

УДК 631.878

А.А. Бышик, О.Б. Дормешкин, А.Н. Гаврилюк, М.С. Мохорт

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

БУРЫЕ УГЛИ БЕЛАРУСИ, КАК СЫРЬЕВОЙ ИСТОЧНИК ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

***Аннотация.** В работе представлено перспективное направление применения бурых углей Республики Беларусь в производстве органических и органоминеральных удобрений, обеспечивающее импортозамещение и продовольственную безопасность страны. Определён оптимальный режим экстракции, позволяющий достичь выхода 96,8 % гуминовых веществ из бурых углей.*

A.A. Byshyk, O.B. Dormeshkin, A.N. Hauryliuk, M.S. Mokhart

Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

BROWN COALS OF BELARUS AS A RAW SOURCE OF HUMIC SUBSTANCES IN THE PRODUCTION OF ORGANIC AND ORGANOMINERAL FERTILIZERS

***Abstract.** The paper presents a promising direction of application of brown coals of the Republic of Belarus in the production of organic and organomineral fertilizers, providing import substitution and food security of the country. The optimal mode of extraction has been determined, which allows to achieve a yield of 96.8 % of humic substances from brown coals.*

Рост численности населения совместно с возрастающими потребностями приводят к сокращению сельскохозяйственных земель. С 1950 по 2024 г. мировое население возросло в более чем в 3 раза, что привело к снижению площади пахотных земель с 0,45 до 0,18 га на душу населения. Глобальной проблемой также является снижение качества сельскохозяйственных угодий, обусловленное интенсивным землепользованием без возможности восстановления земельных ресурсов. По оценкам ООН, два миллиарда человек страдают от недостатка микроэлементов и около трети почв мира уже деградировали. Эта потеря делает землю менее продуктивной, ставя под угрозу как продовольственную систему, так и здоровье человека.

Многообразная роль гуминовых веществ (далее ГВ) в почвообразовательных процессах в значительной мере определяется

содержанием в них большого количества функциональных групп, являющихся диагностическим показателем степени гумификации органических веществ почвы. Велика роль ГВ в улучшении физических свойств почв, создании оптимального водно-воздушного режима. Значительное влияние оказывает на тепловой баланс почвы, объемную массу, удельный вес твердой фазы, на формирование физико-химических свойств. Гуминовые вещества предотвращают вымывание минеральных удобрений и тем самым способствуют охране окружающей среды.

Убыль ГВ обуславливается двумя группами факторов: механическими и биологическими. Значительная часть потерь связана с эрозионными процессами. К другим механическим факторам надо отнести разбавление пахотного горизонта почвы менее гумифицированным при увеличении глубины вспашки. Биологический фактор оказывает существенное влияние на дегумификацию почв при сочетании с рядом неблагоприятных условий в интенсивном земледелии. При внесении только минеральных удобрений микрофлора почвы усиленно их потребляет и для усвоения питательных элементов разрушает перегнойные вещества почвы. Помимо этого, водорастворимые продукты минерализации органических веществ теряются в результате их вымывания, особенно в условиях промывного водного режима почв [1].

Удобрения с высоким содержанием гуминовых и фульвокислот оказывают комплексное воздействие на почву, улучшают её физические, химические и биологические свойства. Они представлены широким ассортиментом продукции, который варьируется по составу и вводимым добавкам. Содержание в них фульвокислот может достигать до 60 %, гуминовых кислот – до 85 %. В состав также могут входить другие питательные элементы (N, P, K, Zn, B и др.), органические соединения (полисахариды, аминокислоты) и остаточное сырьё (уголь, торф и др.).

На текущий момент отсутствует единая система стандартизации органических и органоминеральных удобрений на основе ГВ, поэтому существуют значительные различия в том, какую информацию указывают производители о характеристиках выпускаемых удобрений, а также какие требования предъявляются в тех, или иных странах.

Согласно данным компании «Market Publishers», в 2022 году мировой рынок органических удобрений вырос на 16 %, а объём рынка превысил 11 млрд. долларов США. Самым быстрорастущим рынком органических удобрений является Азиатско-Тихоокеанский регион. Ключевыми факторами, влияющими на его развитие, являются

большой объём инвестиций в исследования и разработки, растущая потребность в продовольственной безопасности и изменяющиеся методы ведения сельского хозяйства. Европейский рынок является крупнейшим, благодаря продвигаемой «зеленой повестке», развитию органического земледелия и увеличению спроса на экологически-чистые продукты. Мировой объём сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых органическими удобрениями, насчитывает около 72 млн га, из которых 56 % находится в Европе [2].

В Республике Беларусь за последние 10 лет наблюдается заметное повышение количества применяемых органических и органоминеральных удобрений, а также разработан ряд мероприятий по вовлечению поступления всех источников органического вещества в почву. Начиная с 2006 года наблюдается постоянное увеличение использования органических удобрений, а доля минеральных удобрений сокращается. В 2020 году сельскохозяйственными организациями было внесено более 71 млн тонн органических удобрений [3].

Имеющиеся в Республике Беларусь предприятия по выпуску органических и органоминеральных удобрений, биостимуляторов и подкормок на основе торфа, сапропеля, их смесей и компоста (ЗАО «Органик фарминг Бел», ООО «АгроБио», ООО «Биовермтехно» и др.) преимущественно ориентированы на внутренний рынок и не могут покрыть спрос на органические и органоминеральные удобрения в стране.

Импорт органических и органоминеральных удобрений в Республике в 2020 году составил 477 тыс. \$. В стоимостном выражении количество поставок органических и ОМУ за пять лет увеличилось на 170,7 %, а импорт товаров вырос на 300,8 тыс. \$ [4].

Получение органических и ОМУ основано на обработке органического сырья химическими реагентами (окислителями или выщелачивающими агентами). В качестве сырья для производства удобрений на основе гуминовых веществ могут применяться: углефицированные материалы (бурый уголь, леонардит или лигнит), торф и донные отложения (сапропель и др.), органические отходы (лигносульфонаты, вермикомпост), сланцы и некоторые виды почв.

В Республике Беларусь проводились многочисленные исследования по получению органических и органоминеральных удобрений на основе торфа и сапропеля. Исследованиями в этом направлении в настоящее время занимается Институт природопользования НАН Беларуси, а также отдельные научно-исследовательские лаборатории. В 2007 году Советом Министров

Республики Беларусь было подписано постановление об инвестиционных проектах "Организация глубокой переработки бурых углей" и "Организация глубокой переработки горючих сланцев» в рамках которого осуществлялся ряд научно-исследовательских работ, при этом бурые угли рассматривались преимущественно с целью переработки для энергетических нужд, а вопрос об организации и направлениях путей переработки бурых углей всё ещё остается открытым.

По содержанию ГВ в сырье низкокалорийные бурые угли (50-85 % от органической массы) значительно выигрывают в сравнении с лигнином (20-30 %), сапропелем (15-36 %) и торфом (25-40 %). Основными проблемами применения бурых углей являются нахождение основной части ГВ в неусвояемой форме, а также отсутствие их промышленной добычи на территории Республики.

Запасы бурого угля в Республике Беларусь оцениваются в 1,5 млрд т: в том числе разведанные – более 160 млн т. Основными месторождениями являются Бриневское, Житковичское, Тонежское, Лельчицкое. Высокая степень гумификации бурых углей Бриневского, Житковичского и Тонежского месторождений, а также естественная влажность и зольность делают нецелесообразным применение их для энергетических нужд, однако они могут быть использованы для получения ГВ и продуктов на их основе (удобрений, биостимуляторов, кормовых добавок и др.).

В качестве исходного сырья были выбраны бурые угли Бринёвского месторождения, состав которых представлен в таблице 1. Для установления фазового и минералогического состава образцов был выполнен их рентгенофазовый и ИК-спектральный анализы. Установлено, что основными неорганическими примесями бурого угля Бринёвского месторождения являются кварц, микроклин и фенгит.

Таблица 1 – Химический состав бурого угля

Компоненты, %								
1. Органическая масса угля – 72,518, в том числе:								
Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			Гумин		
55,543			3,017			13,958		
2. Неорганическая масса угля – 27,482, в том числе:								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ ²⁻	P ₂ O ₅
16,551	3,268	2,904	2,362	0,952	0,399	0,195	0,097	0,086

Поскольку основной задачей при получении органических и ОМУ из природного сырья является перевод нерастворимых ГВ в водорастворимые гуматы, было проведено исследование процесса

экстракции ГВ растворами гидроксида калия. Процесс экстракции проводили при соотношении раствор КОН: бурый уголь = 6-12:1, концентрации КОН – 1-7 %, температуре – 20-80 °С и продолжительности – 0,5-24 часа. Параметром оптимизации процесса экстракции являлся выход гуминовых веществ, рассчитываемый как отношение водорастворимых гуминовых веществ, к общему количеству.

На основании результатов исследований сделаны следующие выводы. С увеличением концентрации КОН возрастает скорость экстракции, при этом максимальный выход гуминовых веществ 99,6 % наблюдается для 2,5 % КОН при продолжительности процесса более 20 ч. Установлено, что с увеличением температуры процесса экстракции возрастает его скорость и соответственно выход ГВ, однако одновременно происходит увеличение скорости процессов разрушения ГВ. При температуре более 70 °С и продолжительности экстракции свыше 3 часов наблюдается снижение выхода ГВ. Уменьшение соотношения Ж:Т менее 8:1 приводит к снижению скорости экстракции и выходу ГВ, что обусловлено возрастанием вязкости смеси и снижением избытка КОН.

Таким образом оптимальный режим экстракции будет следующим: концентрация КОН – 5 %, соотношение раствор КОН: бурый уголь – 8:1, температура – 70 °С, продолжительность экстракции – 2 часа. При оптимальных условиях выход гуминовых веществ достигает 96,8 %, что позволяет рекомендовать их последующее использование для получения органических и органоминеральных удобрений.

Список использованных источников

1. Ли Синьюй, Банецкая Е. В., Цзян Юй, Ми Ган, Вэй Жань Влияние длительного применения различных удобрений на популяции микроорганизмов и ферментативную активность почвы // Агронаука. – 2023. – Т. 1. – № 1. – С.134–141.
2. Дерен В.И. Мировое сельское хозяйство: особенности развития и проблемы использования // Экономический журнал. – 2020. – Т. 60, № 4. – С. 63–80.
3. Интегрированный отчет ПАО «ФОСАГРО». – 2020. – 341 с.
4. Годовая статистика международной торговли товарами (HS) Беларусь импорт и экспорт [Электронный ресурс]. – URL: https://trendeconomy.ru/data/h2?commodity=3101&reporter=Belarus&trade_flow=Export,Import&partner=World&indicator=TV,YoY&time_period=2010,2011,2012,2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019,2020,2021,2022