

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГУМУСА В ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

*А.И. Горовая, Т.В. Скворцова, С.М. Лисицкая, А.В. Павличенко
ГВУЗ "Национальный горный университет", Украина*

Обоснована возможность применения биогумуса в лесной рекультивации. Установлены экологические перспективы применения биогумата в восстановлении почвенного покрова нарушенных территорий.

Добыча полезных ископаемых приводит к деформации земной поверхности, нарушению почвенного покрова, образованию техногенного рельефа, что в свою очередь негативно влияет на окружающую среду [1]. Горнотехническая рекультивация не решает всех экологических проблем. Повторное хозяйственное использование нарушенных горнодобывающей промышленностью земель невозможно без проведения биологической рекультивации, которая обеспечивает интенсификацию почвообразовательного процесса и восстановление целого ряда качественных показателей почвы [2].

Характерной особенностью Западного Донбасса является то, что значительная часть запасов угля залегают под поймами реки Самара и ее притоков. Многолетняя добыча угля вызвала снижение уровня земной поверхности, которая сопровождается подтоплением и затоплением расположенных здесь угодий и объектов. Такого рода нарушения происходят при оседании земной поверхности, величина которых превышает глубину залегания грунтовых вод.

Экологические последствия просадок территорий и подтопления лесов Присамарья весьма разнообразны. В результате выемки угольных пластов в некоторых местах наблюдается просадка земли на глубину 6–7 м. Возникшие отрицательные формы рельефа заполняются грунтовыми водами, которые, выщелачивая солончаковые луга, резко ухудшают свой химический состав и переходят из ранга пресных вод в ранг сильно минерализованных. Растекаясь по лесным массивам, они засоляют лесные почвы, в которых в результате воздействия одновалентных катионов, исчезает структура и в почвенно-поглощающем комплексе доминирующим катионом становится натрий. Под воздействием изменившихся факторов среды почвы из лугово-лесных превращаются в сильно засоленные сульфидными и сульфатными солями. Повсеместно наблюдается переувлажнение и суффозия почв. Заметно сокращается видовой состав травянистых растений, снижается устойчивость древесных организмов к энтомовам и фитопатогенам. Подтопление обуславливает вымирание беспозвоночных организмов почвенно-подстилочного комплекса (дождевые черви, многоножки, энхерииды, личинки и куколки многих видов жесткокрылых). Комплекс этих факторов ускоряет гибель древостоя и природных экосистем Присамарья [3].

Первые два этапа рекультивации нарушенных земель (подготовительный – проектный и горно-технический) включают установление ее направления, составление проекта земельных работ, селективность выемки верхнего слоя и его складирование, планировку по формированию рельефа местности, отвалов. Биологический этап рекультивации, предполагает создание фитоценозов с образованием плодородного корнеобитаемого слоя почвы [4]. Методы биологической рекультивации различны и определяются зональными хозяйственно-экономическими факторами. Наиболее экономически выгодным видом освоения рекультивируемых земель является облесение (лесная рекультивация) [5].

Большинство вскрышных пород, за исключением кислых (образованных в результате накопления продуктов окисления пирита – сульфатных пород, которых может содержаться 40–60 %) обладают потенциальным плодородием и пригодны под лесонасаждения (лесную рекультивацию) без проведения химической мелиорации [4].

Изучение опыта лесной рекультивации, проводимой в Западном Донбассе, свидетельствует о необходимости повышения ее эффективности на основании применения биотехнологических методов и биогеоэкологического подхода.

В этой связи целью настоящих исследований является повышение эффективности лесной рекультивации нарушенных горной промышленностью земель путем стимулирования гумусонакопления на участках рекультивации за счет применения биогазуса – продукта биотехнологической трансформации органических отходов. Любые органические отходы животноводства и птицеводства, коммунальные органические отходы, кора, ветки, опавшие листья, лигнин и другие могут быть переработаны методом вермикомпостирования. Продукт вермикомпостирования (биогазус) при внесении в почву в виде современных органических удобрений может стать эффективным инструментом управления гумусным состоянием техноземов [6].

Восстановление естественных биогеоценозов на территориях, нарушенных горнодобывающей промышленностью, является одной из важных задач лесной рекультивации. Для повышения ее эффективности необходимы биотехнологии направленного регулирования гумусного состояния почв и насыщенных субстратов.

Анализ отечественных и зарубежных разработок показывают, что в управлении гумусным состоянием почв, все более перспективное значение приобретают нанотехнологии (использование новых форм и видов органических наноматериалов) [7]. Эти материалы, которые сейчас в большом количестве накапливаются на свалках, в отстойниках или сжигаются в первоначальном виде, не могут быть непосредственно использованы в качестве удобрений. Они либо токсичны, либо быстро минерализуются в почве и не принимают участия в процессах почвообразования. Однако, после биологической трансформации вышеназванных органических отходов внесение их в почву в виде наноструктурных элементов может стать эффективным инструментом управления почвообразованием и улучшения гумусного состояния почв рекультивируемых территорий.

Гумусное состояние почв – это совокупность показателей, отражающих содержание гумуса в них, его распределение по профилю, качественный состав и запасы. Для оценки количества гумуса используют следующие характеристики: содержание гумуса в верхнем горизонте (в %), его изменение по профилю почв и запасы (в т/га). Основными экологическими параметрами качественного состава гумуса являются: соотношение углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот $C_{гк} : C_{фк}$ (тип гумуса), содержание отдельных групп гумусовых кислот (групповой состав) и фракций (фракционный состав), обогащенность гумуса азотом (в %) и ряд других [6].

Групповому составу почвенного гумуса свойственно присутствие определенного набора и количества целого ряда веществ: специфических (гуминовые и гематомелановые кислоты, фульвокислоты, гумин) и неспецифических (липиды, низкомолекулярные органические кислоты и др.). Как свидетельствует спектральный анализ, в зависимости от типа почв разные по происхождению гуминовые вещества аналогичны по составу функциональных групп, но отличаются их количеством. Групповой состав гумуса в основном отражает специфику процесса гумификации в разных типах почв как функцию их биохимической активности [8].

Низкие запасы гумуса в северных подзолистых и дерново-подзолистых почвах связаны с тем, что в гумусе этих почв преобладают растворимые продукты гумификации (фульвокислоты и их соли – фульваты), которые вымываются осадками до грунтовых вод. В засушливых условиях юга из-за интенсивных процессов минерализации и малого количества органических остатков формируются сероземы с очень низкими запасами гумуса. Значительное накопление гуминовых кислот наблюдается в черноземах и темно-каштановых почвах, в которых создаются наиболее благоприятные условия гумусонакопления.

Устойчивость запасов гумуса в почвах обеспечивается, прежде всего, наличием гуминовых кислот и гумина, выполняющих в основном консервирующую роль, обуславливая почве такие важные свойства и функции, как емкость катионного обмена, буферность, оптимальный водно-воздушный режим [6].

Гуминовые кислоты положительно влияют на физические свойства почв, главным образом на агрегатный состав. Отмечено положительное влияние гумуса на водоудерживающую способность, пористость почв, водопрочность агрегатов. Установлено, что под влиянием гу-

миновых кислот изменяется гидрофобность почвы. Они являются важным компонентом почвенного поглощающего комплекса. Свойственная органическому веществу емкость катионного обмена зависит от состава гумуса и, по последним данным, может меняться [9].

Несмотря на общеизвестное значение природной мезофауны в процессе почвенного плодородия, возможность использования на практике продукта ускоренной гумификации органических материалов при вермикомпостировании биогумуса еще недостаточно изучены. Для более глубокого обоснования сложного многостадийного процесса биотехнологического преобразования органических отходов нами были проведены исследования состава образцов вермикомпоста на разных этапах биоконверсии жидкого куриного помета, которые рекомендуются использовать в рекультивационных мероприятиях.

Экспериментальный анализ гумусного состояния образцов вермикомпоста – продукта переработки куриного помета красным калифорнийским червем) проводился по классической схеме И.В. Тюрина и В.В. Пономаревой [9]. Пробы препаратов вермикомпоста на различных стадиях созревания оценивались на содержание биологически активных веществ, общее содержание углерода ($C_{\text{общ}}$), соотношение состава фракций и функциональных групп гумусовых кислот (табл. 1).

Таблица 1 – Качественный состав гумуса (в воздушно-сухом образце)

Название образца вермикомпоста	$C_{\text{общ}}$, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Тип гумуса $\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{ФК}}}$
		ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК	ФК-1а	ФК-1	ФК-2	ФК-3	ФК	
Биогумус на стадии созревания	5,87	$\frac{0,35}{6,0}$	$\frac{0,77}{13,1}$	$\frac{1,10}{18,7}$	$\frac{2,22}{37,8}$	$\frac{0,20}{3,4}$	$\frac{0,29}{4,9}$	$\frac{0,01}{6,0}$	$\frac{0,68}{11,6}$	$\frac{1,18}{20,1}$	1,88
Биогумус товарный	6,13	$\frac{0,31}{5,1}$	$\frac{0,42}{6,9}$	$\frac{1,28}{20,9}$	$\frac{2,01}{32,9}$	$\frac{0,22}{3,6}$	$\frac{0,31}{5,1}$	$\frac{0,39}{6,4}$	$\frac{0,57}{9,3}$	$\frac{1,49}{24,4}$	1,35

Примечание: дроби представлены величинами: в числителе – содержание углерода С, (%) к навеске образца; в знаменателе – содержание углерода С, (%) к $C_{\text{общ}}$.

Фульватно-гуматный состав исследуемых образцов характеризуется тем, что содержание фракции ГК-2 в них постоянно возрастает, а фракция ГК-1 варьирует в пределах 0,27–0,35 %, что составляет 5–6 % от $C_{\text{общ}}$. Интересно отметить значительное количество в исследованных образцах фракции ГК-3 (от 17,4% до 20,9%). Причем прослеживается явная тенденция повышения содержания фракций от ГК-1 к ГК-3. Увеличение фракции ГК-3 свойственно иллювиально-гумусовым подзолам или сильно гумифицированным подстилкам лесных почв в естественных условиях [8], в которых почти полностью отсутствует фракция ГК-2. Вероятно, такое соотношение фракций ГК ($\text{ГК-1} < \text{ГК-2} < \text{ГК-3}$) является специфической особенностью фракционного состава гумуса вермикомпостной массы, и свидетельствует об интенсивности протекающих процессов гумификации в ней.

Распределение по фракциям фульвокислот в исследованных образцах вполне соответствует фракционному распределению в естественных почвах. Во фракционном составе фульвокислот наблюдается преобладание фракций ФК-1а, ФК-1 и ФК-3.

Содержание негидролизуемого остатка гумина во всех образцах достаточно высокое – 35,8–52,5%, а количество липидов колеблется от 4,7 до 7,3%, что характерно для большинства естественных автоморфных почв [8].

Проведенные исследования процесса гумификации в результате вермикомпостирования органических отходов, свидетельствует о том, что он проходит достаточно интенсивно с образованием молодого гумуса, качество которого очень близко по своим свойствам к гумусу естественных почв.

По основным показателям гумусного состояния и фракционным компонентам образцы вермикомпоста характеризовались как высокогумусные, имели высокую степень гумификации и значительное содержание гуминовых кислот. Фракционное соотношение гуминовых и фульвокислот в пробах зрелого вермикомпоста оказалось аналогичным параметрам природных почв.

В целом проведенные нами исследования гумусного состояния вермикомпоста свидетельствует о том, что процессы гумификации при вермикомпостировании идут очень интенсивно. В результате завершения процесса вермикомпостирования образуется молодой гумус, качество которого очень близко по своим свойствам к гумусу естественных почв.

Внесение в почву вермикомпоста, с высокими гумусными показателями, сможет непосредственно влиять на гумусное состояние почв на участках рекультивации и позволит регулировать его в направлении максимального закрепления гумусовых веществ в верхней части почвы. Образование гуминовыми кислотами в водных растворах ряда нерастворимых органоминеральных производных, обладающих высокой поглотительной способностью, закрепляет их в почве про запас, что является важным аккумулятивным свойством и источником накопления питательных веществ для будущих поколений растений. Кроме того, при внесении вермикомпоста гуминовые кислоты и их соли, попадая в почву в качестве органического удобрения, проявляют физиологическую активность и действуют как стимуляторы процессов роста и развития растений [10]. Таким образом, внесение биогумуса в лунки при посадке саженцев обеспечит лучшую их приживаемость. Наличие в биогумусе значительного количества гуматов кальция при внесении в приствольные круги деревьев или в прикорневую зону растений способствует образованию водопроходной мелкозернистой структуры почвы, что приводит к созданию вокруг ствола растения микропарникового эффекта и условий длительного сохранения до семидесяти процентов почвенной влаги. Это исключает расточительное поверхностное испарение и обеспечивает длительное, равномерное усвоение корневой системой растения элементов питания.

Результаты проведенного химического анализа также показали, что биогумус содержит в хорошо сбалансированной и легкоусвояемой наномолекулярной форме вещества, необходимые для питания растений (табл. 2, 3). Общее содержание углерода ($C_{\text{общ}}$) определялось экспериментальным путем параллельно по методу Тюрина и на лабораторном анализаторе АН-7529.

Таблица 2 – Некоторые химические свойства вермикомпоста

Название образца вермикомпоста	Влажность, %	pH воды	$C_{\text{общ}}$, % на анализаторе	$C_{\text{общ}}$, % по Тюрину	$N_{\text{общ}}$, %	$Ca_{\text{общ}}$, %
Биогумус-1	30,59	7,48	7,88	5,87	0,74	2,95
Биогумус товарный	39,02	7,35	8,02	6,13	0,6	3,07

Таблица 3 – Содержание некоторых биогенных элементов в образцах вермикомпоста

Название образца вермикомпоста	P_2O_5 г/100 г		K_2O г/100 г		Ca^{2+} г/100 г		NH_4^+ мг/100 г
	заг.	рух.	заг.	обм.	заг.	обм.	рух.
Биогумус-1	1,87	1,85	1,01	0,9	2,95	2,41	22,95
Биогумус товарный	2,28	2,07	0,55	0,39	3,07	3,02	37,95

Согласно данным табл. 3, можно сказать, что элементы питания растений в составе биогумуса (комплекс NPK) находятся в подвижной органической форме, смогут быть надежно защищены от вымывания и служить источником пролонгированного усвоения. Такой эффект будет обеспечиваться благодаря удачному сочетанию минеральных питательных веществ, гуминовых кислот и гумина.

Биогумус содержит все необходимые для растения вещества в хорошо сбалансированной и легкоусвояемой корневой системой форме. В нем содержится практически весь необходи-

мый для растений набор макро- и микроэлементов, а также физиологически активные вещества – гуматы натрия и кальция.

Элементы питания растений в составе биогумуса находятся в подвижной органической форме, надежно защищены от вымывания, служат надежным источником более длительного, пролонгированного, действия и усвоения, благодаря удачному сочетанию минеральных питательных веществ, гуминовых кислот и гумина.

Таким образом, учитывая агрохимические показатели биогумуса разной природы, можно сделать вывод о перспективности его использования в качестве органического удобрения и стимулятора роста при высадке деревьев на участках лесной рекультивации.

Важным преимуществом биогумуса при внесении в почву является также возможность нормализации кислотности почв до уровня $pH = 6,7-7,2$. Благодаря наличию в нем свободного кальция и его гуматов, а также антибиотиков, витаминов, биологически активных веществ – в неповторимой совокупности и взаимосвязи, в почве создаются условия подавления развития и негативного влияния на культурные растения вирусов Моттла, грибов фузариин, нематод и подобной патогенной, болезнетворной микробиофлоры.

Сейчас изучаются возможности применения сложных комплексных гуминовых удобрений, в котором сочетается не полностью гумифицированное органическое вещество, микроорганизмы, макроэлементы N, P, K, Ca, Mg и микроэлементы Zn, Mn, Co, B и Mo. Всеми этими свойствами, по нашему мнению, обладают вермикомпосты, полученные из различных органических отходов.

Применение для восстановления деградированных почв биотехнологии вермикультуры позволяет оптимизировать процессы гумусообразования с максимальным экономическим эффектом. По некоторым данным применение вермикомпоста (биогумуса) один раз в три года до 6 т/га – сохраняет плодородие, в количестве 6–10 т/га – резко повышает плодородие почв, восстанавливает запасы гумуса и естественное плодородие почвы.

Таким образом, учитывая агрохимические, микробиологические и гумусообразующие свойства биогумуса разной природы, можно сделать вывод о перспективности его применения для восстановления естественных биогеоценозов на территориях, нарушенных горнодобывающей промышленностью. Внесение биогумуса на участках лесной рекультивации будет способствовать созданию полноценных биогеоценозов на нарушенных территориях и обеспечит ускоренное восстановление почвенного покрова.

Список литературы

1. Вальков В.Ф. Экология почв. Часть 2. Разрушение почв. Дегумификация. Нарушение водного и химического режимов почв : пособие для студ. / В.Ф. Вальков, К.И. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на Дону : Изд-во РГУ, 2004. – 54 с.
2. Чибрик Т.С. Основы биорекультивации : учеб. пособие / Т.С. Чибрик. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2002. – 172 с.
3. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. / А.Л. Бельгард. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
3. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В.И. Сметанин. – М. : КолосС, 2003. – 94 с.
4. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах / В.Д. Горбунов. – М. : Недра, 1981. – 260 с.
5. Зайцев Г.А. Лесная рекультивация / Г.А. Зайцев. – М. : Лесная пром-ть, 1997. – 129 с.
6. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
7. Постанова КМ УКРАЇНИ від 28 жовтня 2009 р. N 1231 Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки.
8. Кауричев, И.С. Почвоведение. / И.С. Кауричев, Л.Н. Александрова, Н.П. Панов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 496 с.
9. Пономарева В.В., Плотникова Г.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. – 221 с.
10. Горова А.И., Скворцова Т.В., Павличенко А.В. Цитогенетические механизмы действия физиологически активных гуминовых веществ в нормальных и экстремальных условиях. / Гігієна населених місць. Вип. 42, Київ: Полімед, 2003. – С.491-503.