



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Южный федеральный университет
Академия биологии и биотехнологии
им. Д. И. Иванова
Федеральный ростовский аграрный
научный центр
ФГБУ ГПАС «Ростовский»
Общество почвоведов им. В. В. Докучаева
Рабочая группа по исследованию черноземов



Материалы III Международной научной конференции и II Международной научной школы для молодых ученых «Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2023

Енчилик П.Р., Семенов И.Н., Безбердая Л.А., Васильчук Дж.Ю., Кошелева Н.Е., Касимов Н.С.	
Влияние пробоподготовки на содержание химических элементов в микрочастицах дерново-подзолистой почвы и чернозема	89
Ергина Е.И., Безуглова О.С.	
Литохимические характеристики черноземов Ростовской области и Крыма	93
Иванов Ф.Д., Пуликова Е.П., Горюнов А.В., Минкина Т.М., Баур Т.В.	
Оценка влияния загрязнения тяжёлыми металлами в нано- и микро дисперсной форме на микробиологическую активность почв гидроморфного ряда	97
Клиник Г.В., Леднев С.А., Семенов И.Н., Королева Т.В.	
Применение кластерного анализа для оценки времени существования пирогенной метки в характеристиках почв и растительности Базового экспериментального комплекса (г. Томск)	101
Микаил Р.Ф., Хазар Е.А., Болотов А.Г., Шейн Е.В., Ердель Е., Микаилсой Ф.Д.	
Определение тепловых свойств почвы провинции Ыгдыр (Турция) в летний сезон	105
Минаева Е.Н., Тагирвердиев С.С., Скрипников П.Н., Носов Г.Н.	
Сравнение различных методов определения содержания карбонатов в черноземах миграционно-сегрегационных	106
Ковач Р.Г., Смирнова М.А., Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н.	
Изменение признаков активности землероев в черноземах под влиянием лесополос (Белгородская область)	107
Козлова А.А.	
Специфика формирования и использования почв Южного Предбайкалья	110
Ляпина Е.Е.	
Ртуть в почвах Алтайского края	113
Нижельский М.С., Казеев К.Ш.	
Экологическое состояние чернозема при воздействии дыма от пожаров	116
Переломов Л.В., Бурачевская М.В., Апрощенко Ю.М., Терцян М.М., Симонов Р.В., Козыменко С.В., Романов Ю.В., Родин П.Р., Гурова М.С., Киселева К.В.	
Поглощение катионов микроэлементов продуктами взаимодействия глинистых минералов с расширяющейся структурной ячейкой и органических поверхностно-активных веществ	120
Рудова Д.Е., Тищенко С.А.	
Изменение активности ферриредуктазы чернозема миграционно-сегрегационного в локально переувлажненном ландшафте	122
Семенов И.Н., Леднев С.А., Клиник Г.В., Касымов Д.П., Азафонцев М.В., Королева Т.В.	
Свойства темно-гумусового горизонта чернозёма как индикаторы пирогенного воздействия (Базовый экспериментальный комплекс; Томск)	124

Почвы луга северной экспозиции более насыщены подвижной формой никеля, чем южной (на 0,24 мг/кг). Различия обусловлены более щелочным pH южного склона, что негативно сказывается на его подвижности. Почва под залежью имела самое высокое содержание никеля – 1,04 мг/кг.

Наименьшее содержание подвижного свинца отмечено в почве водораздельного плато под пашней – 0,31 мг/кг. На северном склоне с увеличением крутизны возрастало и содержание Pb на 0,25 мг/кг при 1° и в среднем в 2,5 раза при 3°, затем количество подвижного свинца резко уменьшалось, практически в 2 раза. Показатели на южном склоне имели сходную тенденцию. При 1° содержание возрастало на 0,22 мг/кг и увеличивалось в 2 раза при уклоне 3° по сравнению с водораздельным плато. При повышении уклона существенного изменения в количестве подвижного свинца не отмечалось. Данные закономерности обусловлены эрозией почв, а также тем, что свинец среди тяжелых металлов наименее подвижен и образует комплексы с органическим веществом почвы, обуславливая уменьшение количество подвижного свинца в почве.

В почве под лесополосой на водораздельном плато содержалось 0,57 мг/кг подвижного свинца. На склоне северной экспозиции при увеличении крутизны его количество уменьшалось на 0,04 мг/кг при 3° и на 0,22 мг/кг при 5°. Южный склон имел несколько иную тенденцию, и при 3° его содержание было выше, чем на водораздельном плато, а при 5° отмечается его убыль, как и на северном склоне. Такие изменения обусловлены значениями pH среды, так как более кислая среда увеличивает подвижность и доступность свинца для растений. Южный же склон напротив, имел более щелочную реакцию, что привело к осаждению свинца и его накоплению [4]. На лугу северной экспозиции содержание его в почве было самым высоким – 0,90 мг/кг, а на южной – уменьшалось на 0,15 мг/кг и составило 0,75 мг/кг. На залежи количество подвижного свинца было близко к лугу северной экспозиции – 0,79 мг/кг.

Содержание подвижного Cd под пашней было выше в 2-3 раза, по сравнению с остальными угодьями. На склоне северной экспозиции его было меньше в среднем на 0,20 мг/кг, чем на южной. На южном склоне содержание Cd практически не изменялось в зависимости от крутизны и составило 0,93–0,96 мг/кг. Изменение содержания подвижного кадмия на пашне обусловлено кислотностью почвенного раствора. Как правило, кадмий наиболее подвижен при pH 4,5–5,5, а в более щелочных интервалах его подвижность снижается и происходит его накопление [4].

Количество подвижного кадмия в почве под лесополосой было ниже в 2,7–3,0 раза, чем на пашне. На склоне северной экспозиции его содержание практически не изменялось – 0,25–0,30 мг/кг. На склоне южной экспозиции при уклоне 3° содержание было близким к водораздельному плато, а при увеличении градуса происходило увеличение его количества на 0,11 мг/кг.

Луг на обоих экспозициях не показал существенного варьирования по данному показателю (0,24–0,25 мг/кг). Схожую тенденцию имела и залежь – 0,28 мг/кг. Значения были близки к содержанию под лесополосой на склонах северной и южной экспозиции.

Независимо от вида сельскохозяйственного угодья и элемента рельефа ПДК всех изучаемых тяжелых металлов не превышала допустимой нормы.

Выводы. Изменение содержания в почве подвижных форм тяжелых металлов, таких как кобальт, никель, свинец и кадмий, зависит от местоположения в рельефе и вида сельскохозяйственного использования. В почве под лесополосами и лугом количество TM в среднем

выше, чем под пашней и залежью, за исключением кадмия, содержание которого выше под пашней. Изменение количества TM тесно связано с уровнем кислотности почвы.

Список литературы

1. Lisetskii F.N., Marinina O.A., Poletaev A.O., Zelenskaya E.Ya. Comparative evaluation of pollution by heavy metals of ploughed and fallow land at various duration of agropedogenesis // Journal of Agriculture and Environment. 2020. No. 3(15). P. 7–12.
2. Sabitova A.N., Bayakhmetova B.B., Mussabayeva B.Kh. [et al.]. Sorption of heavy metals by humic acids of chestnut soils // Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series. 2020. No. 3(99). P. 88–98.
3. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Трансформация форм тяжелых металлов в почве // «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов». Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск. ВНИИЗиЗПЗ. 2016. С. 107–111.
4. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Влияние минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в почве на склонах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4. С. 60–62.
5. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Накопление макро и микроэлементов корневыми остатками в агроландшафте // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 2. С. 102–108.
6. Михальчук Н.В. Тяжелые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах Юго-Запада Беларуси // Агроэкологічний журнал. 2017. No. 3. P. 27–31.

Влияние пробоподготовки на содержание химических элементов в микрочастицах дерново-подзолистой почвы и чернозема

Енчилик П.Р., Семенков И.Н., Безбердая Л.А., Васильчук Дж.Ю., Кошелева Н.Е.,
Касимов Н.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
Москва, pol@mail@inbox.ru

Почвы, как многофазные, гетерогенные и полидисперсные системы состоят из фракций разных размерностей, которые объединяются в микроагрегаты [6]. Изучению микрочастиц уделяется большое внимание, так как они накапливают многие загрязняющие вещества. Особый интерес вызывают тонкие фракции почв и дорожной пыли – PM1 и PM1-10 (PM – аббревиатура “particulate matter”, цифра – максимальный диаметр частиц в микрометрах), которые могут быть угрозой для здоровья человека [8, 10]. Для выделения фракций необходимого размера проводится дезагрегация твердой фазы. Чаще всего для этого применяют ультразвуковое диспергирование, благодаря которому исключается влияние человеческого фактора при пробоподготовке и можно оценить силу и время оказываемого воздействия. Однако, до сих пор слабо изучено влияние ультразвука на гранулометрический и химический состав полученных образцов. Так, например, некорректные параметры озвучивания могут привести к чрезмерной или, наоборот, неполной диспергации агрегатов [5], в результате чего будет ме-

няться доля более мелких частиц в пробе и, соответственно, концентрации в них химических элементов.

Цель работы состояла в изучении химического состава частиц РМ1 и РМ1-10, выделенных из почв и дорожной пыли южнотажных и степных ландшафтов с помощью центрифуги при различных вариантах применения из коллекции образцов ультразвуковой диспергации.

В качестве объектов исследования из коллекции образцов кафедры геохимии ландшафтов и географии почв выбраны четыре пробы: гумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы Центрально-Лесного заповедника (ЦЛЗ) и чернозема Крыма (таблица 1).

Таблица 1

Характеристики исследованных образцов				
Проба	Объект опробования	Координаты места отбора	Растительность	Материнская порода
Горизонт АУ	Дерново- подзолистые почвы ЦЛЗ, Тверская область	56°27'48,7"N 32°57'45"E	Елово- широколиственный кустарниково- разнотравный лес	Покровные суглинки, подстилаемые на 90– 120 см моренными отложениями с присутствием карбонатов
Горизонт АУ	Чернозем текстурно- карбонатный	44°40'17,7"N, 33°37'20,59"E	Дубрава злаково- разнотравная	Элюво-дельтовый известняков

Перед центрифугированием каждый образец растерли в фарфоровой ступке резиновым пестиком до однородного состояния и исчезновения комков. Для изучения влияния ультразвука на состав получаемой размерной фракции микроагрегатов каждую пробу диспергировали тремя способами в двукратной повторности: 1 – без применения ультразвука перед центрифугированием; 2 – с однократным воздействием ультразвука в течение 2 минут перед первым центрифугированием для выделения фракций РМ1 и РМ1-10; 3 – с многократным воздействием ультразвука в течение 2 минут перед каждым запуском центрифуги. Фракции РМ1 и РМ1-10 выделены на центрифуге «ОС-6МП» (ДАСТАН, Киргизия) с горизонтальным типом ротора. Время и скорость центрифугирования рассчитывали в программе «Centrifuge» [7].

После завершения центрифугирования супернатант (фракцию РМ1) сливали в отдельный сосуд. Операция повторяли до полного просветления супернатанта в стакане. После полного выделения частиц РМ1 аналогичным методом извлекали фракцию РМ1-10. Полученные суспензии с фракциями РМ1 и РМ1-10 фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм (EMD Millipore, США). В фильтрах с фракциями РМ1 и РМ1-10 почв и дорожной пыли определяли содержание Li, Na, Mg, Al, P, S, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, La, W, Pb, Bi, Th в лаборатории ВНИИ минерального сырья им. Н.М. Федорова с помощью системы Elan-6100 ICP-MS System (масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой PerkinElmer Inc., США) и Optima-4300 DV ICP-AES System (атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой PerkinElmer Inc., США).

В Эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ в валовых (исходных) образцах потенциометрическим методом измеряли величину рН почв и дорожной пыли

рН-метром «ЭКСПЕРТ-рН» (Россия) и электропроводность (ЕС) кондуктометром «SevenEasy S30» (MettlerToledo, Швейцария). Содержание органического углерода (Сорг) почв и дорожной пыли определяли методом И.В. Тюрина с титриметрическим окончанием. Гранулометрический состав валовых образцов проанализирован на лазерном гранулометре «Analysette 22 comfort» (Fritsch, Германия).

Различие элементного состава гранулометрических фракций при разных способах пробоподготовки оценено парным непараметрическим тестом Вилкоксона в программе STATISTICA 10 по всей выборке элементов с использованием в качестве порогового значения для $p=0,05$.

Физико-химические свойства образцов. Изученные объекты сильно отличаются по интенсивности антропогенного воздействия, величинам рН и ЕС, содержанию $C_{орг}$ и гранулометрическому составу. Гумусовый горизонт дерново-подзолистых почв ЦЛЗ характеризуется кислой реакцией среды (рН 4,3), а гумусовый горизонт крымского чернозема –щелочной (8,0–8,5) реакцией. По гранулометрическому составу чернозем в Крыму тяжелосуглинистый (содержит 35–50 % частиц диаметром <10 мкм), а дерново-подзолистая почва ЦЛЗ супесчаная (15–20 %).

В горизонте АУ дерново-подзолистой почвы ЦЛЗ (рисунок 1) при выделении гранулометрической фракции РМ1 с многократным озвучиванием наблюдается значимое увеличение ($p<0,0001$) содержания большинства химических элементов относительно выделения без озвучивания. При этом концентрация элементов при многократном озвучивании по сравнению с однократным отличается незначительно ($p=0,4$): увеличивается содержание P, S, V, Mn и снижается содержание Na, K, Sr, Zr и Cd. В целом, количество озвучиваний практически не влияет на содержание элементов во фракции РМ1. Влияние озвучивания на содержание химических элементов в полученной взвеси фракции РМ1-10 выражено слабее ($p=0,01$), чем для фракции РМ1: увеличивается только содержание P, S, Mn, Mo, Cd, Sb, Bi (рисунок 1).

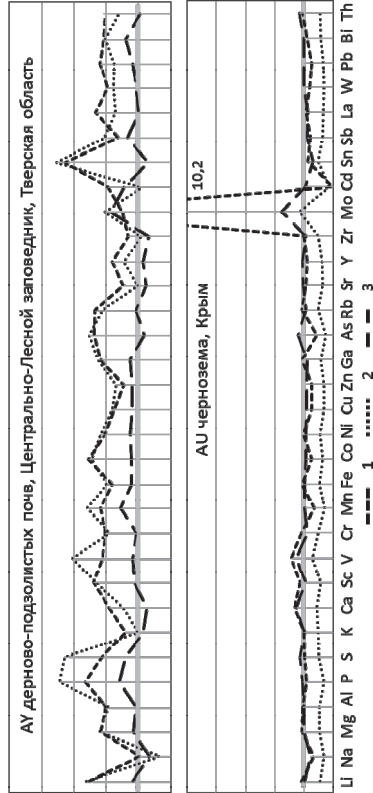


Рис.1. Содержание химических элементов в гранулометрических фракциях, полученных при различных способах ультразвуковой диспергации (среднее по двум измерениям), нормированное на содержание в пробах, полученных без озвучивания: 1 – для фракции РМ1 при однократном озвучивании; 2 – РМ1 при многократном озвучивании; 3 – РМ1-10 при однократном озвучивании

В гумусовом горизонте крымского чернозема однократное озвучивание образцов слабо влияет на уровни содержания элементов в частях РМ1 и РМ1-10 ($p=0,4$) за исключением Мо в черноземах, содержание которого во фракции РМ1 при однократном озвучивании возрастает в 10 раз относительно образца, не подверженного озвучиванию. Однако по сравнению с дерново-подзолистой почвой ЦЛЗ, в горизонте АУ чернозема Крыма при многократном озвучивании во фракции РМ1 значительно уменьшается ($p<0,005$) содержание практически всех элементов (рисунки 1).

Различия гранулометрического и элементного состава дерново-подзолистых почв ЦЛЗ и чернозёмов степи объясняются различиями в их минералогическом составе. Так, в дерново-подзолистых почвах преобладают минералы группы каолинита – 42–47 % от суммы [2, 3], а в чернозёмах [4] – иллиты (53–63 % от суммы).

На содержание химических элементов в получаемой гранулометрической фракции РМ1 гумусового горизонта дерново-подзолистых почв Центрально-Лесного заповедника значительно влияет применение ультразвукового диспергирования. Однократного озвучивания достаточно для разрушения всех микроагрегатов, что увеличивает содержание большинства элементов в получаемой фракции РМ1 относительно варианта без использования ультразвука. На содержание элементов во фракции РМ1-10 однократное озвучивание не оказывает существенного влияния, поэтому применение ультразвукового диспергирования для ее выделения не требуется.

В гумусовом горизонте чернозема Крыма однократное озвучивание в низкой степени влияет на выход элементов в гранулометрических фракциях РМ1 и РМ1-10. Многократное озвучивание снижает концентрацию некоторых элементов в получаемой пробе фракции РМ1 за счет разрушения агрегатов из первичных минералов с меньшим содержанием элементов.

Полевые работы выполнены при поддержке проектов 17-05-41036 РГО а (ЦЛЗ, Терская обл.), РФФИ 19-05-50101 (Крым). Обработка и интерпретация данных выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 19-77-30004-П. Авторы благодарны В.В. Крупской за консультации по методике гранулометрического фракционирования; Д.В. Власову за консультации при интерпретации результатов; Е.В. Терской и Л.В. Добрыдновой за консультации при выполнении химико-аналитических работ; сотрудникам Всероссийского института минерального сырья имени Н.М. Федорова за определение содержания элементов в гранулометрических фракциях.

Список литературы

1. Енчилик П.Р., Семенов И.Н., Асеева Е.Н., Самонова О.А., Иовчева А.Д., Терская Е.В. Картерная биогеохимическая дифференциация в южно-таежных ландшафтах (Центрально-Лесной заповедник, Тверская область) // Вестник Московского университета. Серия 5: география. 2020. № 6. с. 121–133.
2. Ишкова И.В., Русакова Е.С., Толпешта И.И., Соколова Т.А. Почвы склона и поймы ручья в Центрально-Лесном заповеднике: некоторые химические свойства и состав глинистых минералов // Вестник Московского университета, Серия 17, Почвоведение. 2010. № 3. с. 3–9.
3. Маряхина Н.Н., Максимова Ю.Г., Толпешта И.И., Соколова Т.А. Химико-минералогическая характеристика подзолистых почв Центрального Лесного заповедника в местах распространения карстовых образований // Вестник Московского университета. 2009. Серия 17: Почвоведение. № 3. с. 25–31.
4. Силёва Т.М., Артемьева З.С., Рыжова И.М., Состав микроагрегатов чернозёмов Приволжской лесостепи // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 5. с. 19–31.