ряд, обобщенный для разных типов и подтипов почв Черноморского побережья Кавказа: Cr (41) > Ni (68) ≥ Pb (69) ≥ Cu (70). Поскольку ПДК всех четырех исследованных ТМ одинаково – 100 мг/кг – возможно корректное сравнение их токсического действия по отношению к исследованному биологическому показателю. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказал хром. Токсичность никеля, свинца и меди была схожая для различных почв.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ устойчивости целлюлозолитической активности к загрязнению ТМ и нефтью для основных почв Черноморского побережья Кавказа (почвы расположены по мере снижения их устойчивости): дерново-карбонатная типичная (71) ≥ чернозем южный (70) > дерново-карбонатная выщелоченная (64) ≥ коричневая карбонатная (61) ≥ коричневая типичная (60) ≥ коричневая выщелоченная (56) = бурая лесная кислая (56) ≥ бурая лесная кислая оподзоленная (52) > желтозем (46). В скобках представлены значения целлюлозолитической активности почв относительно контроля (100%), усредненные для трех доз загрязняющего вещества.

Чернозем южный и дерново-карбонатная почва проявили наибольшую буферную способность к загрязнению ТМ. Эти почвы отличаются тяжелым гранулометрическим составом, слабощелочной реакцией среды, высоким содержанием органического вещества. Тяжелый гранулометрический состав определяют высокую емкость поглощения. Высокое содержание гумуса приводит к связыванию ТМ в металлорганические соединения. Слабощелочная среда способствует закреплению катионообразующих металлов. Бурые лесные почвы и желтозем проявили себя как наименее

устойчивые почвы юга России к загрязнению ТМ и нефтью. Это связано, прежде всего, с кислой реакцией среды.

Выводы:

1. Загрязнение основных почв Черноморского побережья Кавказа нефтью, хромом, никелем, медью и свинцом существенно снижает их целлюлозолитическую активность.

2. По степени негативного влияния на изменение целлюлозолитической активности почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий обобщенный ряд: Cr > Ni ≥ Pb ≥ Cu.

3. Степень снижения целлюлозолитической активности почв Черноморского побережья Кавказа зависит от природы загрязняющего вещества, содержания его в почве и генетических свойств почв, определяющих их устойчивость к загрязнению.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Казеев, К.Ш. Биология почв Юга России / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
2. Кузнецов, А.Е. Научные основы экобиотехнологии. Учебное пособие / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. – М.: Мир, 2006. 504 с.
3. Войнова-Райкова Ж.К., Ранков В.М. Микроорганизмы и плодородие. Пер. с болг. и предисл. З.К. Благовещенской; Под ред. И.В. Плотниковой. – М.: Агропромиздат, 1986. 120 с.
4. Еришов, В.В. Скорость разложения клетчатки в мелиорированных торфяных почвах // Продуктивность торфяных почв под луговыми агроценозами. – Петрозаводск, 1981. С. 46-57.
5. Дабахов, М.В. Экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова // Нижегородская гос. с.-х. академия. - Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.
6. Вальков, В.Ф. Почвы юга России / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. - Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. 276 с.

7. Колесников, С.И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
8. Касьяненко, А.А. Контроль качества окружающей среды. – М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
9. Пиковский, Ю.И. Природные и техногенные потоки углеродородов в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
10. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.
11. Чугунова, М.В. Влияние тяжелых металлов на почвенные микробоценозы и их функционирование/ Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.б.н. - Лен ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, 1990. 17 с.
12. Орлов, Д.С. Методы контроля почв, загрязненных нефтепродуктами / Д.С. Орлов, Я.М. Аммосова // Почвенно-экологический мониторинг. – М., 1994. 275 с.
13. Ammosova, J.M. Monitoring of soil degradation caused by oil contamination / J.M. Ammosova, M.J. Golev // Proceedings of the Conference "Towards Sustainable Land Use". – Bonn, Vol. 2, 31, 1998. P. 47-54.

CELLULOLYTIC ACTIVITY OF SOILS OF THE BLACK SEA COAST OF CAUCASUS IN THE CONDITIONS OF CHEMICAL POLLUTION

© 2016 A.A Kuzina, S.I. Kolesnikov, K.Sh. Kazeev

Southern Federal University"

The results of pollution impact by chromium, nickel, copper, lead and oil on the performance soils cellulolytic activity of the Black Sea coast of Caucasus. According to the degree of negative influence on the change of soil cellulolytic activity heavy metals form the following series: Cr > Ni > Pb > Cu. A comparative evaluation of the stability of cellulolytic activity to contamination with heavy metals and oil for the main soils of the Black Sea coast of the Caucasus is made.

Key words: *cellulolytic activity, soil, pollution, heavy metals, oil*

Anna Kuzina, Post-graduate Student. E-mail: nyuta_1990@mail.ru
Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Ecology and Nature Management Department. E-mail: kolesnikov@sfnu.ru
Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor at the Ecology and Nature Management Department. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru