

УДК 504.064.47

ФОРМИРОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И ОБРАЗОВАНИЕ УРБОТЕХНОЗЕМА НА ОТВАЛАХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ АТМОСФЕРНОМ ЭКСПОНИРОВАНИИ

© И.В. Татаркин, Д.В. Демин, С.М. Севостьянов

Показано, что за время атмосферного экспонирования отвалов осадков сточных вод сформировался урботехнозем. В этих новообразованных почвах хорошо выделяются генетические горизонты. Почвенные процессы, протекающие в профиле этих техногенных образований, схожи с почвообразовательным процессом в глейсолях. При этом происходит трансформация органического вещества осадка сточных вод с образованием водорастворимого органического вещества и гуминовых кислот. Также было обнаружено, что происходит миграция DOC по профилю и накопление в нижних горизонтах. Одновременно с этим процессом идет накопление гуминовых кислот в верхнем аккумулятивном горизонте и убывание их содержания по профилю почвы.

Ключевые слова: техногенные поверхностные образования, урботехнозем, почвообразование, осадки сточных вод.

Известно, что в условиях интенсивной антропогенной нагрузки в городе формируется урбоэкосистема, которая состоит из фрагментов природных экосистем, окруженных домами, промзонами, автодорогами и т.д. Урбоэкосистема характеризуется созданием искусственных, новых типов систем в результате деградации, уничтожения или замещения природных систем. При этом на городских и прилегающих к ним территориях складированы различные отходы, происходит механическое нарушение и перемещение горизонтов почвы, образуются новые почвенные антропогенные образования – урбаноземы и урботехноземы [1]. Одними из таких искусственных образований являются осадки городских очистных сооружений (ОСВ) и почвоподобные тела на их основе.

Как показано в литературных источниках по технопедогенезу, под действием факторов среды (в основном климатических) происхо-

дит увеличение аэрации верхнего слоя техногенных образований, усиливается микробиологическая активность, что приводит к активной минерализации органического вещества [2]. При этом начинают активно протекать такие элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) (перераспределение в профиле частиц различного диаметра, трансформация, миграция и накопление органического вещества), что и в природных почвах, только в других сочетаниях. Экспериментальные материалы по развитию почвообразования на отвалах ОСВ во времени для большинства регионов пока еще ограничены, хотя задача таких полевых экспериментов уже назрела.

В связи с этим нами было проведено определение морфологических и физико-химических показателей разновозрастных отвалов осадков сточных вод городских очистных сооружений г. Серпухова с целью определения характера и направления ЭПП, идущих в

ТАТАРКИН Иван Владимирович, Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
e-mail: ivantatarkin2005@rambler.ru

ДЕМИН Дмитрий Викторович, Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
e-mail: dmitriy demin@rambler.ru

СЕВОСТЬЯНОВ Сергей Михайлович, Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
e-mail: sevost2000@rambler.ru

разновозрастных ОСВ при их длительном атмосферном экспонировании.

Нами были заложены несколько разрезов на глубину 100 см, из которых отбирались почвенные образцы с разной глубины для определения агрегатного состава, содержания и распределения по профилю органического вещества и гуминовых кислот. Результаты исследований показали, что в отвалах ОСВ под действием факторов окружающей среды со временем начинают протекать процессы разрушения, перераспределения и преобразования веществ, схожие с аналогичными процессами, происходящими в почвах, характерных для данной природно-климатической зоны.

Было установлено, что в исследованных разрезах происходит дифференциация вещества по профилю и выделение отдельных горизонтов.

При этом нами были выделены основные ЭПП, образующие профиль урботехнозема, сформированного на осадках сточных вод – это гумусообразование, дернообразование, оструктуривание, зоогенез, оглеение и выщелачивание.

Если взять за основу международную классификации почв (WRB) с учетом расположения площадки ОСВ на пойменной террасе р. Оки, профиль исследуемого урботехнозема можно представить в виде «молодо-

го» профиля глейсолей [3] со сформировавшимися отдельными горизонтами (табл. 1).

По содержанию илистой фракции исследованный урботехнозем представляет собой слоистое формирование, в котором в горизонтах Ah и Bg1 содержание фракции <0,001 достигает 10,6%.

Второй техногенный слой представляют горизонты Bg2 и BgC, в которых содержание илистой фракции <0,001 не превышает 3,4–3,8%. Третий слой представляет собой горизонт C, в котором содержание илистой фракции не превышает 1,8%. По содержанию физической глины в исследованном урботехноземе выделяются верхние легкосуглинистые горизонты A, Bg1, Bg2 и BgC и горизонт C, представленный связанной супесью.

Анализ содержания водорастворимых органических соединений (DOC) по горизонтам разреза показал, что происходит миграция DOC по профилю и накопление его в слое 20–30 см, затем резкое снижение с глубины 30–60 см и опять увеличение до глубины 90 см (рис. 1).

Распределение водорастворимых органических соединений в урботехноземах, сформированных на ОСВ, носит элювиально-иллювиальный характер. Так, накопление водорастворимых органических соединений в слое 0–20 см говорит о том, что в период лет-

Таблица 1

Профиль урботехнозема на осадках сточных вод

Ah	(0–17 см) – гумусированный, темно-серого цвета, ореховатой, комковатой структуры, легкосуглинистый, рыхлого сложения, пылитса, без запаха, свежий; с включениями керамики и кирпича, переплетен корнями, переход заметный, ровный
Bg1	(17–29 см) – переходный; гумусированный, светло-серого цвета, ореховатой структуры, легкосуглинистый, свежий, уплотненный, не пылитса, с железистой присыпкой, включения керамики, кирпича, переход в следующий горизонт заметный, пронизан корнями по всему профилю
Bg2	(29–48 см) – иллювиальный; светло-серого цвета, комковато-ореховатый, уплотненный, свежий, плитовидный, включения керамики и кирпича, заканчиваются корни, наличие червей, переход резкий
BgC	(49–59 см) – переходный; бесструктурный, темно-серого цвета, пластинчатый, с характерным запахом, оглеение, пластинчатая часть с присыпкой крупного песка с четким переходом
C	(59–91 см) – черный, с сильным запахом, оглеение, влажный, ватообразный, бесструктурный с включениями, бесструктурный с включениями, плитовидный, рыхлый, неплотный

них осадков максимальная глубина промачивания ограничивается слоем 20–30 см. В то же самое время водоупором для внутрипочвенного стока служит горизонт С, над которым и аккумулируется водорастворимое органическое вещество.

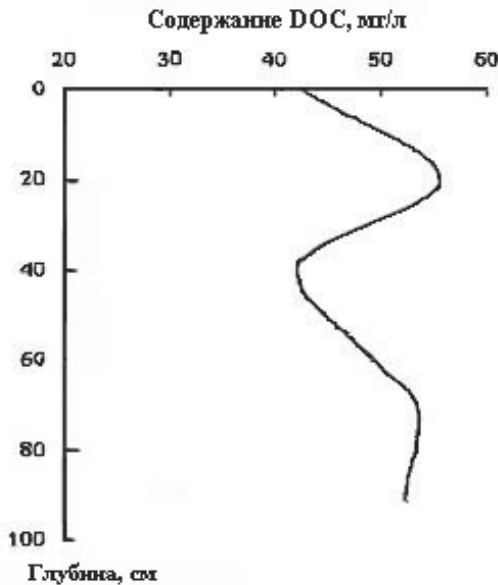


Рис. 1. Распределение DOC по профилю, мг/л

Исследование содержания гуминовых кислот (ГК) по профилю исследуемого урботехнозема почв показало их разделение по профилю. Спектры поглощения в ультрафиолетовой и видимой областях, выделенных из горизонтов урботехнозема ГК, не имели четких максимумов, оптическая плотность монотонно убывала с увеличением длины волны.

Для характеристики полученных фракций использовали коэффициенты экстинкции (EC_{465}) и цветности (E4/E6) – соотношение поглощения раствора при длинах волн 465 и 665 нм.

При анализе исследуемых образцов ГК было обнаружено достоверное уменьшение значений EC_{465} от верхнего горизонта вниз по профилю. При этом коэффициенты экстинкции горизонта Ah и Bg1 были близкими по значению. Коэффициенты цветности E4/E6 в горизонтах Bg2 и С были больше, чем в горизонте Ah и Bg1 (табл. 2).

По-видимому, при промывном водном режиме происходит вымывание подвижной фракции ГК в нижележащие горизонты, что

подтверждается в наших исследованиях на молекулярном уровне. В верхней части профиля формируется аккумулятивный горизонт, который отличается от ОСВ сформировавшихся низкомолекулярными фракциями ГК.

Таблица 2

Коэффициент экстинкции EC_{465} и цветности E4/E6 гуминовых кислот по горизонтам исследуемого урботехнозема

Горизонт	Образец	EC_{465} C=1мг/мл	E4/E6
Ah	ГК	0,7±0,1	3,0±0,2
Bg1	ГК	0,7±0,3	2,6±0,2
Bg2	ГК	0,6±0,3	3,1±0,1
BgC	ГК	0,5±0,1	3,0±0,5
С	ГК	0,4±0,2	3,0±0,3

Электрофорез ГК в полиакриламидном геле [4], выделенных из горизонтов исследуемого разреза, показал наличие несколько стабильных дискретных электрофоретических фракций, тождественных электрофоретическим фракциям ГК, выделенных из сформированных (эталонных) почв, что явно свидетельствует о наличии почвообразовательного процесса на отвалах ОСВ, находящихся в режиме атмосферного экспонирования в течение длительного времени (рис. 2).

Таким образом, можно сделать вывод, что при нахождении ОСВ в режиме атмосферного экспонирования в течение длительного времени происходит минерализация и гумификация органического вещества ОСВ, и формируется почва, в которой очень хорошо выделяются генетические горизонты. При этом происходит накопление ГК в верхнем аккумулятивном горизонте и убывание их содержания по профилю почвы.

Согласно классификации построений Н.А. Качинского (1961), исследуемые урботехноземы по гранулометрическому составу относятся к почвам легкого гранулометрического состава. Слоистость исследованного урботехнозема по содержанию как илистых фракций, так и физической глины в целом, объясняется различным гранулометрическим составом исходной почвообразующей поро-

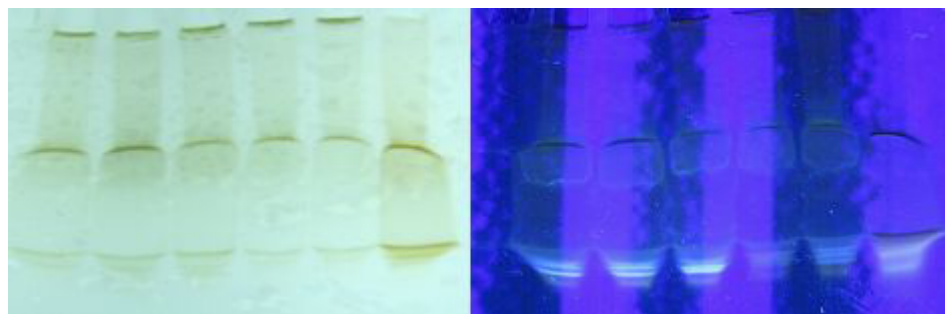


Рис. 2. Электрофорез в 10% ПАГ в трис-боратной системе в присутствии ДДС-На и мочевины 1 мг ГК урботехнозема (Московская обл.), А, В, С+D – естественно окрашенные электрофоретические зоны ГК. На рисунке знаками (+) и (-) обозначены катод и анод

ды. Кроме того, в верхних горизонтах исследуемого урботехнозема больше содержание илистых частиц, чем в нижележащих, это говорит о том, что идет активный процесс химического выветривания минералов под действием гуминовых веществ в горизонтах Ah и Bg1.

Распределение водорастворимых органических соединений в урботехноземах, сформированных на ОСВ, носит элювиально-иллювиальный характер. Электрофорез ГК в полиакриламидном геле, выделенных из горизонтов исследуемого разреза, показал наличие нескольких стабильных дискретных электрофоретических фракций, тождественных электрофоретическим фракциям ГК, выделенных из сформированных почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-04-31924 мол_a

ЛИТЕРАТУРА

1. Татаркин И.В., Демин Д.В., Худяков О.И. Формирование урботехнозема на осадках сточных вод при длительном хранении // Научный вестник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип. 403-404: Біологія. Чернівці, 2008. С. 230–239.
2. Замотаев И.В., Белобров В.П., Дмитриева В.Т., Шевелев Д.Л. Технопедогенез на футбольных полях России. М., 2012. 264 с.
3. Почвы Мира. Атлас : учеб. пособие для студ. вузов / В. Цех, Г.Хинтермайер-Эрхард; пер. с нем. Е.В.Дубравиной; под ред. Б.Ф. Апарина. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 120 с.
4. Трубецкой О.А., Трубецкая О.Е, Афанасьева Г.В., Резникова О.И., Сайз-Хименез Ц. Электрофоретический анализ гумусовых веществ и продуктов их кислотного гидролиза // Почвоведение. 2001. № 10. С. 1230–1233.

FORMATION OF HUMIC ACIDS AND URBAN SOILS ON SEWAGE SLUDGE DUMPS UNDER LONG-TERM ATMOSPHERIC EXPOSURE

© I.V. Tatarkin, D.V. Dyomin, S.M. Sevostyanov

Our research shows that urban technogenic soils have been formed under atmospheric exposure of sewage sludge dumps. These newly formed soils contain clearly distinguishable genetic horizons. Soil processes in the profile of these man-made structures are similar to the soil-forming process in gley soils. The transformation of sewage sludge organic matter is accompanied by the production of water-soluble organic matter and humic acids. It has also been discovered that DOC migrates down the profile and accumulates in the lower horizons. Simultaneously, an accumulation of humic acids occurs within the top accumulative horizon, with a decrease in their contents down the soil profile.

Key words: technogenic surface formations, urban soils, pedogenesis, sewage sludge.