

по производительности, а так же на снижение количества и повторности операций в сравнении с другими технологическими схемами.

На величину производительности комплекса так же оказывает влияние величина обрабатываемой площади. При этом во всех исследуемых схемах с увеличением площади наблюдается рост производительности комплексов.

Таким образом, проведенный анализ работы комплексов показывает, что для повышения производительности их необходимо, наряду с увеличением производительности оборудования основной операции, сократить количество и исключить повторность последующих операций в каждой технологической схеме. Снижение трудоемкости и стоимости работ предполагается достичь за счет разработки технологических процессов с утилизацией древесины, сокращения числа операций по схемам за счет комбайнирования, сокращения повторное операций посредством применения машин с дифференцированной глубиной обработки.

#### Литература

1. Мисников, О.С., Тимофеев, А.Е., Михайлов, А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2011, – № 9, – С. 84 – 92.
2. Купорова А.В., Пухова О.В., Ермияш Д.М. Направления осушения месторождений в геотехнологиях торфа и сапропеля // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2011, № 11, С. 36 – 40.
3. Сергеев, Ф.Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей. – М.: Недра, 1985. – 256 с.

УДК 622.7+631.417.1

### **Показатели процесса экстракции гуминовых веществ из торфа при различных условиях**

Бамбалов Н.Н., Смирнова В.В., Немкович А.С., Бровка Г.П.  
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

Из торфа получают гуматы калия, натрия и аммония при разной концентрации экстрагентов, соотношении торф : экстрагент (модуль), температуре ( $18 \div 160$  °С), давлении и продолжительности процесса экстракции [1-5]. Из одного и того же образца торфа при различных технологических режимах и условиях выделения получают гуминовые препараты, отличающиеся количественными ха-

раактеристиками (общий и удельный выход, концентрация), физико-химическими и биологическими свойствами.

В работе [5] исследовано влияние технологических режимов и условий экстракции гуминовых веществ торфа (ГВ) на расход сырья, воды, химических реагентов и тепла при температуре 96÷98 °С. Цель данной работы - получение новых данных о влиянии условий экстракции ГВ на технологические показатели процесса экстракции ГВ, в частности, при более высокой температуре (125 °С).

Для исследований использовали типичные низинные виды торфа: тростниково-осоковый торф со степенью разложения  $R = 35\%$ , зольностью  $A = 11,3\%$ ,  $pH$  в КСl 5,2 из месторождения Галоквалевское и древесно-тростниковый ( $R = 40\%$ ,  $A = 9,3\%$ ,  $pH$  в КСl 5,0) из месторождения Ореховский Мох; верховой сосново-пушицевый торф ( $R = 50\%$ ,  $A = 3,3\%$ ,  $pH$  в КСl 3,3) и пушицевый ( $R = 50\%$ ,  $A = 2,9\%$ ,  $pH$  в КСl 3,0) из месторождения Радемье.

Оценка показателей технологического процесса экстракции ГВ выполнена по параметрам: выход ГВ из сырья, концентрация раствора ГВ, расход воды, щелочи и тепла на получение 1 кг сухих ГВ в зависимости от концентрации щелочи от 0,4 до 5 %, температуры экстракции (18–20, 96–98, 125 °С) и модуля (1:5, 1:10, 1:50) (таблица и рисунок).

Выход ГВ из торфа при 18÷20 °С существенно ниже, чем при 96–98 °С. С точки зрения теории растворимости ГВ [2, 3] их переход из твёрдого состояния в щелочной раствор не зависит от температуры, так как ионы водорода карбоксильных групп и фенольных гидроксидов одинаково замещены на ионы натрия.

Сухие препараты гуминовых кислот, выделенные из торфа при 96–98 °С, хорошо растворяются в 2 %-ной NaOH при 18–22 °С, однако при экстракции ГВ из торфа этого не наблюдается. Можно полагать, что ГВ, экстрагируемые при 18÷20 °С, находятся в торфе в свободном состоянии, а дополнительно экстрагируемые при 96–98 °С связаны с другими компонентами торфа омыляемыми химическими связями, поэтому они переходят в раствор только после разрушения таких связей при щелочном гидролизе. Следовательно, процесс экстракции ГВ торфа щелочью при нагревании включает в себя не только процессы растворения, но и омыления химических связей, с высвобождением ГВ.

Таблица. Показатели процесса экстракции ГВ из торфа 2 %-м раствором NaOH в течение 2 ч при различных температурах и модуле 1:10

| Показатели   | Температура, °С |       |      |
|--|-----------------|-------|------|
|  | 18–20           | 96–98 | 125  |
| Тростниково-осоковый торф, $R = 35\%$ , $A = 11,3\%$ |                 |       |      |
| Выход ГВ, %  | 18,9            | 55,9  | –    |
| Концентрация раствора ГВ, %                          | 1,2             | 3,4   | –    |
| Удельный расход торфа, кг/кг ГВ                      | 10,0            | 3,4   | –    |
| Удельный расход воды, кг/кг ГВ                       | 55,8            | 18,8  | –    |
| Удельный расход NaOH, кг/кг ГВ                       | 1,2             | 0,4   | –    |
| Удельный расход тепла, МДж/кг ГВ                     | 0               | 7,6   | –    |
| Древесно-осоковый торф, $R = 40\%$ , $A = 9,3\%$     |                 |       |      |
| Выход ГВ, %  | –               | 67,4  | 62,5 |
| Концентрация раствора ГВ, %                          | –               | 4,4   | 4,1  |
| Удельный расход торфа, кг/кг ГВ                      | –               | 2,7   | 2,9  |
| Удельный расход воды, кг/кг ГВ                       | –               | 15,3  | 16,5 |
| Удельный расход NaOH, кг/кг ГВ                       | –               | 0,3   | 0,4  |
| Удельный расход тепла, МДж/кг ГВ                     | –               | 8,1   | 8,7  |
| Сосново-пушицевый торф, $R = 50\%$ , $A = 3,3\%$     |                 |       |      |
| Выход ГВ, %  | 48,9            | 66,0  | –    |
| Концентрация раствора ГВ, %                          | 3,5             | 4,7   | –    |
| Удельный расход торфа, кг/кг ГВ                      | 3,5             | 2,6   | –    |
| Удельный расход воды, кг/кг ГВ                       | 19,7            | 14,6  | –    |
| Удельный расход NaOH, кг/кг ГВ                       | 0,4             | 0,3   | –    |
| Удельный расход тепла, МДж/кг ГВ                     | 0               | 5,9   | –    |
| Пушицевый торф, $R = 50\%$ , $A = 2,9\%$             |                 |       |      |
| Выход ГВ, %  | –               | 76,3  | 75,0 |
| Концентрация раствора ГВ, %                          | –               | 5,9   | 5,8  |
| Удельный расход торфа, кг/кг ГВ                      | –               | 2,3   | 2,3  |
| Удельный расход воды, кг/кг ГВ                       | –               | 12,6  | 12,8 |
| Удельный расход NaOH, кг/кг ГВ                       | –               | 0,3   | 0,3  |
| Удельный расход тепла, МДж/кг ГВ                     | –               | 6,7   | 6,8  |

При повышении температуры экстракции ГВ до 125 °С одновременно возрастает и давление до 3,0÷3,5 атмосфер, поскольку процесс осуществляется в герметично закрытом автоклаве. Как видно из таблицы, вопреки ожиданию, при 125 °С выход ГВ оказался меньше, чем при 96÷98 °С. Это можно объяснить параллельным протеканием реакций конденсации растворённых ГВ с образованием нерастворимых осадков, т.е. в этом случае имеет место процесс, противоположный растворению ГВ. По-видимому, реакции конден-

сации ГВ идут и при 96–98 °С, но при 125 °С они выражены в большей степени и превалируют над процессами щелочного гидролиза.

Представленные данные однозначно указывают на нецелесообразность увеличения температуры экстракции ГВ с 96–98 °С до 125 °С. Это позволит не только минимизировать процессы конденсации ГВ, но и существенно сократить расход энергии на получение ГВ.

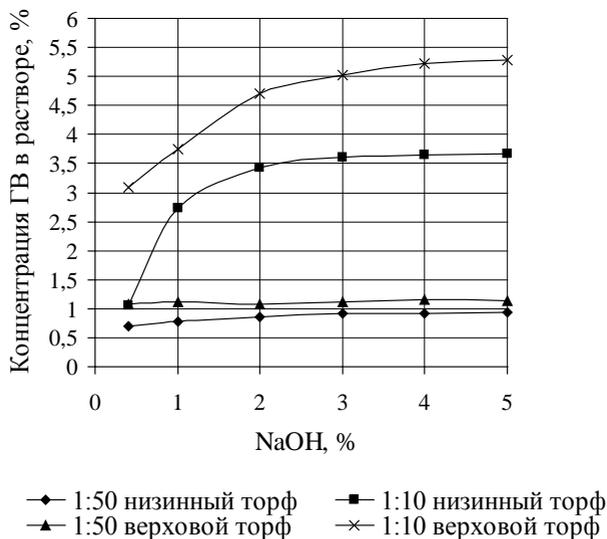


Рис. 1. Зависимость концентрации ГВ в растворе от концентрации NaOH (экстракция ГВ при 96–98 °С)

Кроме технологических режимов экстракции на выход ГВ влияет качество торфяного сырья. Наиболее предпочтителен торф с высокой степенью разложения и низкой зольностью, особенно нежелательно иметь в составе минеральной части торфа большие количества соединений кальция, железа и других двух- и трёхвалентных металлов, осаждающих ГВ из щелочного раствора. Меньший выход ГВ из низинного торфа по сравнению с верховым объясняется различиями их качественных характеристик (R, A, pH).

Потери ГВ с твёрдым остатком торфа зависят в основном от качества центрифугирования. В условиях наших экспериментов влажность остатков была около 80 %, а потери ГВ составляют 22–24 % от общего количества ГВ, перешедшего в раствор.

Концентрация ГВ в получаемых щелочных растворах зависит от качества сырья, концентрации NaOH в экстрагенте, модуля (рисунок). При этом оказалось, что для экстракции ГВ из низинного торфа достаточно использовать 2 %-й раствор едкого натра, а из верхового – 2,5–3 % в связи с тем, что торф верхового типа имеет повышенную кислотность. Дальнейшее увеличение концентрации NaOH в экстрагенте нецелесообразно. При организации производства для конкретного вида сырья следует экспериментально уточнять концентрацию NaOH.

Наибольший удельный расход сырья получается в случае извлечения ГВ при 18–20 °С, наименьший – при 96–98 °С. Увеличение температуры экстракции до 125 °С не привело к снижению расхода торфа на получение 1 кг ГВ.

Удельный расход воды наибольший при экстракции ГВ без нагревания, наименьший при 96–98 °С. Тоже самое можно сказать и об удельном расходе едкого натра на получение 1 кг ГВ.

С точки зрения энергетики наиболее выгоден процесс экстракции при 18÷20 °С, так как при этом получают раствор ГВ без нагревания реакционной смеси. Наибольший расход тепла на получение 1 кг ГВ получается при экстракции ГВ при 125 °С.

Таким образом в зависимости от целевого назначения ГВ, выделяемых из торфа едким натром, могут быть целесообразны два варианта: экстракция при 18÷20 °С, позволяющая наиболее экономно получить ГВ, но с низкой их концентрацией в растворе 0,7÷1,2 % и экстракция при 96÷98 °С, энергетически более затратная, но обеспечивающая концентрацию растворов ГВ на уровне 4,5÷5,5 % при модуле 1:10. Дальнейшее увеличение концентрации раствора ГВ возможно при снижении модуля до 1:7÷1:6. При модуле 1:5 концентрация ГВ в растворе составляет 6,0 % для низинного торфа и 7,3 % для верхового. Однако в данном случае потери ГВ составляют около 60 %.

#### Литература

1. Горовая, А.И. Гуминовые вещества / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко. – Киев: Навукова думка, 1995. – 303 с.
2. Гуминовые препараты. Тюмень. – 1971.
3. Никитенко, А. Д., Бамбалов Н. Н. Сравнительная оценка выхода ГК из торфа при экстракции гидроксидами натрия и аммония // Природопользование. 2007. Вып. 13. – С 166–169.
4. Наумова, Г. В., Жмакова Н. А., Овчинникова Т. Ф. и др Биологически активные вещества торфа и продуктов его переработки // Природопользование. 2002. Вып. 8. С 144–153.

5. Бамбалов, Н. Н., Влияние условий экстракции гуминовых веществ из торфа на удельные затраты реагентов и тепла /Н.Н.Бамбалов, В. В.Смирнова, А. С.Немкович, Г.П.Бровка.// Материалы междунар. науч. конф. "Природопользование: экология, экономика, технологии". Минск, 2010. – С. 14–19.

УДК 622.7+631.41

### **Условия получения жидкого концентрированного медь-цинк-гуминового удобрения**

Коврик С.И., Соколов Г.А.

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

В представленной работе рассматриваются условия получения устойчивого жидкого концентрированного удобрения, содержащего в качестве биостимулятора роста растений гуминовые вещества (ГВ), выделенные при щелочной экстракции торфа [1], и два микроэлемента: медь и цинк.

При взаимодействии ГВ торфа с двух- и трехвалентными ионами металлов в зависимости от соотношения  $Me:ГВ$  могут образовываться как растворимые, так и нерастворимые металл-гуминовые комплексы (МГК) [2]. Так, в щелочной среде при соотношении  $Me:ГВ > 1$  образуются нерастворимые МГК, что вызвано как вовлечением в процесс комплексообразования функциональных групп ГВ различной силы, так и возможностью сорбции катионов на развинутой поверхности образующихся коллоидов [2].

Для обработки семян и опрыскивания растений используют только растворимые МГК. Последние образуются при взаимодействии щелочных растворов ГВ с катионами только тогда, когда соотношение  $ГВ:Me > 1,5 \div 2$  [2]. Это соотношение компонентов является неблагоприятным для растений, поэтому в сельском хозяйстве применяют препараты, в которых масса микроэлементов больше массы ГВ в  $5 \div 10$  раз.

Запатентован способ получения  $Cu$ -гуминового удобрения, в котором устойчивые концентрированные  $Cu$ -гуминовые растворы получены за счет введения в качестве лиганда 25 %-го водного раствора аммиака и хлорида аммония [3].

Из табл. видно, что 25 %-й водный раствор аммиака и хлорид аммония можно использовать только для приготовления концентрированных  $Cu$ -гуминовых растворов (образец 1, табл.). При введении катионов аммония в  $Zn$ -и  $Cu-Zn$ -гуминовые растворы