

режимов получения макетов и сравнение с экспериментально полученными данными. Результаты показали адекватность ранее предложенных конструктивных решений и расчетных схем для прогнозирования параметров технологического процесса.

По результатам опытно-технологических работ составлен лабораторный технологический регламент как исходный документ для разработки опытно-промышленного регламента для этапа освоения продукции в производство. Результаты проведенных работ будут использованы при назначении технологических режимов и при разработке технологической документации для производства продукции – транспортной тары (поддонов и контейнеров).

Результаты проведенных работ будут использованы при освоении производства транспортной тары в ОАО «Белцветмет», а также могут быть использованы в разработках и при организации производства изделий по аналогичной технологии из полимерсодержащих отходов с высокой вязкостью, в том числе наполненных, смешанных и загрязненных.

#### Список использованных источников

1. Карпович, О. И. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович, А. Л. Наркевич, Е. З. Хрол, А. Ф. Петрушеня, Я. И. Поженко // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4 (177). – Мн.: БГТУ, 2015. – С. 78–82.

2. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

3. Ревяко, М.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович, А.Ф. Петрушеня. – Минск: БГТУ, 2017. – 395 с.

4. Ревяко, М.М. Расчет и конструирование пластмассовых изделий и форм: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович – Минск: БГТУ, 2012. – 432 с.

УДК 541.183

И.И. Лиштван, А.М. Абрамец, Ю.Г. Янута  
Институт природопользования НАН Беларуси

### ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КАУСТОБИОЛИТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гуминовые вещества (ГВ) играют исключительную роль в жизни природы и человека. Благодаря, использованию ГВ в инженерной экологии стали понятными и оправданными возможности этого класса природных полимеров и препаратов на их основе как инструмента, позволяющего решить широкий спектр проблем охраны окружающей среды. ГВ – это широкий класс соединений, которые выполняют необходимые посреднические функции между живым и минеральным миром. Так, темная окраска ГВ прямо связана с регулированием теплового режима почв и климата планеты в целом. Полифункциональность ГВ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов в почвах и наземных ландшафтах. Специфическая гидрофильность и молекулярная структура определяют их уникальность как структурообразователей почв, регулятора их воздушного и водного режимов, средств для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека и др. [1,2].

В современных условиях мировая экономика становится единым хозяйством со всеми вытекающими последствиями, вследствие чего от любой страны (в том числе, и нашей)

требуется активное участие в международной кооперации, концентрации усилий по реализации эффективных проектов, имеющих перспективу коммерциализации на базе передовых достижений науки и техники. В связи с этим экспортная ориентация есть тот отправной момент, который обеспечивает равноправное международное экономическое и технологическое сотрудничество. К экологоориентированным проектам в полной мере можно отнести технологии по воссозданию устойчивых агроэкосистем на территориях, нарушенных хозяйственной деятельностью человека (включая пустынные территории), с использованием мелиоративных препаратов (почвоулучшителей) на основе торфа, сапропелей, лигнина, бурого угля, других видов регионального органического сырья. При этом предметом экспорта становятся не только материалы, а целый комплекс передовых технологий, обеспечивающих мелиоративное («зеленое») обустройство безжизненных территорий. Одновременно среди природных ископаемых органогенного происхождения торф, сапропель, лигнин, бурые угли составляют основу сырьевых ресурсов Республики Беларусь, что, естественно, обязывает ученых изыскивать новые методы их переработки.

Гуминовые кислоты (ГК) – базовый компонент ГВ. Как природные полимеры, они представляют собой широкий класс гомологов, которые состоят из соединений, отличающихся структурой, составом, количеством и топографией молекулярных фрагментов. В зависимости от генезиса сырья, степени его метаморфизма в ГК могут преобладать как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные соединения с разным содержанием алифатических и ароматических фрагментов, функциональных групп. Поэтому ГК, выделенные из разных видов сырья, отличаются по составу и свойствам. При обезвоживании и сушке структура фрагментов ГК также претерпевает существенную трансформацию с изменением как состава активных центров ассоциатов ГК, так и физико-химических свойств препарата в целом. Высокая емкость обмена ГК открывает широкие возможности для производства на их основе ионообменных сорбционных материалов, предназначенных для очистки сточных и технологических вод от ионов тяжелых металлов [3, 4].

Специфический конгломерат свойств липофильно-гидрофильной структуры ГК обеспечивает данному классу природных полимеров перспективу использования их в качестве селективного сорбента неполярных углеводородов в природных средах [5].

Высокая гидрофильность ГВ каустобиолитов открывает практически неограниченные возможности разработки на их основе ионообменных мелиоративных материалов для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, и, прежде всего, территорий загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами [3–5], т. е. процессы комплексообразования ГК с ионами поливалентных металлов фактически определяют как технологию получения гуминовых препаратов (ГП) избирательного действия, так и область их практического использования.

ГВ широко распространены в биосфере. Существование и развитие биосферы тесно связаны с их накоплением. Более 60 % от общего количества углерода на Земле находится в форме гуминовых соединений. Сам термин «ГВ» является собирательным, а вещества, входящие в эту группу, обладают значительным разнообразием как по химическому составу, так и по свойствам [6–8].

Разработан технологический процесс получения фракций ГК, который является постадийным. Блок-схема процесса представлена на рис. 1.

Следует сделать оговорку, что в нем не предусмотрена стадия обезбитуминизирования исходного сырья. Проведение ее связано с дополнительными затратами, что приводит к удорожанию конечного продукта. На первом этапе торфяное сырье, предварительно сепарированное от грубых включений, подвергают гидролизу. Процесс гидролиза может проводиться в одну или две стадии. При одностадийном проведении процесса торфяное сырье непосредственно подвергается гидролизу раствором гидроксида натрия. При двухстадийном проведении процесса торфяное сырье предварительно обрабатывается раствором соляной кислоты. Это снижает зольность ГК и увеличивает их выход. На второй стадии торф, обработанный кислотой, подвергают щелочному гидролизу. Для гидролиза целесообразно использовать 5 % раствор NaOH,

в массовом соотношении торф: раствор NaOH равном 1:100. Гидролиз проводят при температуре 20 °С в течение 3 часов. Для перемешивания может быть использована тихоходная мешалка. По завершении гидролиза пульпа поступает на разделение. С целью интенсификации процесса разделения целесообразно использовать центрифугу. Фугат подают в емкость-накопитель, а кек поступает в реактор, куда подается порция раствора щелочи. Фугат представляет собой щелочной гидролизат ГК. Поэтому на блок-схеме для упрощения процесса они обозначены как раствор Na-соли ГК. Для перевода ГК в нерастворимое состояние в фугат при перемешивании вводят 0,5 н раствор HCl, доводя pH раствора до 10. При достижении pH раствора, процесс перемешивания продолжают до установления равновесного состояния системы.

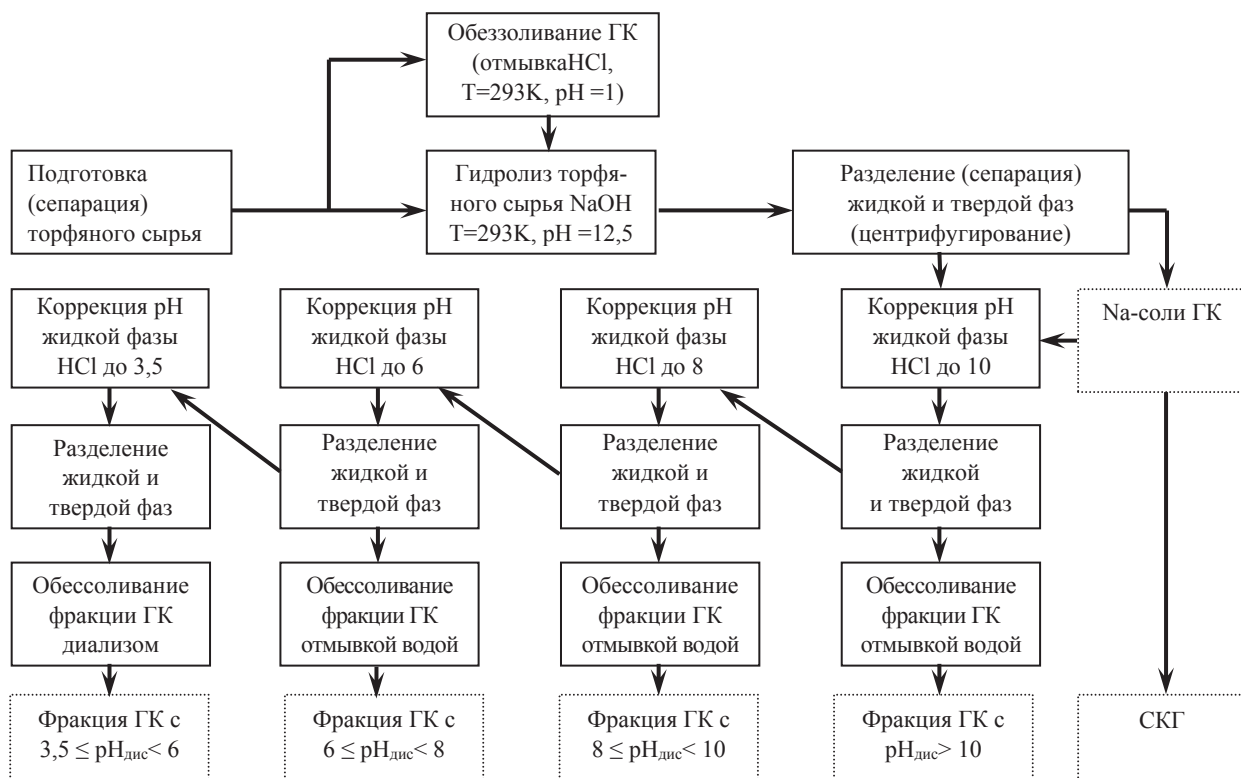


Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса получения фракций ГК из торфяного сырья

Исследована степень диссоциации фракций ГК в зависимости от pH среды (рис. 2).

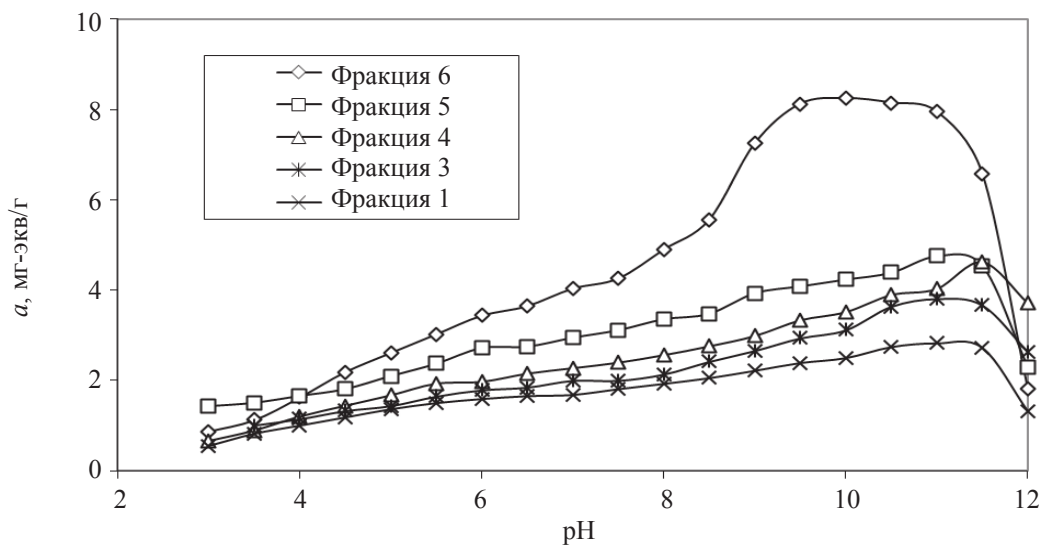


Рисунок 2 – Изменение степени диссоциации фракций ГК в зависимости от pH раствора

Рост степени диссоциации фракций ГК с увеличением рН раствора можно объяснить переходом растворов ГК из коллоидного состояния в истинный раствор, что увеличивает способность функциональных групп ГК к обменному процессу и повышает реакционную способность фрагментов ГК. Из полученных данных (рис. 1) следует, что содержание диссоциированных функциональных групп во фракциях коррелирует с содержанием кислорода в составе ГК (табл. 1).

**Таблица 1 – Элементный состав фракций ГК**

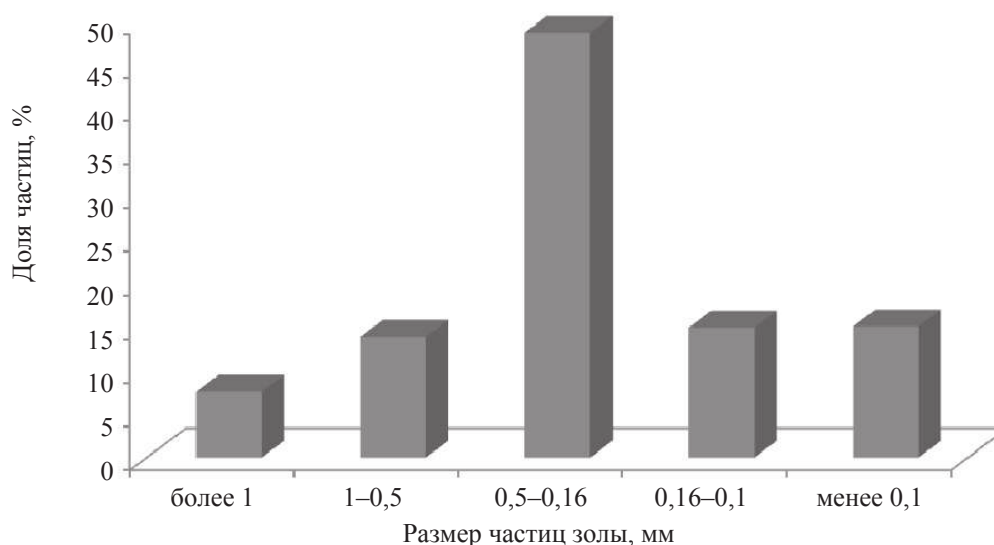
Номер фракции	Элементный состав органической массы, %					Н/С
	С	Н	N	S	О	
1	65,4	8,0	2,6	0,9	23,1	1,47
2	63,2	7,6	2,7	0,9	25,6	1,43
3	62,1	7,3	2,5	0,9	27,2	1,41
4	61,0	6,3	1,4	0,9	30,4	1,23
5	60,7	6,2	1,3	1,0	30,8	1,22
6	57,9	5,7	1,2	1,0	34,2	1,19

Значение С/Н; максимально для фракции № 6 и минимально для фракции № 1, содержащей минимальное количество кислорода (кислородсодержащих функциональных групп).

Переход на местные виды топлива снижает зависимость Республики Беларусь от цен на энергоносители. Одной из проблем, с которой сталкиваются предприятия, использующие в качестве топлива торфяное сырье, является накопление зольных продуктов, образующихся при его сжигании. Разработка эффективных способов утилизации данных продуктов с получением новых материалов позволяет производить на основе данных источников вторичных ресурсов новые материалы, снизить экологические платежи.

Важным параметром при разработке ряда материалов, составным компонентом в которых выступает торфяная зола, является гранулометрический состав.

Изучение механической прочности крупных частиц показало, что в основном это материал природного происхождения с высокой механической прочностью и незначительной пористостью. Высокая механическая прочность создает предпосылки для использования в качестве компонентов смесей для дорожного строительства.



**Рисунок 3 – Гранулометрический состав золы уноса**

По результатам гранулометрических исследований видно, что зола уноса имеет высокую дисперсность. Данный факт позволяет рекомендовать ее к использованию в качестве компонента мелиоративных препаратов.

Изучена подвижность катионов Ca, Mg и Fe при выщелачивании их из образцов золы кислотой в статических условиях. Исследования показали, что образец является седиментационно-неустойчивым. С этой целью для перемешивания образца использовали магнитную мешалку. Пробу выдерживали в течение 24 часов при периодичном перемешивании содержимого стакана для установления динамического равновесия. По истечении указанного времени образец разделяли фильтрованием, в фильтрате определяли pH, концентрацию катионов Ca, Mg и Fe (таблица 2).

**Таблица 2 – Вымываемость катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> и Fe<sub>(общее)</sub> раствором хлористоводородной кислоты из свежобразованной золы ряда предприятий Республики**

Номер образца	С <sub>НСЛ</sub> , моль/л	pH	Вымываемость, мг/г			
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sub>(общ.)</sub>	Fe <sup>3+</sup>
1	0,1	9,58	17,50	1,50	0,022	0,015
2		12,87	25,00	3,00	0,02	0,015
3		11,60	15,00	4,50	0,025	0,015
4	1,0	3,91	40,00	3,00	7,30	5,00
5		5,95	30,00	6,00	7,80	5,00
6		4,00	52,00	9,00	6,40	4,15

### **Заключение (выводы)**

1. Исследованы коллоидно-химические свойства водных растворов солевых форм каустобиолитов и разработана технология их фракционирования для получения ГК с требуемыми свойствами: по ионообменной активности, элементарному составу. Обоснованы требования использования фракций ГК для очистки технологических, сточных вод от ионов ТМ, создания геохимических барьеров как депрессоров их миграции с поверхностными водами в почве, грунтах; экспериментально подтверждено, что сорбционная активность ГК к катионам металлов коррелирует с величиной их ионного потенциала.

2. Разработаны технологические основы производства ряда гуминовых порошкообразных препаратов на основе каустобиолитов, модифицированных природными минеральными материалами, для рекультивации техногенно нарушенных территорий (засоленных), т.е. откосов автодорог, борьбы с ветровой эрозией деградированных почв.

3. Установлено, что ГВ и препараты на их основе выполняют функции комплексообразователей катионов тяжелых металлов, мелиорантов, а также регуляторов водных свойств дисперсных материалов, процессов переноса поровой влаги в них, т.е. представляют экологосовместимые мелиоранты пустынных территорий, позволяющие решать вопросы зеленого их обустройства, а ГП отечественного производства являются несомненно перспективными для их экспорта в аридные зоны;

4. Показано что в процессе энергетического использования каустобиолитов образуется ряд минеральных производных (зола, шлак), которые по свойствам представляют собой вторичное сырье как носитель макро и микроэлементов в агротехнологиях и одновременно в оксидной форме обладают вяжущими свойствами, т.е. перспективны в дорожном строительстве и др. технологиях.

### **Список использованных источников**

1. Лиштван, И. И. Физико-химическая механика гуминовых веществ, Наука и техника / И.И. Лиштван, Н.Н. Круглицкий, В.Ю. Третинник. Минск, 1976. – 264 с.
2. Горовая, А.И. Гуминовые вещества. Строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко. Под ред. И.И. Лиштвана, Наук, думка, Киев, 1995.-260 с.
3. Янута, Ю.Г. Способ получения композиционного гранулированного гуминового сорбента тяжелых металлов на минеральном носителе: пат. 10647 Респ. Беларусь / Ю.Г. Янута [и др.] // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці, 2008. № 3. – С. 74.

4. Лиштван, И.И. Способ получения гуминового сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов: пат. 10662 Респ. Беларусь / И.И. Лиштван [и др.] // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2008. Вып. 3. – С. 74.

5. Пат. 970002 РБ, 1999.

6. Пигулевская, Л.В. Исследование химического состава гуминовых кислот на различных стадиях формирования торфа / Л.В. Пигулевская [и др.] // Исследования по технологии, механической и химической переработки торфа. Минск, 1972. – С. 165–169.

7. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А. И. Попов. СПб, 2004. – 248 с.

8. Попова, Л.П. Исследование химического состава фракций торфяных гуминовых кислот: автореф. дис. ... к. х. н / Л.П. Попова. Калинин, 1969. – С. 18.

УДК 632.15

Л.Н. Москальчук<sup>1</sup>, Т.Г. Леонтьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup> Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси

### ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И ВЫБРОСЫ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»: ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СОЛИГОРСКОГО И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ

**Введение.** Основным направлением деятельности ОАО «Беларуськалий» является добыча и переработка сильвинитовой руды для получения хлористого калия и других продуктов различного назначения. Промышленные отходы от переработки сильвинитовой руды на ОАО «Беларуськалий» представлены двумя основными видами – твердыми галитовыми отходами, содержащими 92–95% хлористого калия, и глинисто-солевыми шламами, представленными суспензией частиц хлористого калия, хлористого натрия и нерастворимого (глинистого) осадка в насыщенном растворе данных солей. Ежегодно, при существующем объеме производства на ОАО «Беларуськалий» образуется 16–20 млн т галитовых отходов и 1,5–2,0 млн т глинисто-солевых шламов (ГСШ), для складирования которых на сегодня отведено более 2,0 тыс. га плодородных сельскохозяйственных земель. В настоящее время общее количество складированных на территории Солигорского горно-промышленного региона промышленных отходов составляет более 1 млрд. т [1].

Существенную роль в загрязнении окружающей среды в Солигорском горно-промышленном регионе играют также пылегазовые выбросы обогатительных фабрик. Основное количество данных выбросов образуется в процессе сушки и гранулирования концентрата калия, а также на ТЭС, которые имеются на 1-4 рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий». Данные процессы сопровождаются значительными выбросами диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, хлористого калия и других загрязнителей, которые негативно воздействуют на атмосферу, почву, водные объекты, животный и растительный мир, как вблизи расположения предприятий, так и на значительном расстоянии от них [2].

Следует отметить, что Старобинское месторождение калийных солей расположено в зоне избыточного увлажнения. Следовательно, атмосферные осадки вследствие растворения в них солей являются постоянным источником образования рассолов (растворов с повышенным содержанием солей калия и натрия).

Расположенные на поверхности земли промышленные отходы ОАО «Беларуськалий» и выбросы обогатительных фабрик отрицательным образом сказываются на состоянии лесных экосистем и вызывают загрязнение объектов окружающей среды (воздух, водные бассейны, почвы), включая растительный и животный мир.