



УДК. 631.445.41+541.6

ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА, ОБРАБОТАННОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ НА ОСНОВЕ ГУМАТОВ КАЛИЯ

Демидов В.В.¹, Панова И.Г.², Шульга П.С.¹, Ильясов Л.О.², Ярославов А.А.²

¹Факультет почвоведения МГУ, Москва, Российская Федерация

igpan@mail.ru

²Химический факультет МГУ, Москва, Российская Федерация

demidov951@yandex.ru

ANTI-EROSION PROPERTIES OF CHERNOZEM, TREATED WITH POLYELECTROLYTE COMPLEXES BASED ON POTASSIUM HUMATE

Demidov V.V.¹, Panova I.G.², Shulga P.S.¹, Ilyasov L.O.², Yaroslavov A.A.²

¹Department of Soil Science, Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²Chemistry Department, Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Annotation: The influence of the anionic, neutral and cationic complexes of potassium humate/polycation on the aggregate composition and resistance to water erosion of chernozem was evaluated. The best soil builder is a positively charged complex, which prevents soil washing out at a water flow rate of 0.3 m/s.

Введение

Чернозем является одним из наиболее ценных мировых ресурсов, который может быть полностью потерян в результате эрозионных процессов. Негативным процессам подвержено более трети почв сельскохозяйственных угодий России. По черноземным областям ЦФО 34% площади пашни и 51% площади пастбищ эрозионно опасны, 18 и 15%, соответственно – дефляционно опасны. Ежегодный смыв с обрабатываемых земель составляет 0,56 млрд. т (Рыбальский, 2017). Наиболее разрушающим процессом, ведущим к потере и деградации плодородных почв, является водная эрозия. Формирование поверхностного стока приводит к отрыву и транспорту почвенных агрегатов водными потоками и, как следствие, дегумификации и потере почвы. Быстрым и эффективным приемом улучшения структурного состояния и повышения противоэрозионных свойств пахотных почв является применение полимерных структурообразователей, в том числе полиэлектролитов (ПЭ) (Onyejekwe, 2015; Rapova, 2017). Показано, что оптимальный результат может быть достигнут, если полимер содержит в себе как гидрофильные, так и гидрофобные участки. Первые взаимодействуют с гидрофильными областями на поверхности частиц почвы и склеивают их. Вторые вызывают тот же эффект в отношении гидрофобных участков частиц. Это приводит к резкому увеличению эффективности полимерного структурообразователя и его низкой растворимости в воде. Указанными свойствами обладают интерполиэлектролитные комплексы (ИПЭК), продукты взаимодействия двух разноименно заряженных полиэлектролитов. Стехиометрические ИПЭК, полученные на основе синтетических ПЭ и характеризующиеся полной компенсацией зарядов, являются эффективными связующими почвы, что было показано при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (Zezin, 2015).

Цель данной работы заключалась в оценке и сопоставлении в модельных экспериментах противоэрозионной стойкости частично деградированного чернозема, обработанного полимерными поликомплексами нового поколения. Такие ИПЭК получены с использованием



природных полианионов, гуматов калия (ГК), широко применяемых в качестве удобрений и иммуностимуляторов растений. В качестве второго компонента комплексов использован нетоксичный поликатион, флокулянт для очистки сточных вод, полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ).

Объекты и методы

В качестве составляющих поликомплексов использованы поли (диаллилдиметиламмоний хлорид) с $M_w = 400-500$ кДа (Sigma-Aldrich, США) и гуматы калия (Humintech GmbH, Германия) с $M_w 9,9$ кДа. Образцы почвы были отобраны в верхнем десяти сантиметровом слое пахотного горизонта на Опытном поле ВНИИЗиЗПЭ в районе села Панино Медвенского района Курской области. На основании полевого описания почвенного горизонта определен тип почвы – чернозем типичный среднемощный слабосмытый легкосуглинистый на лёссовидных суглинках глубокопахотный (Haplic Chernozem (Aric Loamic) (Острикова, 2008; Егоров, 1977). Координаты разреза: $51^{\circ} 32' 32,2''$ с.ш.; $36^{\circ} 06' 35,9''$ в.д. Точность 3 метра. Высота над уровнем моря 232 м. Разрез расположен в средней части северного склона южной экспозиции, угол наклона земной поверхности $1,1^{\circ}$. Определение содержания гумуса в почве проводилось по Никитину с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель (Амельянчик, 2001). Определения агрегатного состава почвы и количества водопрочных агрегатов в черноземе проводились по методу Н.И. Саввинова (Вадюнина, 1986). Количественная оценка противозерозионной стойкости почвы проводилась на среднем эрозионном лотке, оборудованном расходомером, баком-отстойником, источником воды и устройством для измерения расхода воды за единицу времени (скорости водного потока) и определения величины смыва почвы за известный промежуток времени при заданной скорости (Кузнецов, 1986).

Результаты и обсуждение

В работе использовали три вида интерполиэлектrolитных комплексов: нестехиометрические, отрицательно или положительно заряженные ИПЭК, включающие трехкратный избыток ионизированных функциональных групп лиофилизующего ПЭ, а также стехиометрический комплекс, характеризующийся нулевым зарядом. Комплексы получали простым смешиванием 1% водных растворов высокомолекулярных соединений, состав смесей характеризовали соотношениями (Q) ионизированных при pH7 карбоксильных групп гуматов калия и аммонийных групп ПДАДМАХ: $Q (-)=[N^+] : [COO^-] = 0.3$; $Q (+)=[COO^-] : [N^+] = 0.3$ и $Q (0)=[COO^-] : [N^+] = 1$. Концентрация ИПЭК в дисперсиях/суспензии составляла 1%.

Для обработки были взяты образцы слабосмытого чернозема. Содержание гумуса – 4,96% Анализ агрегатного состава исходной почвы в воздушно-сухом состоянии, показал, что средневзвешенный диаметр агрегатов составил 2,5 мм. Средневзвешенный диаметр водостойких агрегатов чернозема составил 0,5 мм.

Для изучения состояния структуры и устойчивости к водной эрозии чернозема, обработанного ИПЭК, была использована практически не растертая почва, по своему состоянию приближающаяся к естественным условиям. Обработка почвы полимерами проводилась путем однократного разбрызгивания 1% водной дисперсии/суспензии ИПЭК на поверхность почвы из расчета 2 л/м^2 . При этом визуально было обнаружено, что при использованной технологии нанесения глубина проникновения водных растворов ИПЭК в почвенный слой не превышала 1 см. Образцы почвы сушили в течение 3-4 суток, конечная влажность составила около 7%.



На рис. 1 представлено массовое содержание фракций агрегатов разного размера в верхнем сантиметровом слое чернозема в воздушно-сухом состоянии до и после обработки полимерами. Следует отметить, что доля маленьких агрегатов 0,125-0,75 мм в обработанном черноземе снизилась на 25-30%. При этом содержание крупных агрегатов, > 10мм, наоборот, существенно повысилось. Соответствующая анализ показывает, что при сухом просеивании средневзвешенный диаметр агрегатов составил 4,7мм, 5,6мм и 5,5 мм, соответственно, при использовании комплексов состава Q(-), Q(0) и Q(+).

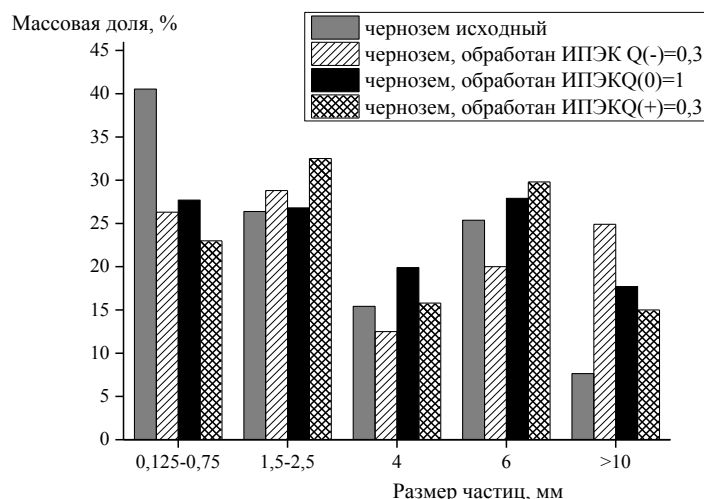


Рис.1. Влияние ИПЭК на агрегатный состав воздушно-сухого чернозема.

Массовые доли водостойких агрегатов чернозема до и после обработки полимерами представлены на рис.2.

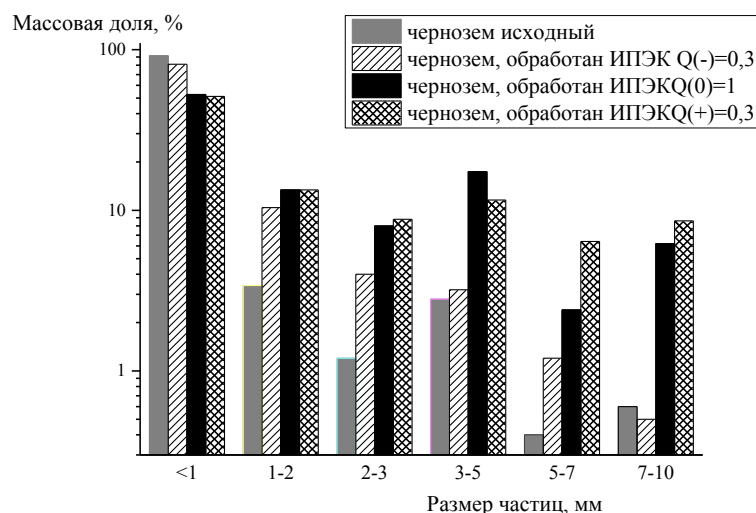


Рис.2. Влияние ИПЭК на количество водостойких агрегатов чернозема.

Видно, что и в этом случае обработка ИПЭК приводит к снижению содержания меньших по размеру водостойких агрегатов (<1 мм) и повышению содержания агрегатов большего размера. Математическая обработка показала, что средневзвешенный диаметр водостойких агрегатов составил 0,7 мм, 1,9 мм и 2,1 мм, соответственно, для комплексов состава Q(-), Q(0) и Q(+). Таким образом, использование поликомплексов позволяет существенно повысить



прочность и размер водостойких агрегатов чернозема, то есть улучшает структурное состояние почвы.

Результаты проведенных экспериментов по изучению устойчивости чернозема к водной эрозии до и после обработки полимерами представлены на рис. 3.

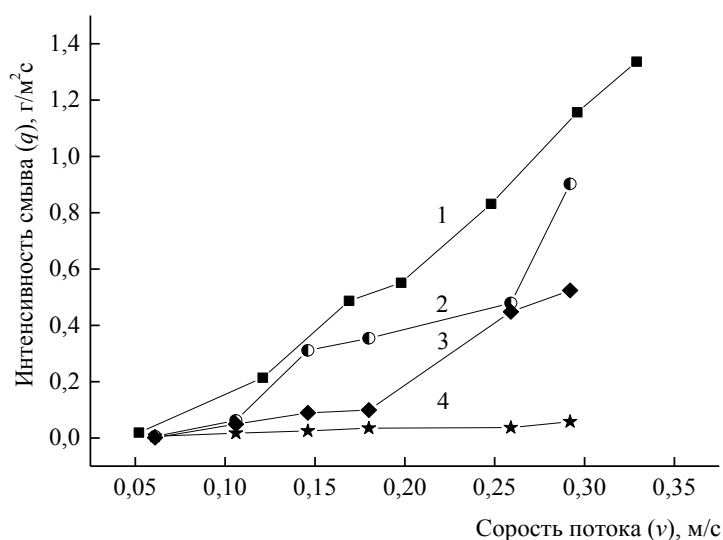


Рис.3. Зависимость интенсивности смыва почвы от скорости водного потока для исходного чернозема (1) и чернозема, обработанного ИПЭК: Q(-) (кривая 2), Q(0) (кривая 3) и Q(+) (кривая 4).

Видно, что в результате обработки слабосмытого чернозема полимерными препаратами происходит снижение интенсивности смыва чернозема. При этом, отрицательно заряженный ИПЭК проявил себя как достаточно слабый структурообразователь, способный несколько повысить устойчивость чернозема к водной эрозии только при небольшой скорости водного потока (0,12 м/с). Наиболее эффективным оказался положительно заряженный ИПЭК, практически полностью предотвращающий смыв почвы даже при скорости потока 0,3 м/с. Можно предположить, что в результате обработки почвы полимерами происходит слипание почвенных коллоидов, приводящее к увеличению ее агрегатного состава и меж-агрегатного сцепления. При этом прочность образующихся контактов существенно выше в случае положительно заряженного ИПЭК за счет его более эффективного связывания с отрицательно заряженными минеральными и органическими частицами, входящими в состав чернозема. Для отрыва и перемещения скрепленных таким образом почвенных агрегатов требуется большая скорость водного потока, т.е. происходит увеличение противозерозионной стойкости почвы.

Выводы

Показано, что обработка слабосмытого чернозема интерполиэлектrolитными комплексами (ИПЭК) на основе гуматов калия и поли(диаллилдиметиламмоний хлорида) улучшает структурное состояние чернозема. При использовании всех трех ИПЭК, отрицательно заряженного, нейтрального и положительно заряженного, происходит увеличение среднего диаметра воздушно сухих почвенных агрегатов в 2 раза. Средний диаметр образующихся водостойких агрегатов зависит от заряда ИПЭК и составляет 0,7 мм, 1,9мм, 2,1мм, соответственно, для комплексов состава Q (-)/Q (0)/Q (+), что в 1,4/3,8/4,2 раза больше исходного среднего диаметра водопрочных агрегатов чернозема (0,5 мм).



Наибольшим противоэрозионным эффектом обладает положительно заряженный ИПЭК, предотвращающий смыв почвы при скорости водного потока 0,3 м/с.

Благодарность

Работа осуществлена при поддержке РФФИ (грант № 18-29-25017).

Литература

- Н.Г. Рыбальский (2017). Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 760
- Onyejekwe, S., & Ghataora, G. S. (2015). Soil stabilization using proprietary liquid chemical stabilizers: sulphonated oil and a polymer. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 74(2), 651-665. DOI: 10.1007/s10064-014-0667-8
- Panova, I. G., Sybachin, A. V., Spiridonov, V. V., Kydraliev, K., Jorobekova, S., Zezin, A. B., & Yaroslavov, A. A. (2017). Non-stoichiometric interpolyelectrolyte complexes: Promising candidates for protection of soils. *Geoderma*, 307, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.001>.
- Zezin, A. B., Mikheikin, S. V., Rogacheva, V. B., Zansokhova, M. F., Sybachin, A. V., & Yaroslavov, A. A. (2015). Polymeric stabilizers for protection of soil and ground against wind and water erosion. *Advances in colloid and interface science*, 226, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2015.06.006>
- Полевой определитель почв России (2008). Под ред. К.Т. Остриковой. М.: изд-во Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 182 с.
- Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др. (1977). Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос. 224 с.
- Амельянчик О.А., Большева Т.Н., Гомонова Н.Ф., Дурынина Е.П., Егоров В.С., Егорова Е.В., Едемская Н.Л., Карпова Е.А., Минеев В.Г., Прижукова В.Г., Сычев В.Г. (2001). Практикум по агрохимии. Учеб. пособие, - 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. (1986). Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 416 с.
- Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Григорьев В.Я. (1986). Методы изучения эрозионных процессов. М.: Изд-во МГУ. 104 с.