

## **Торф и продукты его переработки**

УДК 662.7

### **МАЛООТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТВОРОВ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТОРФА РАЗЛИЧНОГО БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТЕПЕНИ РАЗЛОЖЕНИЯ**

© *Д.В. Дудкин\**, *И.М. Федяева*

*Югорский государственный университет, ул. Чехова, 16, Ханты-Мансийск,  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Тюменская обл., 628012  
(Россия), e-mail: dvdudkin@rambler.ru*

Цель работы – создание экономически целесообразной и экологически безопасной технологии получения гуминовых веществ, позволяющей использовать в качестве органического сырья любые виды торфа.

Задачи исследования – снижение общих энергетических затрат, температуры, давления, продолжительности процесса и количества стадий производства гуминовых веществ; повышение практического выхода при одновременной минимизации образующихся отходов; снижение трудозатрат; «гибкая» система изменения объемов производства готовой продукции.

В работе представлена малоотходная технология получения растворов гуминовых веществ из торфа, характеризующегося низкой степенью разложения (менее 15%) и зольностью (менее 10%). В основе технологии впервые применен механохимический способ переработки торфа, основанный на кавитационной механоактивации протекающих химических процессов. Представленную технологию отличает от аналогичных технологических решений возможность использования любых видов торфяного сырья по ботаническому составу, включая сфагновые виды торфа с низкой степенью разложения, для производства растворов гуминовых веществ, предназначенных для применения в качестве жидких гуминовых удобрений. Созданная технология характеризуется значительными экономическими показателями за счет более высокой степени превращения сырья и меньших энергетических затрат вследствие уменьшения продолжительности процесса. Возможность вторичного использования образующихся в результате производства органических отходов повышает экологическую эффективность технологического решения вследствие значительного увеличения практического выхода готовой продукции и снижения доли отходов. Представленная технологическая схема позволяет «гибко» изменять объемы производимой продукции без существенных затрат на реорганизацию производства. Более низкие значения температуры и давления технологических процессов делают производственный процесс более безопасным.

*Ключевые слова:* технология, гуминовые вещества, торф, жидкое гуминовое удобрение, механохимический, кавитация.

#### **Введение**

Гуминовые вещества получили широкое применение в различных отраслях хозяйственной деятельности. В виде водно-щелочных коллоидных растворов они с успехом применяются в качестве стабилизаторов буровых растворов при бурении нефтяных скважин [1], в качестве поверхностно-активных веществ в производстве аккумуляторов [2], в производстве ячеистого бетона [3], в качестве действующего вещества в производстве ветеринарных препаратов [4]. Наиболее широкое распространение гуминовые вещества получили в сельском хозяйстве в качестве действующего вещества жидких гуминовых удобрений [5–9]. Однако практика их широкого использования в качестве агрохимикатов сдерживается нерешенной про-

---

*Дудкин Денис Владимирович* – доцент кафедры экологии и природопользования, кандидат химических наук, тел.: (3467) 357-669, e-mail: dvdudkin@rambler.ru  
*Федяева Ирина Михайловна* – ведущий менеджер регионального центра инжиниринга, e-mail: fim82@mail.ru

блемой обеспечения стабильности показателей качества в условиях массового производства. Причины данной проблемы состоят в биологической природе исходного сырья и биокостной природе выделяемых из него гуминовых кислот. Бу-

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

дучи полимерами нерегулярного состава, гуминовые кислоты существенно различаются по своему строению и свойствам, в зависимости от состава реакционной смеси и условий проведения реакции в процессе их получения. Дополнительные технологические сложности в производстве гуминовых веществ создает химическая неоднородность торфа – основного вида сырья, используемого в производстве [10]. Так, согласно ГОСТ Р 54249-2010, в рамках используемых технологий получения, большая часть торфяных месторождений Западной Сибири, вследствие низкой степени разложения и высокой доли сфагновых видов торфа, является непригодной для получения гуминовых кислот. Это создает ряд трудностей в окультуривании земель таежной зоны Западной Сибири – территории с наибольшими запасами торфа в РФ [11].

Перечисленные факты делают актуальным проведение исследований в области создания новых технологических решений, удовлетворяющих современным требованиям развития экономики.

Цель работы – создание экономически целесообразной и экологически безопасной технологии получения растворов гуминовых веществ, позволяющей использовать в качестве органического сырья любые виды торфа.

Задачи исследования:

- 1) снижение общих энергетических затрат, температуры, давления общей продолжительности процесса и количества стадий производства растворов гуминовых веществ;
- 2) повышение практического выхода при одновременной минимизации образующихся отходов;
- 3) снижение трудозатрат;
- 4) «гибкая» система изменения объемов производства готовой продукции.

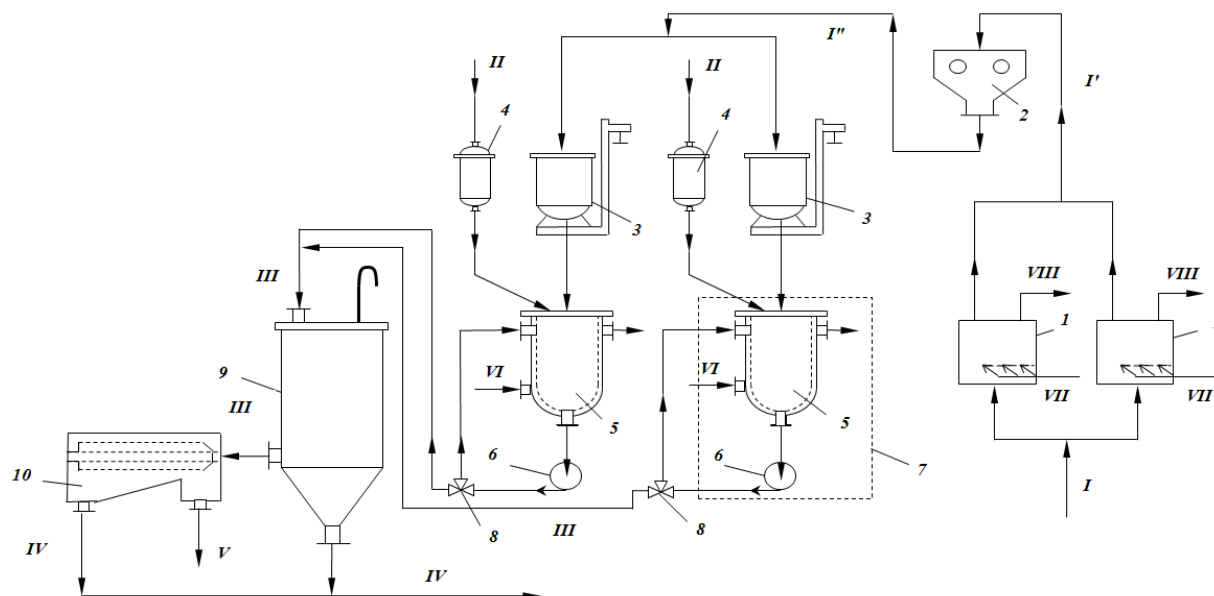
### **Экспериментальная часть**

В 2014 году компанией ООО «ХимТехнологии» в рамках выполнения НИОКР по теме «Разработка, изучение агрохимической безопасности и эффективности применения опытных образцов удобрений Гумовит и Лигновит в растениеводстве», при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонда содействия инновациям) создана укрупненная опытно-промышленная установка по производству жидких гуминовых удобрений «Гумовит». Принципиальной основой для создания установки послужил механохимический способ получения раствора гуминовых веществ из торфа [12]. Производительность установки составляет 350 тыс. литров в год. Установка включает в себя три основных блока: блок подготовки сырья, реакторный блок, блок выделения продукта и его розлива (рис.).

Блок подготовки сырья включает в себя стадии сушки органического сырья (торфа), производимые в сушильных шкафах (1) при температуре 80°C, и последующего измельчения до фракции не более 10 мм на молотковой дробилке (2). Высушенное до воздушно-сухого состояния (15–20% влаги) сырье поступает через весовые мерники (3) в реакторный блок (7), включающий в себя сам реактор (5) и аппарат конструкции А.Д. Петракова (6). Через объемные мерники (4) в реакторный блок также подается аммиак и вода (подача воды на схеме не показана). В реакторном блоке происходит смешение компонентов.

В результате механохимического воздействия, оказываемого на торф, в реакторном блоке происходит процесс образования действующего вещества препарата «Гумовит», сопровождающийся его экстракцией в водно-щелочной раствор. В результате описанных химических превращений в реакторном блоке постепенно образуется продуктовая суспензия, состоящая из опытного образца «Гумовит» – раствора гуминовых веществ и не вступившей в реакцию твердой фазы торфа. Технологическая связь между блоком подготовки сырья и реакторным блоком осуществляется с помощью ручного труда. По завершении процесса продуктовая суспензия перекачивается посредством аппарата конструкции Петракова А.Д. (6) в сборник суспензии (9) через трехходовой кран (8), где происходит процесс отделения твердой фазы от жидкого продукта путем отстаивания осадка. Далее через соответствующее технологическое отверстие продукт периодически самотеком выводится на центрифугу (10) для полного разделения осадка и продукта. После центрифугирования продукт фасуется в полиэтиленовую тару, получает тарную этикетку и направляется на склад готовой продукции. Твердый остаток выводится из установки для вторичных процессов его переработки.

Готовой продукцией является водно-аммиачный раствор гуминовых веществ, получаемый в установке окислительного аммонолиза торфа, очищенный в узле сепарации и используемый в качестве товарной продукции – жидкого гуминового удобрения «Гумовит».



Технологическая схема укрупненной опытной промышленной установки по производству жидкого гуминового удобрения «Гумовит»: 1 – сушильные шкафы, 2 – дробилка молотковая, 3 – весовые мерники, 4 – объемные мерники, 5 – реакторы, 6 – аппарат конструкции Петракова А.Д., 7 – реакторный блок, 8 – трехходовой кран, 9 – сборник суспензии, 10 – центрифуга. Технологические потоки: I – мокрый торф, I' – высушенный торф, I'' – высушенный измельченный торф; II – аммиак, III – продуктовая суспензия, IV – твердый остаток (на вторичные процессы), V – «Гумовит» (на склад), VI – теплоноситель, VIII – сухой воздух, VIII' – отработанный воздух

### Обсуждение результатов

Химический состав готовой продукции, наряду с действующим веществом, включает в себя растворенные углеводы – пентозаны и гексозаны. Химический состав действующего вещества, контролируемый при производстве, представлен данными таблицы 1.

Основными количественными показателями, характеризующими массовую долю действующего вещества в продукции, являются плотность продукта и массовая доля гуминовых кислот (согласно ГОСТ 27593-88). Основные качественные показатели – это показатель преломления, массовые доли аммонийного и общего азота, фосфора, калия, характеризующие биологическую активность продукции (табл. 2).

Особенностью описанного технологического процесса является полное (безотходное) использование торфяного сырья для получения раствора гуминовых веществ (табл. 3). К числу других преимуществ описанной технологической схемы можно отнести ее энергоэффективность и универсальность (табл. 4). Под универсальностью понимается применимость фактически всех видов торфа в качестве сырья для производства раствора гуминовых веществ [13].

Характеристики торфа, использованного в создании описанной технологии, представлены в таблице 5. Под большей энергоэффективностью понимается снижение суммарных энергетических затрат вследствие существенного сокращения продолжительности процесса, его температуры и давления [11].

Расчет основных экономических показателей производства раствора гуминовых веществ, в рамках предложенного технологического решения, имеет следующие значения: чистая текущая стоимость проекта

Таблица 1. Химический состав действующего вещества удобрения «Гумовит»

Показатель	Численное значение
Массовая доля С, %	41.5–57.9
Массовая доля Н, %	5.2–6.4
Массовая доля N, %	3.5–3.9
Массовая доля О, %	51.5–49.4
Массовая доля хинонных групп, %	6.0–7.0
Массовая доля карбоксильных групп, %	3.4–3.7
Массовая доля фенольных групп, %	0.1–2.9
Массовая доля метоксильных групп, %	9.9–11.0
Молекулярная масса, г/моль	51000–55000

(*NPV*) – 8,7 млн руб.; индекс рентабельности (*PI*) – 4,7; внутренняя норма доходности (*IRR*) – 33%; период окупаемости – 6 лет; ставка дисконтирования – 15%. Данные экономические показатели подтверждают превосходство данного технологического решения над ранее известными [14–18]. Существенным практически значимым отличием от перечисленных аналогов является использование в качестве сырья только торфа. В случае переработки сфагновых торфов с низкой степенью разложения также отсутствует необходимость включения в состав реакционной смеси других видов твердого топлива или древесных отходов [19–20]. В отличие от ранее известных аналогов [21, 22], механохимическая обработка в данном решении носит одноступенчатый характер. Сопоставление качественных характеристик биологической активности получаемого препарата «Гумовит» [5–7, 23, 24] с имеющимися аналогами «Росток», «Оксидат торфа», «Оксигумат» [16, 19, 25, 26] выявляет его соответствие требованиям рынка гуматов в части прибавки урожая при сопоставимых дозах внесения [5–9].

Важным аспектом повышения экологической эффективности производства гуматов по предлагаемой технологической схеме является безотходное использование торфяного сырья, достигаемое посредством вторичного использования образующихся отходов в смеси с исходным торфом. Основанием для данного технологического решения является установленный факт образования гуминовых веществ из основных компонентов торфа с высоким практическим выходом при механохимическом воздействии [27–30]. При этом исключается необходимость в использовании окислителя в качестве отдельного реагента, поскольку последний образуется в реакционной смеси непосредственно в процессе кавитационной механохимической обработки торфа в водно-щелочной среде в форме пероксида водорода [31].

Предложенная технологическая схема может быть реализована на базе торфа, добываемого как полойным (фрезерным), так и экскаваторным методом, поскольку механохимическая обработка сырья нивелирует различия в ботаническом составе торфа и делает пригодным для использования все его виды, независимо от степени разложения [13, 32].

Таблица 2. Технические требования к качеству производимой продукции

Наименование показателя	Норма
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0.99, не менее
Показатель преломления при 20 °С	1.334, не менее
Содержание гуминовых кислот (ГОСТ 27593-88), % масс.	1, не менее
Кислотность рН, ед. рН	от 10.7 до 11.0
Содержание макро- и микроэлементов:	
– аммонийного азота, %	от 0.6 до 0.7
– общего азота, %	от 0.7 до 0.8
– общего фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %	от 0.005 до 0.006
– общего калия (K <sub>2</sub> O), %	от 0.002 до 0.003
– обменного кальция (СаО), %	от 0.007 до 0.010
– железа (вал. формы), мг/кг	от 35 до 54

Таблица 3. Нормы образования отходов производства на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции

Вид отхода	Наименование отхода	Направление использования	Нормы образования отходов, кг	
			по проекту	примечание
Твердые отходы	Нерастворимая часть торфо-гуминового комплекса	Вторичное сырье для производства твердого органического удобрения	9.13	–

Таблица 4. Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Нормы расхода на 1 м <sup>3</sup> готового продукта		
	единица измерения	по проекту	примечания
Торф	кг	18,42	–
Аммиак водный	л	78,95	Массовая доля 25 %
Вода	л	921,05	Питьевая по ГОСТ Р 51232-98
Электроэнергия	кВт/ч	145,16	–
Потребительская тара	шт.	200/100/50	ПЭТ-тара или полиэтиленовая канистра емкостью 5/10/20 литров

Таблица 5. Критерии качества торфа, используемого в качестве сырья для производства удобрения «Гумовит»

Наименование показателя	Норма	Метод испытания
Фракционный состав, мм, не более	10	ГОСТ 11130-75
Массовая доля влаги, %, не более	20	ГОСТ 11305-83
Степень разложения, %, не менее	15	ГОСТ 10650-75
Зольность, %, не более	10	ГОСТ 11306-83
Кислотность рН солевой суспензии (рН <sub>KCl</sub> )	4,5–6,8	ГОСТ 11623-89
Массовая доля гуминовых кислот на органическую массу, %, не менее	16	ГОСТ 9517-94
Массовая доля общего азота, %, не менее	0,7	ГОСТ 26715-85
Массовая доля общего фосфора, %, не менее	0,2	ГОСТ 26717-85
Массовая доля калия, % не менее	0,1	ГОСТ 26718-85

Таким образом, описываемое технологическое решение производства раствора гуминовых веществ технологически целесообразным, экономически обоснованным и экологически наиболее приемлемым. Комплексные агрохимические исследования эффективности применения жидкого гуминового препарата «Гумовит», произведенного на описанной установке, на широком перечне овощных [5], зерновых [6–9] и плодово-ягодных культур [23, 24] подтвердили его высокую биологическую активность. Полученный агрохимикат не уступает по качественным показателям аналогам, имеющимся на рынке, и может быть рекомендован к широкому внедрению в производство. Перспективы использования производимых в рамках предложенного технологического решения растворов гуминовых веществ в строительной отрасли [3], потенциально делают их еще более востребованными в народном хозяйстве.

### Выводы

Впервые создана экономически целесообразная и экологически безопасная технология получения растворов гуминовых веществ, использующая в качестве органического сырья любые виды торфа, включая сфагновые виды торфа, характеризующиеся низкой степенью разложения. Предложенное технологическое решение ведет к снижению общих энергетических затрат, температуры, давления, общей продолжительности процесса и числа стадий производства раствора гуминовых веществ, повышению практического выхода при одновременной минимизации образующихся отходов. Технологическое решение позволяет «гибко» изменять объемы производимой продукции без существенных затрат на реорганизацию производства.

### Список литературы

1. Солодов Г.А., Мандров Г.А., Папин А.В., Малышева В.Ю., Сивакова Л.Г. Технология приготовления водугольных суспензий из шламов углеобогатительных фабрик // Экологичность ресурсо- и энергосберегающих производств на предприятиях народного хозяйства: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2002. С. 35–36.
2. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соросовский образовательный журнал. 1997. №2. С. 56–63.
3. Дудкин Д.В. Оценка пригодности синтетических гуминовых кислот в производстве ячеистых бетонов // Вестник Югорского государственного университета. 2016. №2 (41). С. 34–38.
4. Жилиякова Т.П., Касимова Л.В., Титова Э.В., Панов А.Н., Удинцев С.Н., Сибататов В.А., Белоусов Н.М. Перспективы применения торфа и продуктов его переработки в животноводстве. Томск, 2006. 92 с.
5. Дудкин Д.В., Кашнова Е.В. Практика применения искусственно полученных гуминовых кислот на овощных культурах в условиях Алтайского приобья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. №6 (56). С. 28–31.
6. Дудкин Д.В., Змановская А.С., Литвинцев П.А. Влияние продуктов искусственной гумификации на рост и урожайность озимой пшеницы, возделываемой в условиях лесостепной зоны // Вестник Югорского государственного университета. 2013. №3 (30). С. 19–24.
7. Дудкин Д.В., Литвинцев П.А. Влияние продуктов искусственной гумификации на рост и урожайность яровой пшеницы, возделываемой в условиях лесостепной зоны Алтайского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №6 (44). С. 47–50.
8. Литвинцев П.А., Дудкин Д.В., Змановская А.С., Евстратова Д.А., Фахретдинова Г.Ф., Ефанов М.В., Кузикеева А.П. Биологическая активность синтетических гуминовых препаратов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 книгах. Барнаул, 2011. С. 151–154.
9. Литвинцев П.А., Дудкин Д.В., Змановская А.С., Евстратова Д.А., Фахретдинова Г.Ф., Кузикеева А.П. Биологическая активность синтетических гуминовых препаратов // Физикохимия растительных полимеров: материалы IV международной конференции. Архангельск, 2011. С. 172–173.
10. Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. Минск, 1987. 148 с.

11. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М., 1976. 488 с.
12. Патент РФ №2429214. Способ получения гуминовых кислот и гуматов из торфа / Д.В. Дудкин, А.С. Толстяк, Г.Ф. Фахретдинова. 2011.
13. Дудкин Д.В., Заров Е.А., Змановская А.С. Влияние ботанического состава и степени разложения торфа на состав гуминовых кислот, полученных механохимическим способом // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 109–116. DOI: 10.14258/jcrpm.2016021005
14. Смолянинова Н.М., Хорошко С.И., Москальчук А.Н. Технология получения растворимых гуматов из торфа // Известия Томского политехнического института. 1969. Т. 178. С. 158–161.
15. Раковский В. Е. Биологически активные вещества торфа // Труды Калининского политехнического института. 1967. Вып. 3(16). С. 9–16.
16. Наумова Г.В., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф., Хрипович А.А., Макарова Н.Л. Биологически активные вещества торфа и продуктов его переработки // Природопользование. 2002. Вып. 8. С. 144–153.
17. Наумова Г.В., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф., Макарова Н.Л., Кляуззе И.В., Лучина Г.И., Рахтеенко Т.С. Ресурсосберегающие технологии получения экологобезопасных биологически активных препаратов на основе торфа и эффективность их применения в сельском хозяйстве // Природные ресурсы. 1996. №1. С. 101–106.
18. Лиштван И.И., Наумова Г.В. Биологически активные вещества торфа и их биогеохимическая классификация // Доклады АН БССР. 1985. Т. 29, №10. С. 938–940.
19. Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. Минск, 1987. 125 с.
20. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Окислительно-гидролитическая деструкция торфа – эффективный метод его химической переработки // Природопользование. 2012. Вып. 22. С. 83–91.
21. Наумова Г.В., Косоногова Л.В., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф. Биологически активные препараты стимулирующего и фунгицидного действия на основе торфа // Химия твердого топлива. 1995. №2. С. 82–88.
22. Иванов А.А., Юдина Н.В., Ломовский О.И. Механохимическая обработка верхового торфа // Химия растительного сырья. 2004. №2. С. 55–60.
23. Дудкин Д.В., Бояндина Т.Е. Практика применения гуминового препарата Гумовит в качестве стимулятора корнеобразования при размножении аронии черноплодной (*aronia melanocarpa*) // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. №2 (43). С. 24–31.
24. Дудкин Д.В., Бояндина Т.Е. Практика применения гуминового препарата «Гумовит» в качестве стимулятора корнеобразования при размножении вишни степной // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №1 (50). С. 20–30.
25. Яковлев В.К., Першаков А.Ю., Калеев А.С. Урожайность и качество зерна ячменя под влиянием предпосевной обработки семян регулятором роста и фунгицида // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курган, 2015. С. 105–107.
26. Куртова А.В., Грехова И.В. Влияние гуминового препарата Росток на продуктивность и качество клубней картофеля // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам III научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар, 2017. С. 546–550.
27. Дудкин Д.В., Змановская А.С. Образование гуминовых кислот при кавитационном воздействии на торф в водно-щелочных средах // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т. 22, №2. С. 121–123.
28. Дудкин Д.В., Змановская А.С. Химические превращения лигнина торфа, подвергнутого сонолизу в водно-щелочных средах // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24, №1. С. 23–27.
29. Дудкин Д.В., Змановская А.С. Трансформация углеводной части вторичного растительного сырья, подвергнутого кавитации в водно-щелочных средах // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24, №6. С. 753–759.
30. Дудкин Д.В., Змановская А.С. Химические превращения восков в процессе механохимической обработки торфа в водно-щелочных средах // Химия в интересах устойчивого развития. 2017. Т. 25, №2. С. 173–177.
31. Дудкин Д.В., Змановская А.С. Кинетика механохимической переработки вторичного растительного сырья в гуминовые кислоты // Вестник Югорского государственного университета. 2015. №3(38). С. 30–37.
32. Дудкин Д.В., Федяева И.М. Основы механохимической технологии получения гуматов из торфа // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VII Всероссийской конференции с международным участием. Барнаул, 2017. С. 330–332.

*Поступило в редакцию 27 октября 2017 г.*

*После переработки 28 декабря 2017 г.*

**Для цитирования:** Дудкин Д.В., Федяева И.М. Гуминовых веществ из торфа различного ботанического состава и степени разложения // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 175–182. DOI: 10.14258/jcrpm.2018023356

Dudkin D.V.\*<sup>\*</sup>, Fedyeva I.M. LOW-WASTE TECHNOLOGY OF PRODUCING HUMIC SUBSTANCES FROM PEAT OF DIFFERENT BOTANICAL COMPOSITION AND DECOMPOSITION DEGREE

Ugra State University, Chekhov, 16, Khanty-Mansiysk, Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra, Tyumen region, 628012 (Russia), e-mail: dvdudkin@rambler.ru

Objective: create a cost-effective and environmentally safe technology of obtaining of humic substances allows to use as organic raw materials all kinds of peat.

Objectives of the study: reducing overall energy cost, temperature, pressure, duration of process and the number of stages of production of humic substances; increase the practical output while minimizing waste; reduced labor costs; the creation of a "flexible" system changes in production volumes of finished products.

The paper presents low-waste technology of obtaining solutions of humic substances from peat with low decomposition degree (less than 15 %) and ash content (less than 10%). The technology used for the first time mechanochemical method of processing of peat, based on the cavitation of mechanical activation of chemical processes. The technology differs from similar technologies the ability to use any types of raw peat botanical composition, including the types of sphagnum peat with low degree of decomposition for the production of solutions of humic substances intended for use as a liquid humic fertilizer. The developed technology is characterized by high economic performance, due to the higher degree of conversion of raw materials and lower energy costs by reducing the duration of the process. The ability to reuse the resulting production of organic wastes increases the environmental effectiveness of technological solutions due to a significant increase in practical yield and reducing waste. Presents the technological scheme allows to flexibly change the volume of production without substantial costs for the reorganization proceedings. Lower values of temperature and pressure of the technological process make the production process more secure.

**Keywords:** technology, humic substances, peat, liquid humic fertilizer, mechanical, cavitation.

### References

1. Solodov G.A., Mandrov G.A., Papin A.V., Malysheva V.Iu., Sivakova L.G. *Ekologichnost' resurso- i energo-sberegiushchikh proizvodstv na predpriiatiakh narodnogo khoziaistva: sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Ecology of resource and energy-saving industries at enterprises of the national economy: a collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Penza, 2002, pp. 35–36. (in Russ.).
2. Orlov D.S. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal*, 1997, №2, pp. 56–63. (in Russ.).
3. Dudkin D.V. *Vestnik Iugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 2 (41), pp. 34–38. (in Russ.).
4. Zhiliakova T.P., Kasimova L.V., Titova E.V., Panov A.N., Udintsev S.N., Sibagatov V.A., Belousov N.M. *Perspektivy primeniia torfa i produktov ego pererabotki v zhivotnovodstve*. [Perspectives of application of peat and products of its processing in cattle breeding]. Tomsk, 2006, 92 p. (in Russ.).
5. Dudkin D.V., Kashnova E.V. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 6 (56), pp. 28–31. (in Russ.).
6. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S., Litvintsev P.A. *Vestnik Iugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 3 (30), pp. 19–24. (in Russ.).
7. Dudkin D.V., Litvintsev P.A. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 6 (44), pp. 47–50. (in Russ.).
8. Litvintsev P.A., Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S., Evstratova D.A., Fakhretdinova G.F., Efanov M.V., Kuzikeeva A.P. *Agrarnaiia nauka – sel'skomu khoziaistvu sbornik statei: v 3 knigakh*. [Agrarian science – agriculture a collection of articles. In 3 books]. Barnaul, 2011, pp. 151–154. (in Russ.).
9. Litvintsev P.A., Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S., Evstratova D.A., Fakhretdinova G.F., Kuzikeeva A.P. *Fizikokhimiia rastitel'nykh polimerov: materialy IV mezhdunarodnoi konferentsii*. [Physicochemistry of plant polymers: materials of the IV International Conference]. Arkhangelsk, 2011, pp. 172–173. (in Russ.).
10. Naumova G.V. *Torf v biotekhnologii*. [Peat in biotechnology]. Minsk, 1987, 148 p. (in Russ.).
11. Tiuremnov S.N. *Torfiane mestorozhdeniia*. [Peat deposits]. Moscow, 1976, 488 p. (in Russ.).
12. Patent 2429214 (RU). 2011. (in Russ.).
13. Dudkin D.V., Zarov E.A., Zmanovskaia A.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 109–116. DOI: 10.14258/jcprm.2016021005 (in Russ.).
14. Smolianinova N.M., Khoroshko S.I., Moskal'chuk A.N. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo instituta*, 1969, vol. 178, pp. 158–161. (in Russ.).
15. Rakovskii V.E. *Trudy Kalininskogo politekhnicheskogo instituta*, 1967, issue 3(16), pp. 9–16. (in Russ.).
16. Naumova G.V., Zhmakova N.A., Ovchinnikova T.F., Khripovich A.A., Makarova H.L. *Prirodopol'zovanie*, 2002, issue 8, pp. 144–153. (in Russ.).
17. Naumova G.V., Zhmakova N.A., Ovchinnikova T.F., Makarova N.L., Kliauzze I.V., Luchina G.I., Rakhtenko T.S. *Prirodnye resursy*, 1996, no. 1, pp. 101–106. (in Russ.).
18. Lishtvan I.I., Naumova G.V. *Doklady AN BSSR*, 1985, vol. 29, no. 10, pp. 938–940. (in Russ.).
19. Naumova G.V. *Torf v biotekhnologii*. [Peat in biotechnology]. Minsk, 1987, 125 p. (in Russ.).
20. Tomson A.E., Naumova G.V. *Prirodopol'zovanie*, 2012, issue 22, pp. 83–91. (in Russ.).
21. Naumova G.V., Kosonogova L.V., Zhmakova N.A., Ovchinnikova T.F. *Khimiia tverdogo topliva*, 1995, no. 2, pp. 82–88. (in Russ.).
22. Ivanov A.A., Iudina N.V., Lomovskii O.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2004, no. 2, pp. 55–60. (in Russ.).

\* Corresponding author.

23. Dudkin D.V., Boiandina T.E. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 2 (43), pp. 24–31. (in Russ.).
24. Dudkin D.V., Boiandina T.E. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii*, 2017, no. 1 (50), pp. 20–30. (in Russ.).
25. Iakovlev V.K., Pershakov A.Iu., Kaleev A.S. *Razvitie nauchnoi, tvorcheskoi i innovatsionnoi deiatel'nosti molodezhi: materialy VII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh*. [Development of scientific, creative and innovative activities of young people: materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Kurgan, 2015, pp. 105–107. (in Russ.).
26. Kurtova A.V., Grekhova I.V. *Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhoziaistvennoi produktsii: Sbornik statei po materialam III nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh posviashchennoi 95-letiiu Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. [Modern aspects of production and processing of agricultural products: Collection of articles on the materials of the III scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists devoted to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University]. Krasnodar, 2017. С. 546–550. (in Russ.).
27. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia*, 2014, vol. 22, no. 2, pp. 121–123. (in Russ.).
28. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia*, 2016, vol. 24, no. 1, pp. 23–27. (in Russ.).
29. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia*, 2016, vol. 24, no. 6, pp. 753–759. (in Russ.).
30. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia*, 2017, vol. 25, no. 2, pp. 173–177. (in Russ.).
31. Dudkin D.V., Zmanovskaia A.S. *Vestnik Iugorskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 3(38), pp. 30–37. (in Russ.).
32. Dudkin D.V., Fedyaeva I.M. *Novye dostizheniia v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ia: materialy VII Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. [New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the VII All-Russian Conference with international participation]. Barnaul, 2017, pp. 330–332. (in Russ.).

*Received October 27, 2017*

*Revised December 28, 2017*

**For citing:** Dudkin D.V., Fedyaeva I.M., *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 175–182. DOI: 10.14258/jcprm.2018023356