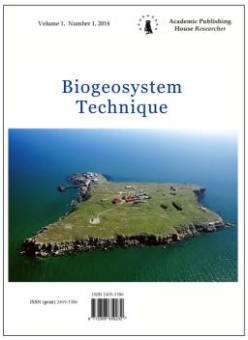
Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
Vol. 1, No. 1, pp. 41-49, 2014

DOI: 10.13187/bgt.2014.1.41
www.ejournal19.com



UDC 631.45: 631,878: 631,879

The Use of Lignite and Compost-based Sewage Sludge as a Fertilizer and Soil Ameliorants

[1] Olga S. Bezuglova
[2] Anastasiya E. Shimko

[1] Southern Federal University, Russian Federation
Department of Soil Science and land evaluation
Dr. (Biology), Professor
E-mail: lola314@mail.ru
[2] Donskoy Zonal Research Institute of Agriculture, Russian Federation
Laboratory of biological agriculture, Senior Scientist
E-mail: shimko@list.ru

Abstract

In laboratory experiments it was shown that the brown coal and sludges-based composts while introducing them into the soil – ordinary chernozem carbonate and urbanozem – have increased biological activity, resulting in a significant increase in CO2 emissions. Phytotoxicity urbanozem when making lignite and composts reduced. Identification of a large set of heavy metals by means of spectral analysis showed that the introduction of sewage sludge and composts does not lead to an increase of their content in the soil.

Keywords: brown coal; sewage sludge; vermicompost on the basis of sewage sludge; chernozem ordinary; urbanzem; carbon emissions.

Введение

Интенсификация земледелия на фоне недостаточного внесения в почву органического вещества приводит к повышенной минерализации гумуса – основного носителя плодородия. К примеру, за последние 2—3 десятилетия содержание гумуса в Нечерноземной зоне уменьшилось на 0,5–0,7 т/га, в Центрально-Черноземной полосе на – 1,0–1,5 т/га [1].

Наряду с применением в качестве удобрений навоза, навозной жижи, птичьего помета, компостов, соломы, опилок, лесного опада, зеленых растений, сапропеля, большой интерес представляет использование таких местных удобрений как бурый уголь и канализационный ил – осадок сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений.

Из литературных данных следует, что в большинстве случаев по удобрительной ценности ОСВ не уступают подстилочному навозу [2—7]. Отечественный и зарубежный опыт использования осадка сточных вод после биологической очистки свидетельствует о перспективности способа его утилизации в качестве удобрения при условии отсутствия токсичных примесей, в частности, соединений тяжелых металлов.

Другой недорогой материал, с помощью которого возможно решение проблемы нехватки органических удобрений, – бурый уголь (БУ). Бурый уголь (БУ) – энергетически

малоценное полезное ископаемое, содержащее 40—80 % гуминовых кислот, что позволяет считать БУ их источником. Причем неоспоримым его преимуществом является экологическая безопасность, т.к. он свободен от загрязняющих веществ. К тому же можно использовать и его детоксицирующие свойства, обусловленные развитой сорбционной поверхностью и высоким содержанием гуминовых кислот [8,9].

Цель данной работы – показать возможность использования бурого угля и ОСВ в качестве удобрений и мелиорантов, как загрязненных ТМ, так и обедненных органическим веществом, почв.

Материалы и методы

В опытах использовался БУ Александрийского месторождения, чернозем обыкновенный карбонатный и урбанозем (почву отбирали в непосредственной близости от завода «Эмпилс», г. Ростов-на-Дону). Контрольным образцом в данных исследованиях служил чернозем обыкновенный карбонатный (Персиановская степь, заповедник, как почва, не затронутая антропогенными воздействиями). Выбор места отбора урбаноземной почвы обусловлен тем, что в результате работы завода по производству красок, данная почва была загрязнена цинком, а наличие загруженной автодороги привело к дополнительному загрязнению почвы свинцом.

Исследования вели путем постановки модельных опытов.

Сорбционные свойства бурого угля изучали в ходе модельных опытов определением величины сорбции им цинка и свинца, и удельной поверхности расчетным методом по величине максимальной гигроскопичности. Максимальную гигроскопичность определяли по методу Николаева.

Для выяснения механизмов сорбции были выделены препараты ГК из БУ, и в них определены: суммарное содержание кислых функциональных групп (карбоксильных и фенольных гидроксилов) ускоренным методом по Драгуновой, содержание карбоксильных групп (емкости поглощения ГК) по Кухаренко [10].

Влияние внесения осадков сточных вод и бурого угля на эмиссию CO_2 в воздух изучали также в ходе модельного лабораторного опыта. Схема опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1

Схема модельно-лабораторного опыта по изучению влияния ОСВ и компостов на их основе и БУ на эмиссию углекислого газа

№№	Вариант	Биодобавка	Доза, т/га
1	Контроль – К1	Почва без добавок	-
2	Контроль – К2	Навоз	10
3	Контроль – К3	Навоз	40
4	К1+СК10	Старый кек	10
5	К1+СК40	Старый кек	40
6	К1+МК10	Молодой кек	10
7	К1+МК40	Молодой кек	40
8	К1+См10	Смесь СК + МК (1:1)	10
9	К1+См40	Смесь СК + МК (1:1)	40
10	К1+КК10	Компост на основе кека	10
11	К1+КК40	Компост на основе кека	40
12	К1+ВК10	Вермикультура на основе кека	10
13	К1+ВК40	Вермикультура на основе кека	40
14	К1+БУ10	Бурый уголь	10
15	К1+БУ40	Бурый уголь	40

Старый кек представляет собой ОСВ, смешанный с адсорбентом – термически измененными породами угольных шахт, после шести месяцев складирования, молодой кек – после 2-х недель складирования. Компост на основе кека получали следующим образом:

сырой осадок сточных вод смешивали с органическими остатками (солома, опилки). Доля органики составляла ¼ часть. Компост выдерживался в течение 12 месяцев. Биогумус (вермикультура) получали из компоста на основе кека путем его переработки червем «Старатель».

Компостирование вели в сосудах на 500 *г*, почва для компостирования взята из пахотного горизонта (0—30 *см*) в Аксайском районе Ростовской области (чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый). После набивки сосудов почва была увлажнена до 65% от ПВ и эта влажность поддерживалась на протяжении всего периода наблюдений. В помещении была оптимальная для жизнедеятельности микроорганизмов температура (23—24°С). Контроль за эмиссией CO_2 (дыхание почвы) осуществлялся в динамике: спустя сутки после начала компостирования, трое суток, 10 суток и 14 суток. Учет выделяющегося в течение суток CO_2 проводили по методу Галстяна.

Определение величин pH и ППП (потери при прокаливании), постановка и проведение модельного эксперимента по фитотоксичности ОСВ велись стандартными методиками [11, 12]. Спектральный анализ на содержание ТМ проводили методом атомной спектроскопии в лаборатории НПО «Южгеология».

Результаты и обсуждение

По результатам анализов были построены изотермы адсорбции. Они свидетельствуют, что адсорбция цинка черноземом, урбаноземом и БУ имеет сложный характер, который может быть описан уравнением Ленгмюра.

Адсорбция свинца в изученном диапазоне доз загрязнения описывается уравнением Генри, представляющим собой упрощенное уравнение Ленгмюра для прямой линии. Самое высокое поглощение ТМ отмечено именно бурым углем (рис. 1), что указывает на его высокую способность к нейтрализации токсикантов, то есть связыванию их в недоступные для растений формы, и, тем самым, осуществлению протекторной функции по отношении к сопредельным средам.

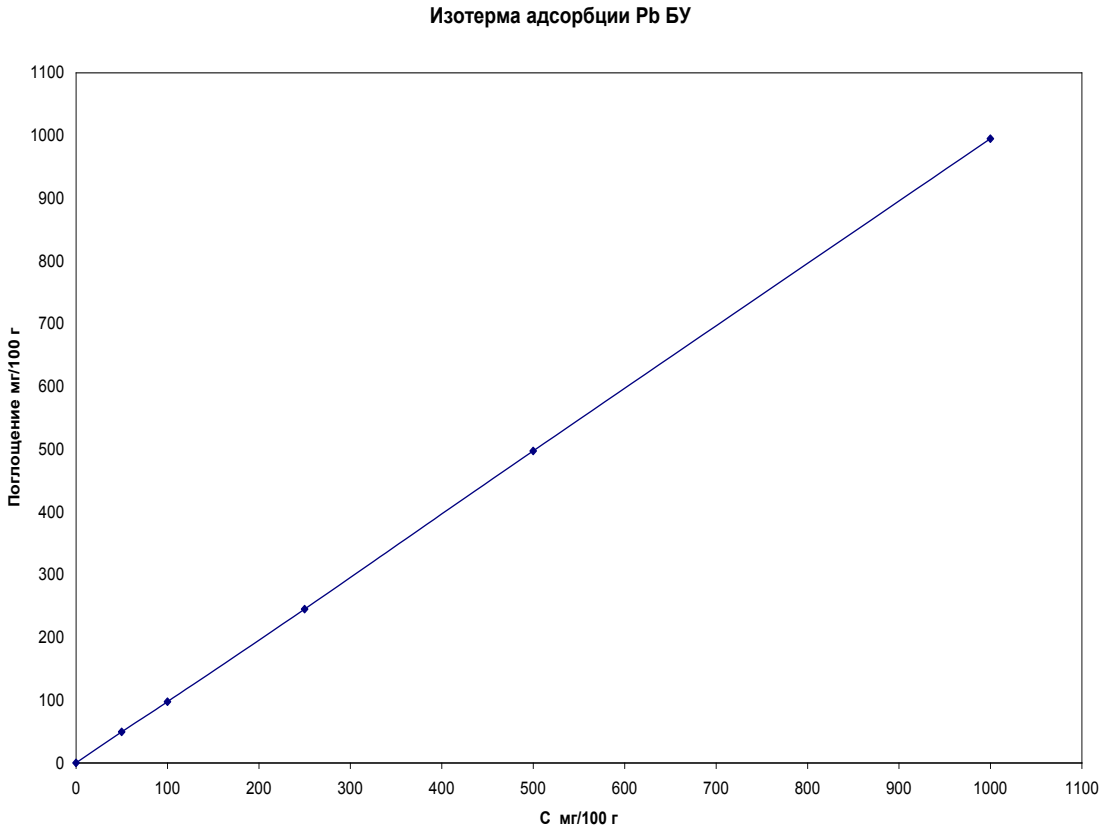


Рис. 1. Изотерма адсорбции свинца бурым углем

Результаты исследования по определению удельной поверхности БУ и почв показали, что в урбаноземе, по сравнению с черноземом, в 0,46 раз меньше величина удельной поверхности, следовательно, снижена и способность к связыванию (адсорбции) токсических соединений, в т.ч. и ТМ. То есть в условиях города бурый уголь можно использовать в качестве мелиоранта: он обладает повышенной способностью к связыванию этих веществ, т.к. его удельная поверхность в полтора раза выше, чем у чернозема, и в 3,2 раза выше, чем у урбанозема.

Определению количества функциональных групп ГК (табл.2) показало, что общее содержание кислых функциональных групп самое высокое в ГК бурого угля, и снижается соответственно в черноземе и урбаноземе, что говорит о повышенной способности бурого угля к хемосорбции тяжелых металлов.

Таблица 2.

Содержание функциональных групп ГК, мг-экв/100 г

Объекты	Карбоксильные группы (-COOH)	Фенольные группы (-OH)	сумма
Бурый уголь	295,7	198	495,3
Чернозем	339,5	112,7	452,4
Урбанозем	346,3	36,7	382,5

В эксперименте с ОСВ спустя сутки после начала опыта биологическая активность чернозема обыкновенного карбонатного, оцениваемая по интенсивности дыхания, характеризуется, в соответствии со шкалой сравнительной оценки, как очень высокая.

Однако уже на четвертый день интенсивность дыхания резко снижается и в дальнейшем колеблется в пределах градации «высокая», а через две недели понижается до оценки «средняя». Через полгода наблюдается увеличение интенсивности дыхания вновь до оценки «очень высокая». Вероятно, это обусловлено тем, что к этому времени состояние почвенной системы в сосудах можно охарактеризовать, как «динамическое равновесие».

Результаты эксперимента свидетельствуют, что любые из исследованного ряда биодобавки способствуют росту интенсивности дыхания и увеличению эмиссии двуокиси углерода в атмосферу (рис. 2—4). На протяжении всего времени наблюдения биологическая активность почвы на всех вариантах с внесением биодобавок оценивалась как очень высокая или высокая. При внесении навоза (вар. 2, 3), вермикомпоста на основе кека (вар. 12, 13), бурого угля (вар. 14, 15) с увеличением дозы удобрения возрастает и интенсивность дыхания. Причем, рост интенсивности дыхания не пропорционален увеличению дозы внесения. На вариантах с внесением ОСВ и компоста на их основе картина обратная: увеличение дозы приводит к снижению эмиссии CO_2, что, возможно, обусловлено некоторым токсическим или ингибирующим эффектом по отношению в микрофлоре. Внесение бурого угля приводит к значительной активации деятельности микроорганизмов, особенно на вариантах с высокой дозой. На всех вариантах со временем наблюдается тенденция к снижению биологической активности. Однако при сравнении с чистым контролем (где органические вещества не вносились), на вариантах с высокими дозами компоста на основе кека, вермикомпоста и БУ наблюдалось значительно более высокое выделение CO_2, что свидетельствует о незавершенности процессов разложения и гумификации внесенных органических добавок.

Рис. 2. Влияние внесения навоза на дыхание чернозема обыкновенного карбонатного. Сроки отбора (длительность компостирования): 1 – сутки; 2 – 3 суток; 3 – 10 суток; 4 – 14 суток, 5 – ½ года

Эксперимент показал также, что величина pH при внесении навоза, БУ и вермикомпоста, особенно в повышенной дозе, снижалась на 0,1—0,22 единицы, в то время как добавки на основе осадков сточных вод практически не влияли на этот показатель.

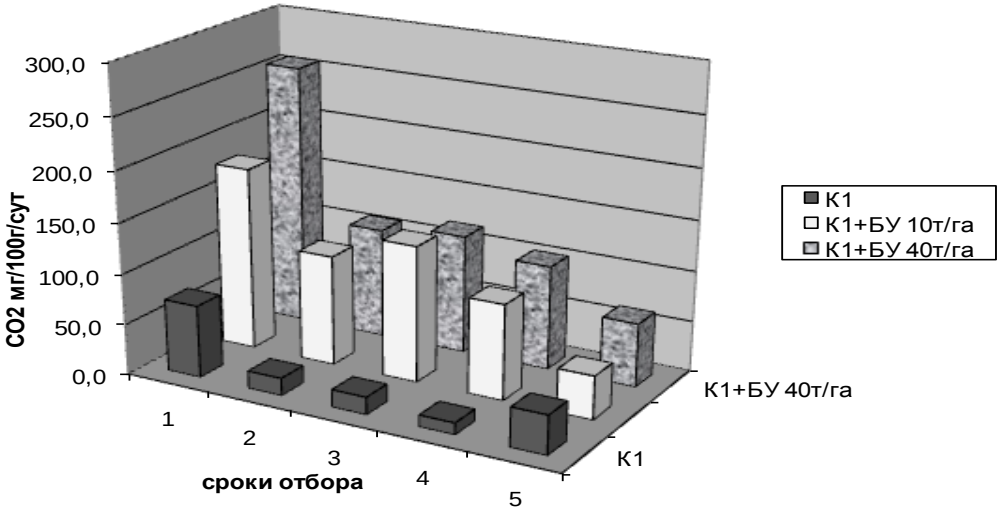


Рис. 3. Влияние БУ на интенсивность дыхания в черноземе обыкновенном карбонатном. Сроки отбора (длительность компостирования): 1 – сутки; 2 – 3 суток; 3 – 10 суток; 4 – 14 суток, 5 – ½ года

Определение ППП (потерь при прокаливании) показало, что через три дня после внесения органических добавок содержание органического углерода значимо увеличивается на всех вариантах с добавками, причем пропорционально внесенной дозе (исключение составляют варианты с навозом – К2 и К3). Через полгода компостирования количество органического углерода практически на всех вариантах лишь незначительно выше контрольного значения, что свидетельствует об ускоренной минерализации вновь внесенной органики. И только на варианте с дозой БУ 40 т/га наблюдается заметно более высокое содержание органического углерода.

В литературе высказываются опасения, что ОСВ может содержать излишне высокое количество ТМ. В связи с этим нами проведено определение большого набора ТМ с помощью спектрального анализа, которое показало, что внесение ОСВ не приводит к увеличению в почве их содержания.

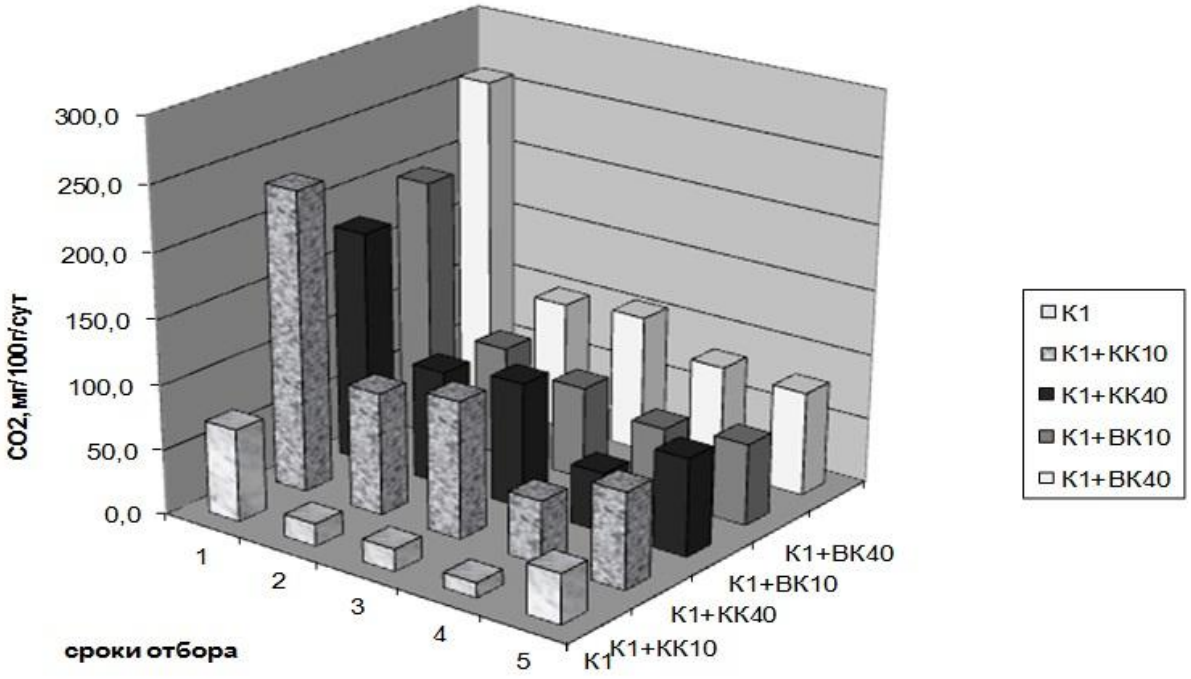


Рис. 4. Влияние осадков сточных вод и компостов на их основе на интенсивность дыхания в черноземе обыкновенном карбонатном (Апах). Условные обозначения. Сроки отбора: 1 – сутки компостирования; 2 – 3 суток; 3 – 10 суток; 4 – 14 суток, 5 – ½ года. Варианты: К1 – контроль (почва без добавок), ВК – вермикультура на основе кека, КК – кек после компостирования. Дозы: 10 – 10 т/га, 40 – 40 т/га

Результаты эксперимента по определению фитотоксичности (рис. 5) свидетельствуют, что длина проростков на почве, подвергшейся трехдневному компостированию с биодобавками, была значительно выше, по сравнению с проростками, помещенными на почвенные «пластины» с полугодичным сроком компостирования (в среднем на 5 см).

Внесение добавок увеличивало длину проростка по сравнению с контролем (урбанозем без добавок), причем самая значительная прибавка была достигнута на вариантах с

компостом и вермикомпостом (при трехдневном сроке компостирования), и вермикомпостом и бурым углем (на полугодичном сроке компостирования). Все закономерности проявляются в дозах внесения добавок, эквивалентной 10 и 40 т/га. Полученная разница статистически достоверна на всех вариантах с вероятностью 0,99 во всех случаях, кроме контроля и СК10 на полугодичном сроке компостирования.

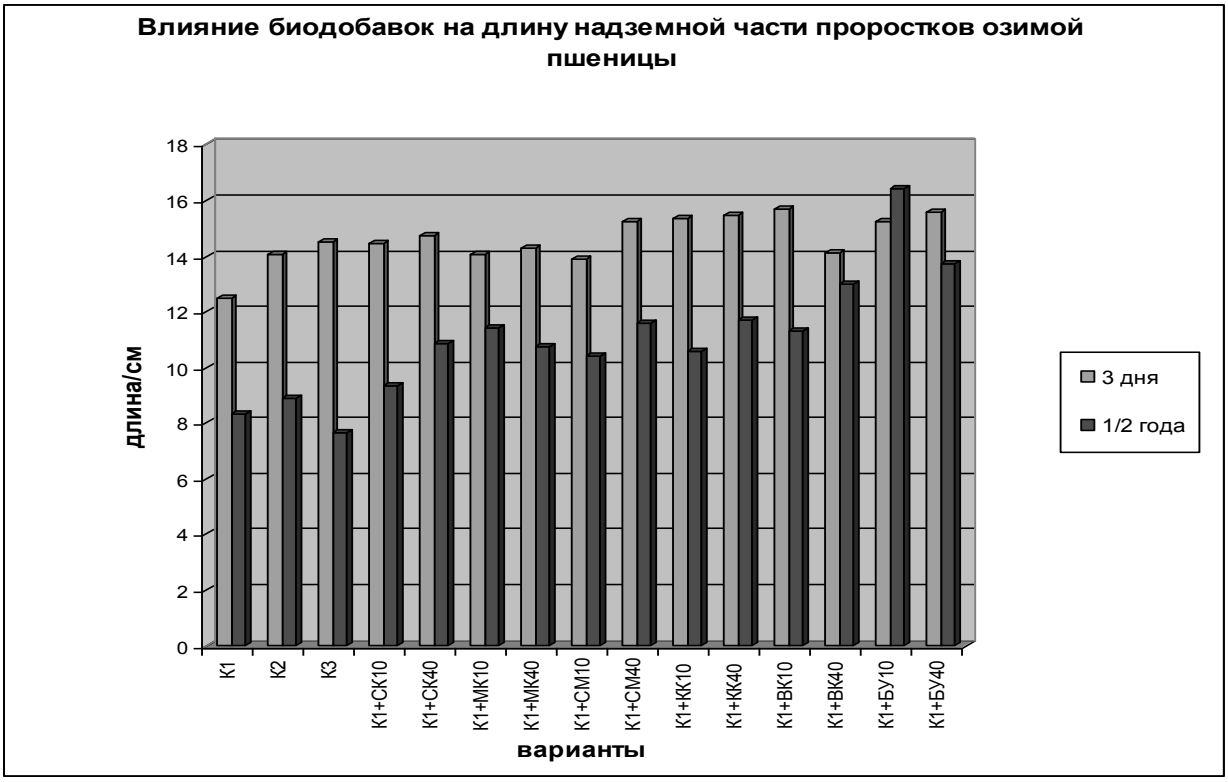


Рис. 5. Влияние внесения биодобавок в урбанозем на длину надземной части проростков озимой пшеницы

Вегетативная масса проростков была также более высокой после трехдневного компостирования (в среднем на 0,2 *г*). Причем, внесение добавок увеличивало массу проростков по сравнению с контролем.

Определение зольности проростков показало, что содержание золы в них возрастает при внесении в почву биологически активных веществ не только по вариантам (наиболее отчетливо это проявляется на вариантах с компостом, вермикультурой и БУ), но и по срокам компостирования (% золы возрастает на полугодичном сроке компостирования). Это свидетельствует, что в почве после полугода компостирования, создаются более благоприятные для поглощения зольных элементов условия.

Заключение

Характер изотерм адсорбции показал, что на черноземе удается достигнуть насыщения сорбирующих центров при концентрации ТМ 0,05—0,1 мг/л. На БУ плато достигнуто не было. Величина удельной поверхности БУ в полтора раза выше, чем у чернозема, и в 3,2 раза выше, чем у урбанозема. Это доказывает, что БУ обладает повышенной способностью к сорбции цинка и, особенно, свинца, и может применяться на загрязненных тяжелыми металлами почвах в качестве дотоксиканта. Высокое общее содержание кислых функциональных групп гуминовых кислот в БУ свидетельствует о возможности хемосорбции тяжелых металлов при его внесении в загрязненные почвы.

Внесение бурого угля и осадков сточных вод в чернозем обыкновенный приводит к значительному увеличению эмиссии CO_2 к концу второй недели наблюдения. Внесение вермикомпостов на основе ОСВ сопровождается увеличением биологической активности почвы и соответственно ростом эмиссии углекислого газа примерно в 2—4 раза. Биодобавки на основе ОСВ, бурый уголь и навоз оказывают стимулирующее влияние на рост проростков

озимой пшеницы на всех сроках компостирования, что позволяет говорить о возможности применения ОСВ и БУ в качестве веществ, повышающих плодородие субстрата.

Благодарности

Работа поддержана грантами Министерства образования и науки РФ № 5.885.2014/К, ведущей научной школы Российской Федерации НШ-2449.2014.4.

Примечания:

1. Богатырев С.М. Экологическая оценка эффективности использования осадков сточных вод в качестве удобрения в условиях Курской области. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курск, 1999. 24 с.

2. Беляева С.Д. Организация работ по использованию осадков сточных вод в качестве удобрения / С.Д. Беляева, В.А.Ситников, Е.В. Покровская // Водоснабжение и санитарная техника. 2002. 312. Ч.1. С. 30.

3. Котов А.В. Обезвреживание и утилизация осадков городских сточных вод малых населенных пунктов: автореф. дисс. .... канд. тех. наук. Нижний Новгород, 2005. 22 с.

4. Мерзлая Г.Е. Агроэкологический эффект использования осадков сточных вод / Г.Е.Мерзлая, Р.П. Воробьева // Сборник докл. Конгресса ЭКВАТЭК. В 2-х частях. Под общ. ред. д-ра мед. наук, проф. Л.И. Эльпинера. М., 2006. С. 763.

5. Козлов М.Н. Использование компоста на основе осадков сточных вод московских очистных сооружений для повышения плодородия почв / М.Н. Козлов, В.И. Скляр, В.А.Грачев, Ю.А.Николаев, А.Я.Ванюшина // Сборник докл. Конгресса ЭКВАТЭК. В 2-х частях. Под общ. ред. д-ра мед. наук, проф. Л.И.Эльпинера. М., 2006. С. 767—768.

6. Сучкова Н.Г. Обработка осадка сточных вод с использованием биотехнологий для производства органо-минеральных удобрений: перспективы для Безлюдовских очистных сооружений г. Харьков / Н.Г Сучкова., Л.П. Свиренко // Сборник докл. Конгресса ЭКВАТЭК. В 2-х частях. Под общ. ред. д-ра мед. наук, профессора Л.И.Эльпинера. М., 2006. С. 785—787.

7. Юдин А.Г. Переработка осадков сточных вод для использования на землях сельскохозяйственного назначения // Сборник докл. Конгресса ЭКВАТЭК. В 2-х частях. Под общ. ред. д-ра мед. наук, профессора Л.И.Эльпинера. М., 2006. С. 795—797.

8. Уланов Н.Н. Возможности использования окисленных углей и гуминовых веществ в сельском хозяйстве // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С. 157—161.

9. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2001. 228 с.

10. Орлов Д.С. Практикум по биохимии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. М., 1981. 271 с.

11. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

12.Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н.Никольская. М., Гуманитарный издательский цент Владос. 2001. 288 с.

References:

1. Bogatyrev, S.M. Environmental assessment of the effectiveness of the use of sewage sludge as fertilizer in terms of Kursk region. Abstract. dis. ... candles. with.-of agricultural Sciences. Kursk, 1999. 24 s. (in Russian)

2. Belyaev, S.D. Organization of work on the use of sewage sludge as fertilizer / S. D. Belyaev, B.A. Sitnikov, E.C. Pokrovskaya // water Supply and sanitary technique. 2002. 312. H. 1. C. 30. (in Russian)

3. Kotov, A.C. Neutralization and disposal of sludge municipal wastewater of small settlements: author. Diss. .... Kida. those. Sciences. Nizhni Novgorod, 2005. 22 C. (in Russian)

4. Frozen, That Is, Ecological effects of using sewage sludge / Year that is Frozen, R.P. Vorobiev // Collection of reports. Congress ECWATECH. In 2 parts. Under the General editorship of Dr. med. Sciences Professor L. I. Alpiner. M., 2006. S. 763. (in Russian)

5. Kozlov M. The use of compost on the basis of sewage sludge Moscow WWTP to improve soil fertility / M. Kozlov, V.I. Sklar, C.A. Grachev, Y.A. Nikolaev, A.J. Vanyushin // Collection of

reports. Congress ECWATECH. In 2 parts. Under the General editorship of Dr. med. Sciences Professor L. I. Alpiner. M., 2006. S. 767-768. (in Russian)

6. Suchkov N.G. Wastewater sludge treatment using biotechnology for the production of organo-mineral fertilizers: prospects for Bezlyudovsky treatment facilities, Kharkiv / N.G. Suchkov, L.P. Sirenko // Collection of reports. Congress ECWATECH. In 2 parts. Under the General editorship of Dr. med. Sciences Professor L. I. Alpiner. M., 2006. S. 785-787. (in Russian)

7. Yudin A., Processing of sewage sludge for use on land for agricultural purposes // Collection of reports. Congress ECWATECH. In 2 parts. Under the General editorship of Dr. med.Sciences Professor L.I. Alpiner. M., 2006. S. 795-797. (in Russian)

8. Ulanov N.N. The possibility of using oxidized coals and humic substances in agriculture // Humic substances in the biosphere. M., 1993. S. 157-161. (in Russian)

9. Bezuglova O.C. Humus status of soils of the South of Russia. Rostov-on-don: Publishing house SCMCVS, 2001. 228 s. (in Russian)

10. Orlov D.S. Workshop on biochemistry of humus / D.S. Orlov, L.A. Grishina. M., 1981. 271 s. (in Russian)

11. Arinushka E. Century Manual on chemical analysis of soils. M.: Moscow state University press, 1970. 487 s. (in Russian)

12. Fedorov A. I. Workshop on ecology and the environment / A.I. Fedorov, A.N. Nikolskaya. M, Humanitarian publishing center Vlados. 2001. 288 s. (in Russian).

УДК 631.45 : 631.878 : 631.879

Использование бурого угля и компостов на основе осадка сточных вод в качестве удобрений и мелиорантов почв

[1] Ольга Степановна Безуглова
[2] Анастасия Евгеньевна Шимко

[1] Южный федеральный университет, Российская Федерация
Доктор биологических наук, профессор
[2] Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Российская Федерация
Старший научный сотрудник

Аннотация. В лабораторных экспериментах было показано, что бурый уголь и компосты на основе осадков сточных вод при внесении их в почву – чернозем обыкновенный карбонатный и урбанозем – способствуют росту биологической активности, что выражается в значительном росте эмиссии CO_2. Фитотоксичность урбанозема при внесении бурого угля и компостов снижается. Определение большого набора тяжелых металлов с помощью спектрального анализа показало, что внесение осадков сточных вод и вермикомпостов на их основе не приводит к увеличению в почве их содержания.

Ключевые слова: бурый уголь; осадки сточных вод; вермикомпосты на основе осадков сточных вод; чернозем обыкновенный карбонатный; урбанозем; эмиссия углерода.