

и требуемыми физико-химическими свойствами, включая антибактериальную активность.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антибактериальная глазурь: пат 108585507А Китай, Xing Shuqin; заявитель: Jieshou City Wei Sheng Kiln Painted Pottery Development Co Ltd; 16.07.2018; опубл. 28.09.2018 // [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/CN108585507A/en?q=CN+108585507>. Дата доступа: 16.10.2024.

2 Керамическая глазурь с композиционной антибактериальной функцией: пат 105731801А Китай, Huang Qunhao; заявитель: Huang Qunhao; 30.12.2015; опубл. 06.07.2016 // [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [https://patents.google.com/patent/CN105731801A/en?q=\(antibacterial+glaze+La₂O₃\)&patents=false&oq=antibacterial+glaze+La₂O₃](https://patents.google.com/patent/CN105731801A/en?q=(antibacterial+glaze+La2O3)&patents=false&oq=antibacterial+glaze+La2O3). Дата доступа: 16.10.2024.

3 Антибактериальная глазурь, содержащая экстракт традиционной китайской медицины: пат 105503162А Китай, Huang Qunhao; заявитель: Huang Qunhao; 30.12.2015; опубл. 20.04.2016 // [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/CN105503162A/en?q=false&oq=page=1>. Дата доступа: 16.10.2024.

УДК: 631.895

О.Б. Дормешкин, проф., д-р техн. наук;
А.Н. Гаврилюк, доц., канд. техн. наук;
А.А. Бышик, инженер, М.С. Мохорт, асп.
(БГТУ, г. Минск)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ БУРЫХ УГЛЕЙ БРИНЁВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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.

Гуминовые вещества (далее ГВ) – это сложные смеси устойчивых к биодеструкции высокомолекулярных темноокрашенных органических соединений природного происхождения, образующихся при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды.

Многообразная роль 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. ГВ предотвращают вымывание минеральных удобрений и способствуют охране окружающей среды.

Убыль ГВ обуславливается двумя группами факторов: механическими и биологическими. Значительная часть потерь связана с эрозийными процессами. Биологический фактор оказывает существенное влияние на дегумификацию почв при сочетании с рядом неблагоприятных условий в интенсивном земледелии. При внесении минеральных удобрений микрофлора почвы усиленно их потребляет, разрушая при этом перегнойные вещества почвы. Помимо этого, водорастворимые продукты минерализации органических веществ теряются в результате 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.

Республика Беларусь обладает значительными ресурсами экологически чистого сырья, способного обеспечивать производство промышленных органических и ОМУ как для внутреннего потребления, так и имеющих значительный экспортный потенциал на глобальных рынках. В качестве сырья для производства ОМУ на основе ГВ могут применяться: углефицированные материалы, торф и донные отложения, органические отходы, а также сланцы и некоторые виды почв. Запасы бурого угля в Республике Беларусь оцениваются в 1,5 млрд т., разведанные – более 160 млн т. Основными месторождениями являются Бриневское, Житковичское, Тонежское, Лельчицкое.

Высокая степень гумификации бурых углей, естественная влажность и зольность делают нецелесообразным применение их для энергетических нужд, однако они могут быть использованы для получения ГВ и продуктов на их основе. В качестве исходного сырья были выбраны бурые угли Бринёвского месторождения. Химический состав бурого угля представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав бурого угля Бринёвского месторождения

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

Не один из известных методов получения ОМУ не обходится без применения щелочных реагентов для извлечения ГК из органического сырья и перевода их в растворимую форму. При этом основными факторами, влияющим на процесс экстракции являются природа органического сырья, концентрация щелочных реагентов, температура, продолжительность процесса и гидродинамические параметры.

Сложность и неоднозначность состава и структуры органического вещества углей обуславливают необходимость проведения исследований для конкретного месторождения с установлением оптимальных параметров процесса экстракции.

Первая серия экспериментов направлена на установление влияния концентрации гидроксида калия на скорость процесса и выход ГВ. Концентрация КОН изменялась в диапазоне 0,5–5 %, при продолжительности процесса 1–24 часа и температуре 25 °С.

Исследования показали, что с увеличением концентрации КОН возрастает скорость экстракции, при этом максимальный выход ГВ 99,2–99,6 % наблюдается для 1–2 % КОН при продолжительности процесса более 20 ч, что подтверждает литературные данные о более низком выходе ГК из концентрированных растворов щелочей, в результате протекания процессов гидролиза [2].

Вторая серия экспериментов направлена на установление влияния температуры процесса на скорость экстракции и выход ГВ. Температура процесса изменялась в диапазоне 20 – 90 °С, при продолжительности экстракции 0,5–5 ч и концентрации КОН – 3 %.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением температуры процесса экстракции возрастает его скорость и соответственно выход ГВ, однако это также приводит и к увеличению скорости процессов разрушения ГВ. Так при температуре более 70 °С и продолжительности экстракции свыше 3 часов количество разрушаемых ГК в единицу времени превышает количество экстрагируемых ГВ, что приводит к снижению выхода ГВ.

Третья серия экспериментов направлена на установление влияния соотношения реагентов на скорость экстракции и выход ГВ. Соотношение реагентов измерялось отношением Ж : Т (Ж – количество

раствора КОН заданной концентрации, Т – количество БУ, взятого для экстракции), и изменялось в диапазоне 4–12, концентрация растворов КОН изменялась в диапазоне 2–7 %, продолжительность процесса экстракции 1 ч, температура – 70 °С.

Установлено, что при уменьшении соотношения Ж : Т менее 8 происходит резкое снижение скорости экстракции и выхода ГВ, что обусловлено резким возрастанием вязкости смеси и снижением избытка гидроксида калия. Также установлено, что изменение концентрации гидроксида калия оказывает большее влияние на скорость процесса и выход ГВ, чем соотношение Ж : Т, при одинаковом избытке КОН.

Характеристики гумата калия и неэкстрагируемого остатка (НЭО), получаемых при оптимальных параметрах представлены в таблице 2. Гумат калия содержит до 5 % свободного КОН, наличие которого обусловлено применением его избыточного количества с целью увеличения скорости экстракции. При получении ОМУ избыточная щелочность нейтрализуется вводимыми минеральными компонентами. В случае же получения в качестве продукта гумата калия, избыточная щелочность может быть нейтрализована гуминовой кислотой, полученной за счёт нейтрализации части гумата калия минеральными кислотами, с последующей отмывкой осадка ГК и растворении их в щелочном экстракте. Образующиеся при этом соли калия и растворённые ФК могут быть использованы в производстве ОМУ.

Таблица 2 – Характеристики гумата калия и неэкстрагируемого остатка

Параметр	Гумат калия	Неэкстрагируемый остаток
Содержание на сухое вещество, %		
1. Гуминовые вещества, в т.ч.:	94,280	32,527
Гуминовые кислоты	69,154	23,858
Фульвокислоты	3,756	1,296
Калий (гумат и фульват калия)	21,370	7,373
2. Азот (органический)	2,287	0,737
3. Гумин	–	40,451
4. Неорганический остаток	–	20,788
5. Калий в расчёте на K ₂ O, в т.ч.:	4,002	3,277
Водорастворимый	4,002	1,395
Усвояемый	–	1,883
Растворимость, %	100	34,01
pH	10,95	10,24

На основании анализа состава НЭО видно, что гидроксид калия реагирует не только с гуминовой и фульвокислотой, но и с гумином переводя часть калия из водорастворимой формы в усвояемую. НЭО возможно использовать как компонент ОМУ, содержащих балласт-

ную массу, при этом с целью повышения содержания ГВ возможно проведение процесса окисления.

Выполненный цикл исследований позволил определить оптимальные параметры щелочной экстракции ГВ: температура – 70 °С, концентрация КОН – 5 %, продолжительность процесса – 2 часа, соотношение Ж:Т – 8.

Распределение ГВ: гумат калия – 85,18 % от исходного количества в БУ; НЭО – 14,82 %, из них 11,22 % растворимые ГВ. Суммарный выход свободных ГВ составил 96,4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли Синьюй, Банецкая Е. В., Цзян Юй, Ми Ган, Вэй Жань Влияние длительного применения различных удобрений на популяции микроорганизмов и ферментативную активность почвы // Агро-наука. –2023. – Т. 1. – № 1. – С.134–141.

2. Pansu M., Gautheyrou J. Handbook of Soil Analysis Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006, p. 993.

УДК 666.11.01

М.В. Дяденко, вед. науч. сотр., канд. техн. наук, доц.;
И.А. Левицкий, д-р техн. наук, проф.;
И.И. Курило, зав. каф., канд. хим. наук;
В.Г. Лугин, доц., канд. хим. наук;
А.С. Глинский, мл. науч. сотр.;
А.Д. Подсосонная, мл. науч. сотр.; асп. А.А. Ширвель
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТЕКОЛ СИСТЕМЫ Na₂O–CaO–ZnO–SiO₂–P₂O₅ НА ИХ БИОАКТИВНОСТЬ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Способность биоактивных стекол растворяться в биологических жидкостях и модельных внеклеточных растворах является одним из определяющих факторов формирования материала, близкого к костной ткани, обуславливая его широкое применение в медицине. Такие материалы обладают остеоиндуктивностью, так как продукты их растворения активируют гены, отвечающие за развитие и повышение уровня организации клетки или ткани.

Образование гидроксиапатита на поверхности биоактивных стекол, погруженных в соответствующие физиологические растворы и жидкости, является индикатором их биологической активности.