

6. *Тимова Н.А., Козут Б.М.* Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв // Итоги науки и техники (серия почвоведение и агрохимия). Т.8. М.: Изд-во ВИНТИ, 1991. 156 с.
7. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.-Л.: Сельхозгиз, 1937. 287 с.
8. *Kogut V.M., Semenov V.M.* Theoretical concepts about organic matter, humus, humic substances in soils and their adequate experimental determination // Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. V International Symposium. Saint Petersburg: VVM Publishing Ltd., 2014. P. 105-106.
9. *Schwendenmann L., Pendall E.* Response of soil organic matter dynamics to conversion from tropical forest to grassland as determined by long-term incubation // Biology and Fertility Soils. 2008. V. 44. P.1053-1062.
10. *von Lützw M., Kögel-Knabner I., Ludwig B., Matzner E., Flessa H., Ekschmitt K., Guggenberger G., Marschner B., Kalbitz K.* Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model // J. Plant Nutrition and Soil Sci. 2008. V. 171. P. 111-124.
11. *Wander M.* Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function // Soil organic matter in sustainable agriculture. Eds. F.Magdoff, R.R.Weil. Boca Raton etc: CRC Press, 2004. P. 67-102.

УДК 631.417

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЦЕНОЗА

Н.А. Колобова, З.Н. Егорова, Н.В. Матвеева,

А.Д. Котельникова, О.Б. Рогова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

nataly_starok@mail.ru

Показано, что при внесении минеральных удобрений снижается потенциальная буферная способность почв и энергия связи фосфатов с почвой, повышается максимальная емкость по отношению к фосфат-ионам. При прекращении внесения удобрений энергия связи повышается, а максимальная емкость понижается. При внесении удобрений повышается содержание фосфора в илистой и лёгкой фракциях, а при последствии данные показатели снижаются до уровня контрольного варианта. Анализ группового состава фосфатов показал, что внесение минеральных удобрений повышало содержание фракций F1, F2, F3, F4. Прекращение внесения удобрений приводило к снижению содержания в почве фракций F2, F3, F4.

Ключевые слова: действие и последствие удобрений, агрофон, длительный полевой опыт, гранулоденсиметрическое фракционирование, сорбция фосфора, групповой состав соединений фосфора

Исследовались черноземные почвы Воронежской области, где на территории землепользования Воронежского НИИСХ в 1991 году заложен длительный полевой опыт, на котором изучается действие и последствие различных доз минеральных удобрений. Анализировались образцы 6 разных вариантов опыта: «без удобрений» – делянки, где не вносятся удобрения; «NPK» – делянки, где вносится 60 кг/га N, P и K ежегодно; «2NPK» – делянки, где вносится 120 кг/га N, P и K ежегодно; «фон» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году; «фон+NPK» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году и затем до 2009 года ежегодно вносили 60 кг/га N, P и K; «фон+2NPK» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году и затем до 2009 года ежегодно вносили 90 кг/га N, P и K. Образцы отбирались в 2013 году в 3 повторностях с помощью бура диаметром 5 см методом конверта с глубины 0-20 см. В образцах определяли агрохимические показатели, проводилось гранулоденсиметрическое фракционирование почв, анализ группового состава соединений фосфора в почве и в физических фракциях, определялась сорбционная способность почв по отношению к фосфору.

Физические фракции были выделены по методу Шаймухаметова, Травниковой и Титовой (Шаймухаметов и др., 1985). Физические фракции разлагали с HNO_3 с использованием системы разложения Milestone Smart D. В полученных растворах концентрация фосфора определялась колориметрически с помощью спектрофотометра Unicо 1201. Фракции фосфора выделялись из почвы и физических фракций по методу Олсена и Соммерса (1982), который рекомендуется для удобряемых почв. Потенциальная буферная способность почв определялась по методике Гинзбург (1975). Полученные данные аппроксимировали моделью ограниченной сорбции на монослое Лэнгмюра.

Почвенные образцы, отобранные с делянок с «действием» удобрений, характеризуются высоким содержанием органического углерода, которое

немного повышается в удобренных вариантах ($r=0,93$). В эксперименте с «последствием» удобрений наблюдалось снижение содержания органического углерода в варианте «фон+2NPK». На делянках с «действием» удобрений рН было меньше, чем в варианте без удобрений. На делянках с «последствием» удобрений это различие было менее выражено. Наименьшая обменная кислотность наблюдалась в вариантах с одинарной и двойной дозами минеральных удобрений, в то время как делянки с фоном обладали высоким значением данного показателя. Содержание подвижного фосфора и обменного калия на делянках с действием удобрений увеличивалось пропорционально дозе удобрений. На площадке с фоном мы наблюдали снижение содержания фосфора и калия в варианте «фон+2NPK».

Применение уравнения Лэнгмюра и построение изотерм сорбции позволило рассчитать термодинамические характеристики энергии связи фосфатов с почвой (ΔG), максимальной емкости по отношению к фосфат-ионам (Q_{max}), константу адсорбции (b). Полученные кривые описываются экспоненциальными либо полиномиальными второй степени уравнениями с высокой степенью достоверности ($R^2=0,95$ и выше). Анализ изотерм показывает, что почвы с «действием» удобрений обладали различающимися сорбционными характеристиками, в то время как изотермы почв с «фоном» удобрений почти не различались.

Результаты свидетельствуют о том, что количество сорбированного фосфора в неудобренных почвах было выше, чем в вариантах с внесением удобрений. На делянках с агрофоном количество сорбированного фосфора было примерно одинаковых во всех вариантах опыта.

Выявлено, что максимальная емкость по отношению к фосфору (Q_{max}) в удобренных почвах была выше, чем в неудобренных, и была максимальной в варианте «2NPK». На делянках с агрофоном максимальная емкость почти не

различалась в вариантах опыта и была ниже, чем на делянках с действием удобрений. Константа адсорбции (b) сильно различалась в вариантах опыта.

В вариантах с действием удобрений энергия связи фосфатов с почвой была ниже, чем в неудобренном варианте и уменьшалась пропорционально дозе удобрения. Энергия связи фосфатов с почвой в вариантах с агрофоном также была ниже, чем в неудобренном варианте, и не различалась по вариантам опыта. Стоит отметить, что энергия связи на делянках с агрофоном была выше, чем в вариантах с действием удобрений.

Физическое гранулоденсиметрическое фракционирование позволяет разделить группы соединений органоминеральной системы почв на связанные в органо-глинистые комплексы (илистые) и не связанные с глинистой матрицей (легкие). В черноземных почвах преобладает фракция остатка, содержащая частицы крупнее 1 мкм и тяжелее 2 г/см³ (47,95-50,7 %). Доля илистой фракции, представленной органо-глинными комплексами, составляет 38,9-40,4 % от массы почвы. Содержание лёгкой фракции невысоко и составляет 9,6-12,28 %.

Валовое содержание фосфора в илистой фракции почв делянок с агрофоном не различалось по вариантам опыта и составляло 0,13 %, в то время как в илистой фракции почв делянок с действием удобрений содержание валового фосфора увеличивалось пропорционально дозе удобрения (с 0,11 до 0,14-0,19 %). В легкой фракции мы наблюдали аналогичное распределение. Содержание валового фосфора во фракции остатка было наименьшим и составляло 0,03-0,05 %.

Валовое содержание фосфора в черноземах варьировало от 785 мг/кг в неудобренных вариантах до 1113 мг/кг в варианте “2NPK”. Внесение удобрений и их последствие привело к трансформации фосфорных соединений. Фракционирование фосфорных соединений показало, что во всех почвенных образцах неокклюдированный фосфор, связанный с алюминием и железом и

адсорбированный на минеральных поверхностях (NaCl–NaOH-P) составляет наименьшую долю (33-88 мг/кг). На участках с удобрениями мы наблюдали увеличение содержания данной фракции с 62 до 82-88 мг/кг в вариантах “NPK” и “2NPK”. На делянках с агрофоном содержание фосфора, сорбированного карбонатами (CB-P) было максимальным в неудобренном варианте и снижалось с увеличением дозы удобрения. На участке с действием удобрений фракция CB-P увеличивалась с повышением дозы удобрения.

Содержание фосфора, окклюдированного внутри оксидов и гидроксидов железа (CBD-P) повышалось в варианте «фон+NPK», а в варианте «фон+NPK» не отличалось от неудобренного варианта. На участках с действием удобрений мы наблюдали повышение содержания CBD-P от 86 до 142 мг/кг. На участке с действием удобрений содержание фосфора, представленного в виде слаборастворимых фосфатов кальция (HCl-P), а также фракции фосфора не выветрившихся минералов материнской породы и трудногидролизуемых фосфогумусовых комплексов (residual-P) повышалось с повышением дозы удобрения. Валовое содержание фосфора на делянках “NPK” и “2NPK” увеличивалось в основном за счёт фракций CB-P, CBD-P, HCl-P. Валовое содержание фосфора на делянке «агрофон+2NPK» не отличалось от варианта «агрофон» (840 и 866 мг/кг, соответственно), в то время как валовое содержание фосфора на делянке «агрофон+NPK» повысилось до 919 мг/кг.

Обнаружено, что спустя 4 года после прекращения внесения удобрений сорбционные характеристики почвы приближаются к уровню таковых в неудобренных почвах. В целом, изученные почвы сорбировали малые количества фосфора, что связано с высоким содержанием органического вещества в них, конкурирующего с фосфором за сорбционные места, а также высоким pH (6,56-7,93) и низким содержанием Fe-Al компонентов, являющихся основными поглотителями фосфора. Внесение минеральных удобрений повышало содержание доступного растениям неокклюдированного фосфора,

связанного с алюминием и железом (F1); фосфора, сорбированного карбонатами (F2); фосфора, окклюдированного внутри оксидов и гидроксидов железа (F3) и фосфата кальция (F4). Прекращение внесения удобрений приводило к снижению содержания в почве фракций F2, F3, F4.

УДК 631.48

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ УГЛЕДОБЫЧИ НА ПРИМЕРЕ ПОДМОСКОВНОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

П.П. Кречетов, О.В. Черницова

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

krechetov@mail.ru

Технопедогенез на участках остановленной угледобычи привел к трансформации морфологических и химических свойств природных почв. Наиболее существенные изменения наблюдались на прилегающих к терриконам участках и в зонах техногенных просадок. Выделено и охарактеризовано несколько типов технопедогенеза под влиянием добычи сернистого бурого угля.

Ключевые слова: технопедогенез, угледобыча, Тульская область

Длительное (десятки лет) поступление в природные ландшафты техногенных потоков от отвалов сульфидсодержащих пород на участках угледобычи, а также формирование новых форм рельефа (терриконов, шлейфов, просадок) оказало значительное влияние на почвенный покров лесостепной зоны (в пределах Тульской области). Характер изменений почв определяется количеством и составом поступившего в почву техногенного материала (ТГМ); степенью включения ТГМ в почвенные горизонты; составом дренажных вод отвалов; расстоянием от отвалов; динамикой процессов трансформации почв; развитием гидроморфизма в зонах просадок (Солнцева и др., 1992). Цель данной работы – оценить эволюцию морфологических и химических свойств черноземов выщелоченных при поступлении техногенного материала