



**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«АППАРАТ-НН»**

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Национальная академия наук Беларуси  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»  
(Институт природопользования НАН Беларуси)

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ И  
МОДИФИКАЦИИ ТОРФА И САПРОПЕЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
И РАСШИРЕНИЯ ОБЪЕМОВ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ГПНИ «Природопользование и экология 2016–2020»,  
подпрограмма 1 «Природные ресурсы и экологическая безопасность» на 2019-2020 гг.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

## Содержание

	Стр.
Введение .....	7
<b>I Разработка методов оптимального выбора и подготовки ресурсов торфа и сапропеля для производств комплексной глубокой переработки с учетом технологических и экономических факторов .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Эволюция формирования залежей торфа и сапропеля на крупных торфяных месторождениях центральной части республики, зарезервированных для целей комплексной биотермохимической переработки .....</b>	<b>9</b>
1.1 Составить базу данных по качественным характеристикам торфа и построить продольный профиль рельефа дна и отметок поверхности торфяной залежи для оценки геоморфологических особенностей формирования торфяных месторождений Славное и Есмоновский Мох.....	9
1.2 Исследовать состав пород ложа торфяных месторождений, современную речную сеть, проанализировать абсолютные отметки	



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

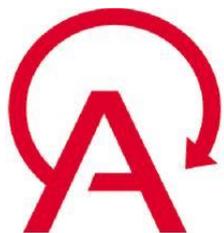
слоев сапропеля и торфа различного типологического состава с целью оценки динамики уровней грунтовых вод на заболоченных площадях.....	14
1.3 Вещественный состав придонных слоев торфа и сапропеля торфяных месторождений Славное и Есмоновский Мох .....	25
1.4 Закономерности торфо- и сапропеленакопления на торфяных месторождениях Славное и Есмоновский Мох .....	38
<b>2 Обосновать технологические режимы производства высококачественного кускового торфа как сырья для получения активированных углей с заданными прочностными и сорбционными свойствами .....</b>	<b>39</b>
2.1 Проанализировать мощности и вещественный состав торфа высокой степени разложения на перспективных участках торфяного месторождения «Туршевка-Чертово».....	39
2.2 Разработать схемы работы комплекса машин на операциях добычи, ворошения, валкования и уборки кусковой продукции малого (40 мм) диаметра .....	42
2.3 Рассчитать глубину экскавации торфяной залежи, обеспечивающей соответствие производительности дисковой фрезы пропускной способности формующего аппарата с диаметром мундштуков 40 мм.....	45
2.4 Разработать метод выбора торфяного месторождения (участка) в качестве перспективной базы для производства активированных углей .....	46



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

2.5 Исследовать динамику сушки мелкокускового торфа .....	53
2.6 Определить продолжительность цикла и количество циклов за сезон .....	55
2.7 Рассчитать плановый цикловой сбор .....	56
2.8 Расчет фактического циклового сбора .....	57
2.9 Определить насыпную плотность и прочность на сжатие кускового торфа с начальным диаметром куска 40 мм .....	57
<b>3 Исследовать влияния переменного магнитного поля и механоактивации в водной среде на аппарате вихревого слоя (АВС) и воздействие ультразвука на физико-химические и ростстимулирующие свойства торфо-сапропелевых суспензий .....</b>	<b>60</b>
3.1 Анализ литературы по проблеме воздействия переменного магнитного поля, механоактивации и ультразвука на органогенные породы .....	60
3.2 Состав и подготовка образцов торфосапропелевой смеси для исследований .....	69
3.3 Исследование воздействия ультразвука на суспензии торфосапропелевых смесей	74



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

3.4 Нарботка опытных образцов водных суспензий в аппарате вихревого слоя (ABC) при различных режимах воздействия, изучение их состава и биологической активности .....	79
3.4.1 Степень дисперсности образцов торфа и сапропеля после обработки в электромагнитном аппарате вихревого слоя (ABC) .....	79
3.4.2 Исследования особенностей структурообразования водных дисперсий торфа и сапропеля после обработки в электромагнитном аппарате вихревого слоя .....	80
3.4.3 Нарботка торфо-сапропелевых суспензий на ABC и изучение их химического состава .....	86
3.4.4 Изучение ростстимулирующей активности суспензий обработанных на ABC	94
3.4.5 Оценка совместного воздействия на ростстимулирующую активность торфосапропелевых смесей переменного магнитного поля и ультразвука .....	101
Заключение .....	102
Список использованных источников .....	108



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

**I Разработка методов оптимального выбора и подготовки ресурсов торфа и сапропеля для производств комплексной глубокой переработки с учетом технологических и экономических факторов**

***3 Исследовать влияния переменного магнитного поля и механоактивации в водной среде на аппарате вихревого слоя (АВС), воздействие ультразвука на физико-химические и ростстимулирующие свойства торфо-сапропелевых суспензий***

**3.1 Анализ литературы по проблеме воздействия переменного магнитного поля, механоактивации и ультразвука на органогенные породы**

**3.2 Состав и подготовка образцов торфосапропелевой смеси для исследований**

**3.3 Исследование воздействия ультразвука на суспензии торфосапропелевых смесей**

**3.4 Нарботка опытных образцов водных суспензий в аппарате вихревого слоя (АВС) при различных режимах воздействия, изучение их состава и биологической активности**

**3.4.1 Степень дисперсности образцов торфа и сапропеля после обработки в электромагнитном аппарате вихревого слоя (АВС)**



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Изучен процесс диспергирования суспензий низинного и верхового торфа, органического и кремнеземистого сапропеля при гидромодуле 1:10 в аппарате вихревого слоя (АВС, рис. 3.2) при обработке материала в камере объемом 500 мл с коэффициентом заполнения 0,2 мелющими ферромагнитными иголками размером 2×20 мм при времени воздействия 2, 5 и 10 мин.



Рисунок 3.2 – Общий вид лабораторной установки АВС

Установлено, что в результате ударного взаимодействия вращающегося электромагнитного поля, создаваемого индуктором лабораторной установки аппарата вихревого слоя (АВС) при частоте тока 50 Гц с вихревым слоем обрабатываемой суспензии с внесенными в нее ферромагнитными иголками происходит активное диспергирование исходного торфа и сапропеля, сопровождающееся прохождением акустических волн высокой частоты и кавитационными явлениями.

Обработка на АВС органического сапропеля в течение 5 мин. снижает содержание фракции крупнее 50 мкм в 6,5 раза по сравнению с исходным образцом (с 24 % до 3,7 %), кремнеземистого сапропеля – в 15 раз (с 57 % до 3,8 %). Степень дисперсности низинного торфа в течение 5 мин. сопоставима с таковой для сапропеля, а верхового – заметно меньше (рис. 3.3). Показано, что время обработки сапропеля в течение 5 и 10 мин. практически не влияет на степень измельчения материала, а для торфа увеличение времени воздействия увеличивает степень дисперсности образцов в 1,7-3,7 раза.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

### «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

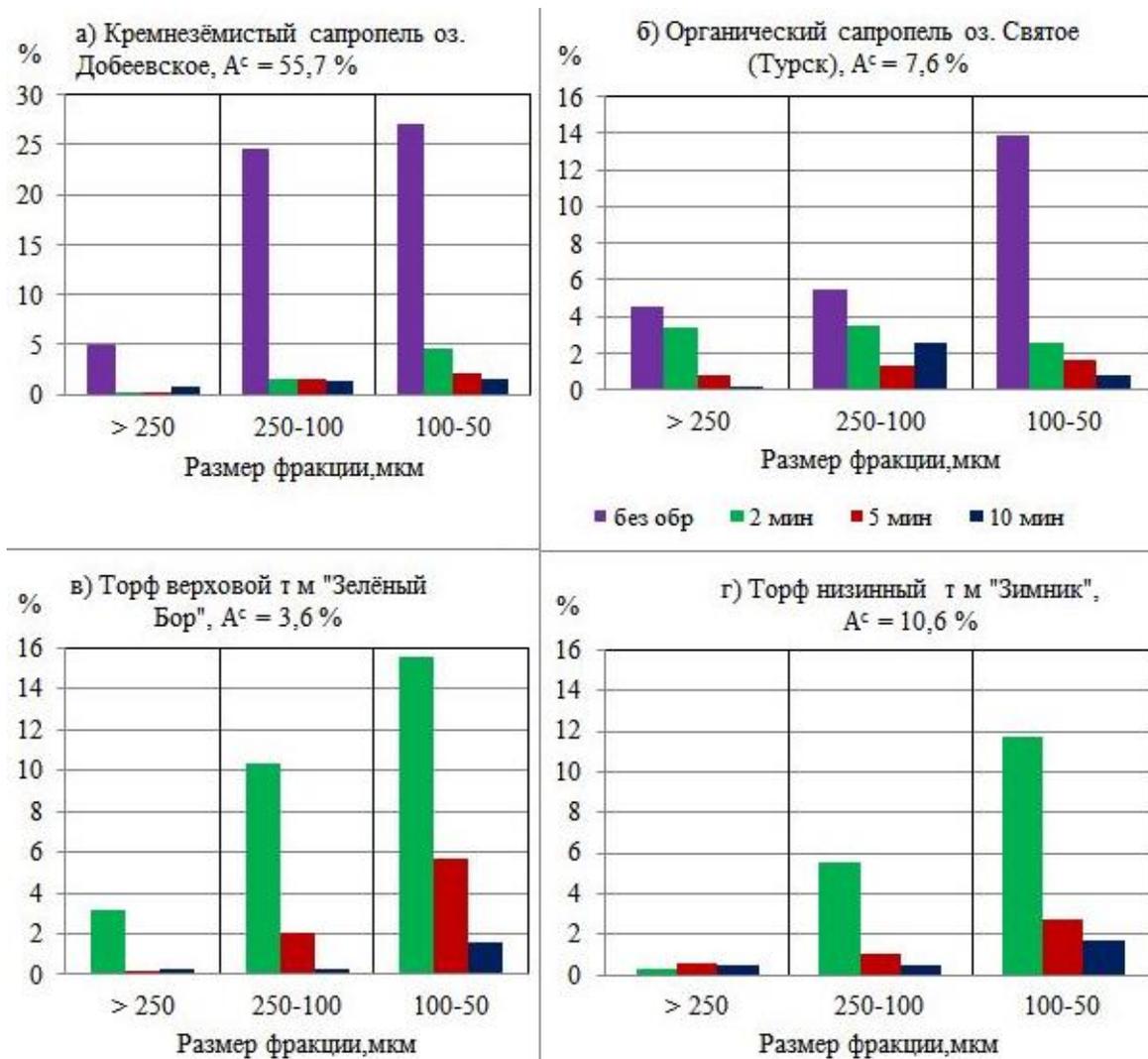


Рисунок 3.3 – Изменение степени дисперсности сапропеля (а-б) и торфа (в-г) при обработке в аппарате вихревого слоя

#### 3.4.2 Исследования особенностей структурообразования водных дисперсий торфа и сапропеля после обработки в электромагнитном аппарате вихревого слоя

В аппарате вихревого слоя (АВС) под воздействием переменного магнитного поля и механоактивации в сапропелевой и торфяной дисперсиях их природная структура подвергается



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

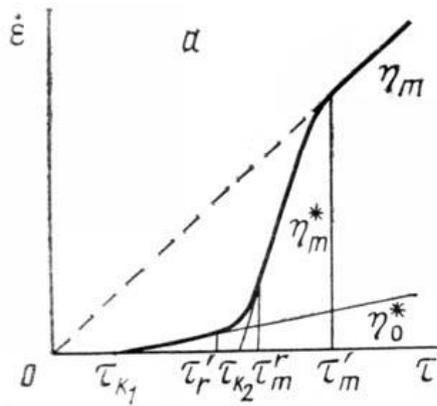
603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

интенсивным механическим воздействиям. Исследования характера деформаций при воздействиях, вязкости, явления релаксации, ползучести и тиксотропии дисперсных систем, к которым относятся сапропели и торфа, устанавливаются реологическими исследованиями.

Реологическая характеристика – вязкость – способность среды сопротивляться течению. Течение реологических тел в определенном интервале напряжений подчиняется уравнению Шведова-Бингама [76]:

$$\tau = \tau_k + \eta_{пл} \dot{\epsilon}, \quad (3.1)$$

где  $\tau$  – напряжение;  
 $\tau_k$  – предельное  
 $\eta_{пл}$  –  
 $\dot{\epsilon}$  – градиент  
Сапрпель и торф,  
дисперсные системы  
кривыми течения в  
сдвига  $\dot{\epsilon}$  – напряжение



напряжение сдвигу;  
пластическая вязкость;  
скорости деформаций.

как условно-пластичные  
характеризуются S-образными  
координатах градиент скорости  
сдвига  $\tau$  (рис. 3.4).

Рисунок 3.4 – Типичная реограмма по Шведову-Бингаму

В твердообразных условно-пластичных дисперсных системах при достаточно малых напряжениях, ниже некоторой величины, характеризующей прочность пространственной структуры и называемой статическим предельным напряжением сдвигу  $\tau_{k1}$ , наблюдается медленное течение. В жидкообразных дисперсных системах такое напряжение сдвигу отсутствует и течение отмечается при любых, даже самых малых напряжениях. На рис. 3.4  $\tau_{k1}$  – статическое предельное напряжение сдвигу,  $\tau_{k2}$  – динамическое предельное напряжение сдвигу. Пластическая и динамическая вязкости соответственно:

$$(3.3) \eta_o^* = (\tau - \tau_{k1}) / \dot{\epsilon}$$

$$(3.2) \eta_m^* = (\tau - \tau_{k2}) / \dot{\epsilon}$$

Исследование реологических свойств сапропелевых и торфяных дисперсий после обработки их в АВС заключается в получении экспериментальных реологических кривых



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

### «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

течения. На их основе определены основные реологические характеристики, позволяющие изучить поведение диспергированных дисперсий органического и кремнеземистого сапропеля, а также торфа при гидромодуле 1:10 в АВС.

Эксперименты проведены с использованием вискозиметра ротационного погружного типа Полимер РПЭ-1М.1 (рис. 3.5).

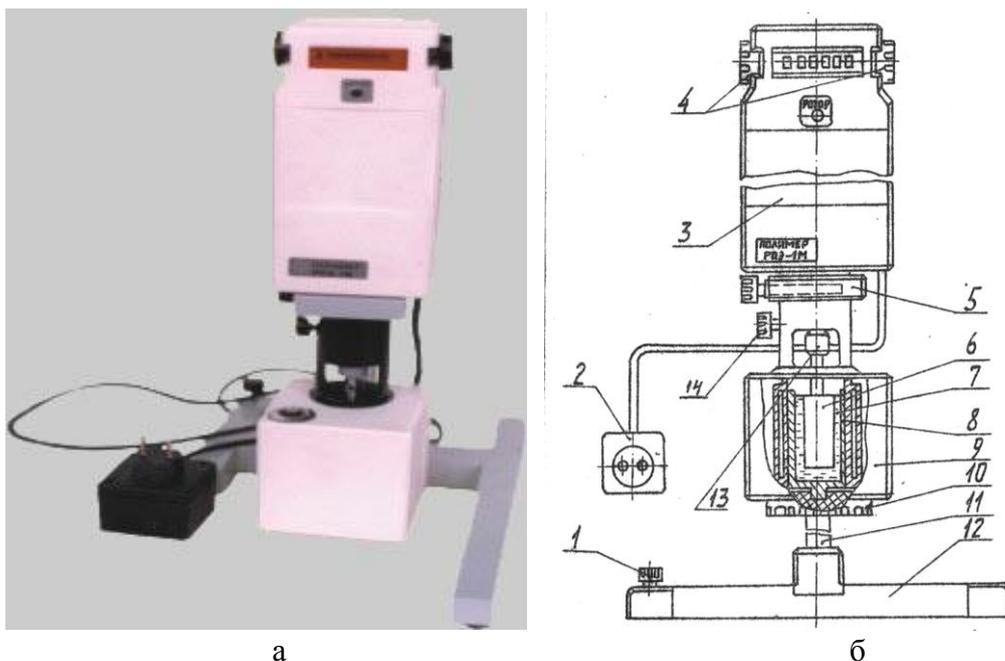


Рисунок 3.5 – Общий вид (а) и устройство (б) вискозиметра ротационного Полимер

РПЭ-1М: 1 – винт, 2 – блок питания, 3 – вискозиметр, 4 – ручка, 5 – кронштейн,  
6 – внутренний цилиндр (ротор), 7 – исследуемый материал, 8 – наружный цилиндр,  
9 – термостатирующая камера, 10 – держатель, 11 – труба, 12 – основание,  
13 – гайка со втулкой, 14 – винт

Прибор предназначен для экспресс-анализа вязкости в заводских и лабораторных условиях. Обеспечивает измерение вязкости в диапазоне от  $1,8 \times 10^{-3}$  до  $3,5 \times 10^4$  Па·с. Принцип действия вискозиметра основан на измерении момента сопротивления сдвигу испытываемого материала (поз. 7 на рис. 3.5б), помещенного в зазоре между воспринимающими элементами – цилиндрами (поз. 6 и 8), при вращении внутреннего с постоянной угловой скоростью, путем преобразования угла закручивания упругого элемента во временной интервал, пропорциональной вязкости.

Привод прибора обеспечивает получение двенадцати фиксированных скоростей вращения ротора.

Режим измерения и цилиндры выбираются в зависимости от вязкости исследуемого материала. При проведении экспериментов использовали вискозиметр с системой Т1-В1



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

воспринимающих элементов типа «цилиндр-цилиндр». Измерительные поверхности имели следующие основные размеры: внутренний диаметр наружного цилиндра –  $40 + 0,032$  мм, наружный диаметр внутреннего цилиндра –  $38,828 - 0,008$  мм, длина измерительной поверхности внутреннего цилиндра –  $80 - 0,074$  мм.

В вискозиметре установка значения скорости сдвига производится переключателем (поз. 4) слева, значения геометрического коэффициента прибора – переключателем (поз. 4) справа. На цифровом индикаторе отображаются значения вязкости в единицах СИ. Для поддержания постоянной температуры материала вискозиметр оборудован термостатирующей камерой (поз. 9), в которую помещаются наружный (поз. 8) и внутренний (поз. 6) цилиндры.

Объем исследуемого материала для системы воспринимающих цилиндров Т1-В1 составляет  $13,6 \pm 2$  мл.

Значения динамической вязкости на цифровом индикаторе вискозиметра снимали после трех полных оборотов внутреннего цилиндра и рассчитывали как среднее из 3-х последовательных измерений.

В результате экспериментов получены реологические кривые течения органического и кремнеземистого сапропеля озер Святое и Добеевское соответственно без обработки и после механоактивации в течении 2, 5 и 10 мин в АВС, а также верхового торфа месторождения Зеленый Бор после обработки в течении 2 и 10 мин. Некоторые из кривых представлены на рис. 3.6. Реологические кривых торфа ненарушенной структуры без обработки в АВС получить не удалось из-за наличия в его составе весьма крупных макроструктур.

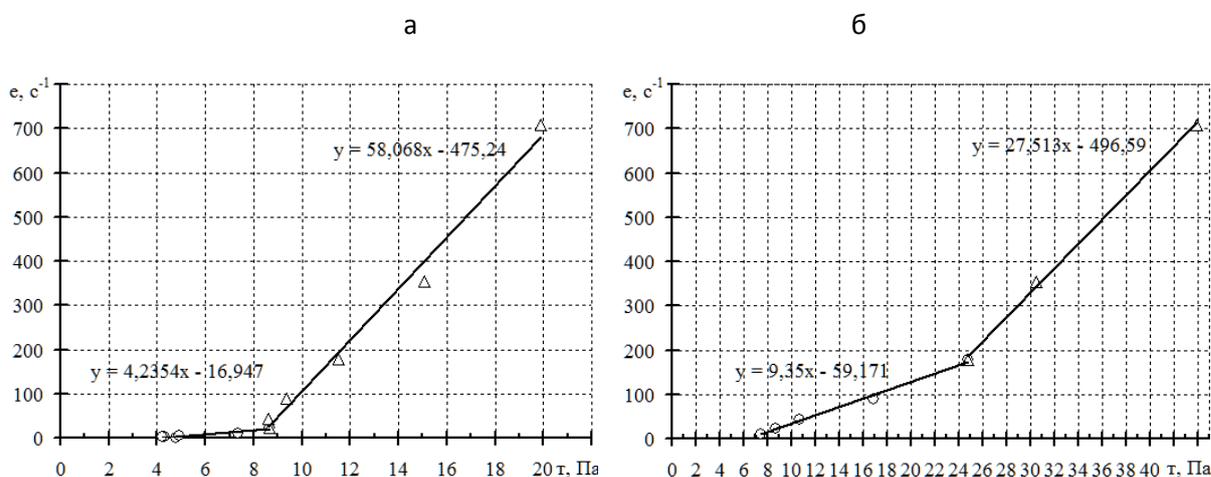


Рисунок 3.6 – Реологические кривые течения сапропеля оз. Святое (а) и торфа месторождения Зеленый Бор (б) после механоактивации в АВС в течении

2 мин с уравнениями регрессии для каждого из участков кривой

Обработка реологических кривых позволила получить значения статических и динамических предельных напряжений сдвигу (рис. 3.7), а также наибольшей пластической вязкости по Швецову



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

## «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

и наименьшей пластической вязкости по Бингаму (рис. 3.8) дисперсий кремнеземистого сапропеля оз. Добеёвское и органического сапропеля оз. Святое и такие же характеристики для верхового торфа месторождения Зеленый Бор.

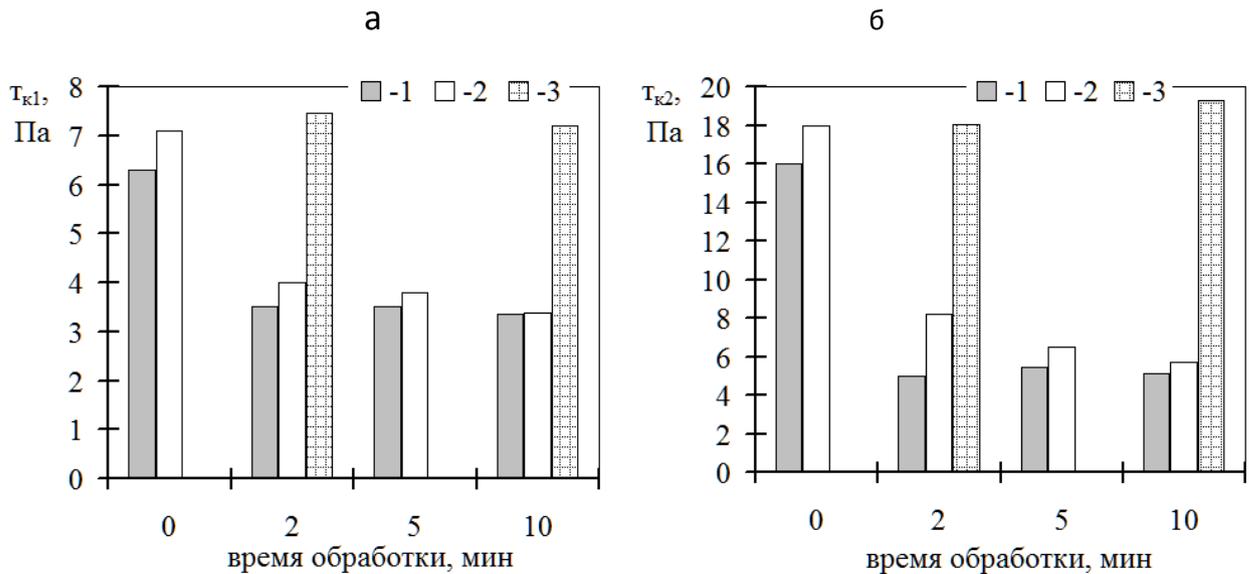


Рисунок 3.7 – Статические (а) и динамические (б) предельные напряжения сдвигу дисперсий сапропеля оз. Добеёвское (1), оз. Святое (2) и торфа месторождения Зеленый Бор (3)



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

## «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

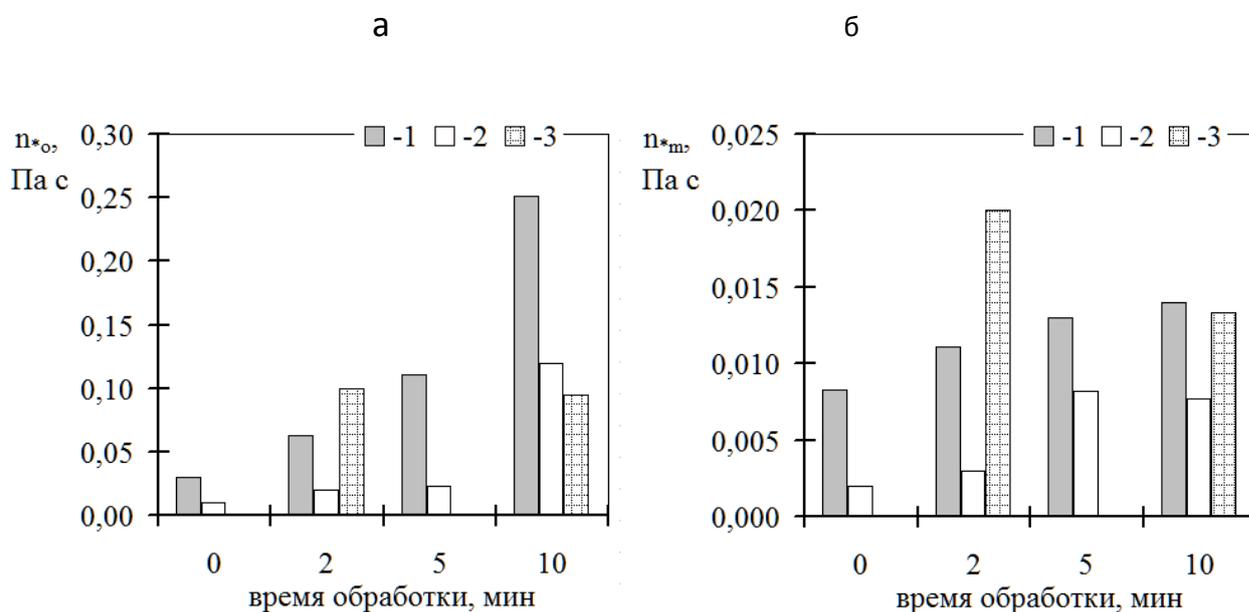


Рисунок 3.8 – Наибольшая пластическая вязкость по Швецову (а) и наименьшая пластическая вязкость по Бингаму (б) дисперсий сапропеля оз. Добеёвское (1), оз. Святое (2) и торфа месторождения Зеленый Бор (3)

Изучение сапропеля и торфа после их механоактивации в АВС закономерно выявляет изменение их дисперсности – важнейшей характеристики, которая определяет его структуру и свойства. Наличие макроструктур в сапропеле и торфе оценивали по содержанию частиц размером более 250 мкм. Ранее показано [77, стр. 43], что в органическом сапропеле содержание частиц размером более 250 мкм колеблется от 4,9 до 12,0 %, в кремнеземистом эта величина достигает 9,4-14,3 %. В наших экспериментах содержание фракций более 250 мкм в органическом сапропеле оз. Святое составляет 4,6 %, кремнеземистом оз. Добеёвское – 5,0 %.

У образцов сапропеля озер Святое и Добеёвское, который не обрабатывался в АВС, даже при малых значениях градиента скорости сдвига (оз. Святое до  $\dot{\epsilon} < 10 \text{ c}^{-1}$ , оз. Добеёвское  $\dot{\epsilon} < 70 \text{ c}^{-1}$ ) существуют сдвигающие напряжения, которые уменьшаются до некой малой величины, а затем растут (рис. 3.9). Особенно хорошо они заметны на графиках, выполненных в логарифмических координатах.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

### «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

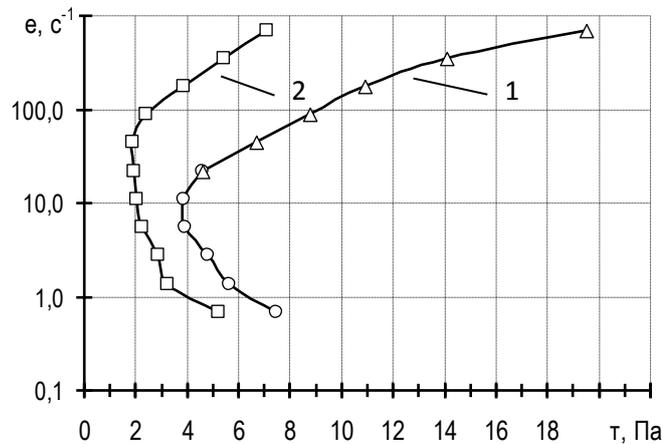


Рисунок 3.9 – Реологические кривые течения сапропеля озера Святое (1) и Добеевское (2)

без обработки в АВС

В работе [78, стр. 103], в которой детально изучено влияние дисперсности на процесс структурообразования сапропелевых и торфяных систем, показано, что такие характерные кривые свидетельствуют о влиянии волокнистых остатков растений – сапропеле- и торфообразователей и первичных рыхлых агрегатов на поведение изучаемых систем. При разрушении структур переплетения в процессе диспергирования значительно изменяется конфигурация экспериментальных кривых течения. Очевидно, разрушение структур переплетения наступает при значениях градиента скорости сдвига более указанных величин и затем они приобретают S-образный вид, свойственный типичным неньютоновским системам. Следует отметить, что для образцов дисперсий верхового торфа Зеленый Бор ненарушенной структуры при использовании вискозиметра Полимер РПЭ-1М с системой воспринимающих элементов Т1-В1 не удалось получить реологических кривых течения вследствие его связной структуры и большого количества макрочастиц.

Кремнеземистый сапропель оз. Добеевское по сравнению с органическим сапропелем оз. Святое содержит в 7 раз больше минеральных компонентов более устойчивых к деформированию. Ранее отмечалось [77, стр. 43-44], что наличие в сапропелях минеральной составляющей ускоряет их разрушение вследствие абразивного действия минеральных частиц.

Обработка дисперсий сапропеля в АВС закономерно отражается в изменении его дисперсности. Кремнеземистый сапропель оз. Добеевское содержит относительно мало грубой фракции размером более 250 мкм. При диспергировании ее содержание снижается интенсивнее по сравнению с такой же фракцией органического сапропеля. Также резко уменьшается в



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

кремнеземистом сапропеле оз. Добеевское и содержание средних по размеру фракций 250-100 мкм и 100-50 мкм.

Установлено [77, стр. 54], что при диспергировании ослабляются и разрываются связи между элементами структуры сапропеля, но при этом полукolloидно-высокомолекулярная составляющая практически не претерпевает существенных изменений, т.к. диспергирование распространяется на фракции размером частиц более 5-10 мкм. Установлено также, что эффективность диспергирования в водной среде зависит от концентрации твердой фазы и типа сапропеля. Так органический сапропель при диспергировании дает меньший выход фракции менее 50 мкм по сравнению с дисперсиями кремнеземистого сапропеля.

Таким образом, об эффективности диспергирования можно судить по содержанию фракций менее 50 мкм в дисперсиях сапропеля. Показано [77, стр. 56], что для получения дисперсий сапропеля с 80 % содержанием фракций порядка менее 50 мкм продолжительность диспергирования в механической мешалке для кремнеземистого сапропеля оз. Червоное составляет 1,3 ч, органического оз. Судобль – 3,5 ч. Здесь же отмечается, что на эти показатели оказывает влияние концентрация. Чем больше концентрация твердой фазы, тем выше диспергирующая способность механизмов. Для разрушения структур переплетения малозольных сапропелей и торфа требуется больше времени, чем для сапропеля средней и высокой зольности при одинаковом содержании частиц размером 250 мкм.

Как видно из полученных результатов (табл. 3.8), АВС диспергирует значительно более эффективно по сравнению с мешалками механического типа – практически после 2 мин воздействия на сапропель содержание фракций размером менее 50 мкм достигает порядка 90 % для органического и 93 % для кремнеземистого сапропеля и 70 % для верхового торфа. Дальнейшие воздействия лишь незначительно (до 96-97 %) увеличивают дисперсность исследуемых образцов.

Закономерно диспергирование сапропеля и торфа механоактивацией с помощью АВС приводит к изменению реологических параметров. Эксперименты показывают существенное снижение реологических параметров с увеличением содержания фракций менее 50 мкм. Дисперсии становятся более текучими. Снижаются значения статического и динамического напряжений сдвигу (рис. 3.7, 3.8), одновременно растут значения пластической и динамической вязкостей.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.8 – Фракционный состав дисперсий сапропеля озер Добеевское, Святое и торфа месторождения Зеленый Бор после их обработки в АВС

Сапрпель (торф) объекта	Влажность исходная, %	Зольность, %	Время обработки в АВС, мин	Содержание фракций, мкм			
				> 250	250-100	100-50	< 50
Добеевское кремнеземист. сапрпель	86,81	55,66	без обраб.	4,97	24,6	27,15	43,28
			2	0,29	1,64	4,6	93,47
			5	0,18	1,52	2,09	96,21
			10	0,81	1,38	1,48	96,33
Святое органический сапрпель	90,20	7,62	без обраб.	4,58	5,47	13,84	76,11
			2	3,35	3,48	2,6	90,57
			5	0,76	1,33	1,6	96,31
			10	0,18	2,58	0,77	96,47
Зеленый Бор торф верховой	46,89	3,55	2	3,17	10,38	15,58	70,87
			5	0,22	2,04	5,64	92,10
			10	0,27	0,23	1,57	97,93

Статическое предельное напряжение сдвигу исследуемых дисперсий сапропеля ненарушенной структуры до начала обработки составляет 6,2-7,0 Па. Динамическое предельное напряжение сдвигу этих образцов находится на уровне 16-18 Па. Для торфяных дисперсий эти показатели примерно в 2 раза выше. Более высокие значения этих параметров характерны в целом для органического сапропеля оз. Святое. Уже после двухминутной обработки исследуемых дисперсий в АВС статическое и динамическое напряжения сдвигу снижаются в 2 раза и дальнейшая их обработка в течение 5 и 10 мин изменяют эти характеристики незначительно. Аналогичное изменение реологических параметров свойственно также торфу.

Для сапропелевых дисперсий перед началом переработки значения наибольшей пластической вязкости по Шведову находятся на уровне 0,01-0,03 Па с, а затем, по мере увеличения времени обработки растут. Эта тенденция характерна и для значений наименьшей



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

пластической вязкости по Бингаму дисперсий обоих изучаемых типов сапропеля, но в большей степени для кремнеземистого сапропеля оз. Добеевское.

Таким образом, исследования показывают, что скорость диспергирования дисперсий сапропеля и торфа в АВС весьма значительна по сравнению с механическими способами. Механоактивация сапропелевых и торфяных суспензий в АВС эффективна для получения тонкодисперсных препаратов на основе сапропеля. Необходимы дальнейшие исследования для проверки энергетической и экономической составляющей данного способа переработки сапропеля.

### **3.4.3 Нарботка торфо-сапропелевых суспензий на АВС и изучение их химического состава**

Сырьём для приготовления суспензий служили низинный торф торфяного месторождения Зимник Быховского района Могилёвской области на участке «Трилесино» и органический сапропель озера Святое Рогачёвского района Гомельской области. Предварительно в исходном сырье определяли общетехнический состав, удельную активность радионуклидов цезия 137, содержание микроэлементов (табл. 3.9-3.12).

В табл. 3.9 представлен общетехнический состав торфа т.уч. «Трилесино».



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.9 – Общетеchnический состав низинного торфа т. уч. «Трилесино»

Влага	Зола		СаО <sub>расч.</sub>	Ботанический состав, %	Степень разложения, %	Вид торфа
	450°C	875°C				
% на сухое вещество						
54,2	16,4	13,7	3,4	Ольха – 25 Береза – 20 Тростник – 20 Осоки – 20 Вахта – 15	50	Ольховый низинный

В табл. 3.10 представлен общетеchnический анализ сапропеля оз. Святое.

Таблица 3.10 – Общетеchnический анализ органического сапропеля озера Святое

Влага, %	Зольность, %		ОВ, %	рН, ед.	SiO <sub>2</sub> CaO	Биологический состав, %
	450 °C	875 °C				
95,0	12,6	9,4	87,4	5,6	5,9	Протококковые-30 Синезеленые-25 Животные-15 Ткани-25 Кварц-5

В РУП «Белорусский государственный институт метрологии» проведены анализы на удельную активность радионуклидов цезия 137. Результаты определений показали их невысокое накопление – 12 Бк/кг на воздушно-сухие образцы в торфе и 72 Бк/кг в сапропеле.

Анализ микроэлементов и тяжелых металлов также не выявил высоких концентраций данных субстанций в исследованных образцах (табл. 3.11, 3.12).

Таблица 3.11 – Концентрация микроэлементов в торфе т.уч. «Трилесино»,



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

мг/кг сухого вещества

Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Hg	Pb
5,82	0,24	7,45	9,10	3,59	2,23	1,17	< 0,02	< 0,05	3,15

Таблица 3.12 – Содержание микроэлементов в сапротеле озера Святое,

мг/кг сухого вещества

Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Hg	Pb
6,8	1,4	2,7	2,7	40,8	н.о.	0,3	н.о.	н.о.	2,0

Исходные компоненты смешивали в соотношении торф: сапротель 70% : 30% и 50% : 50% соответственно, и загружали в металлическую колбу с “иголками” лабораторной установки АВС (рис. 3.2). Расчёт необходимого количества сырья вели на его органическую массу, гидромодуль составил 1:10. В ходе эксперимента металлическую колбу с подготовленной суспензией помещали в рабочую зону АВС и подвергали воздействию переменного электромагнитного поля на протяжении заданного интервала времени (3 и 10 минут), частота тока варьировала в интервале 41-52 Гц. После чего колбу охлаждали естественным путем до комнатной температуры и определяли в полученных суспензиях концентрацию ионов водорода (рН), содержание сухого и органического вещества (табл. 3.13).



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.13 – Характеристика торфо-сапропелевых суспензий  
после обработки на АВС

Время обработки на АВС	Содержание органического вещества, %	рН
<i>Соотношение торф:сапропель 70:30</i>		
Исходный (без обработки)	5,91	6,31
3 мин	13,12	6,30
10 мин	14,60	6,34
<i>Соотношение торф:сапропель 50:50</i>		
Исходный (без обработки)	4,86	6,22
3 мин	11,62	6,20
10 мин	13,02	6,48

Приготовление двух проб для исследований с различным содержанием органического вещества позволило оценить уровень воздействия обработки именно по этому показателю. Результаты показали, что в исходных пробах отмечается разное количество органического вещества, обусловленное различным содержанием торфа. Обработка обеих проб на приборе АВС достоверно свидетельствует об увеличении количества органического вещества в исследуемых пробах.

При воздействии переменного магнитного поля на торфо-сапропелевую суспензию наблюдается лишь незначительное колебание значений рН. Анализ полученных в ходе обработки на АВС суспензий показывает достоверное увеличение содержания органического вещества: его количество возрастает на 6,8-7,2 % при обработке 3 минуты и на 8,2-8,7 % при обработке 10 минут. Различий в темпах увеличения органического вещества для обеих проб не наблюдается. Можно предположить, что проведенное воздействие на образцы прибором привело к разрушению определенных органо-минеральных связей, в связи с чем и произошел рост содержания органического вещества.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

В дальнейшем полученные ранее образцы суспензий разделяли методом центрифугирования на твердую и жидкую фазу. В жидкой фазе определяли содержание гуминовых кислот [79] (табл. 3.14).

Твердую фракцию высушивали до воздушно-сухого состояния для дальнейшего исследования. В составе высушенной твердой фазы образцов суспензий определяли содержание гуминовых веществ (ГВ) и гуминовых кислот (ГК), а также содержание водорастворимых веществ (ВР) по [80]. Водорастворимые вещества извлекали из образцов дистиллированной водой при нагреве до 50 °С в течение 5 часов при соотношении между пробой и водой 1:25. Полученные данные представлены в табл. 3.14.

Во-первых, отметим, что содержание водорастворимых веществ в исходных двух образцах торфосапропелевых суспензий закономерно различается по отношению сапропеля: в первом образце их меньше (доля сапропеля 30 %), чем во втором (доля сапропеля 50 %).

Из данных табл. 3.14 видно, что обработка образцов водных торфо-сапропелевых суспензий в аппарате вихревого слоя приводит к заметному увеличению содержания водорастворимых веществ. При этом, чем продолжительнее по времени воздействие, тем значительнее увеличение содержания ВР. Так, при воздействии на образец переменным магнитным полем в течение 3 минут количество водорастворимых веществ для обеих проб возрастает в 1,7–2,7 раза, а в течение 10 минут – в 4,3–7,2 раза.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.14 – Содержание водорастворимых и гуминовых веществ

в торфо-сапропелевых суспензиях после обработки на АВС

Время обработки на АВС	Содержание водорастворимых веществ, %	Содержание в твердом остатке, % на абс. сух.		Содержание гуминовых кислот в жидкой фазе, % на абс. сух
		гуминовые вещества	гуминовые кислоты	
<i>Соотношение торф:сапропель 70:30</i>				
исходный	0,60	21,90	20,44	-
3 мин	1,60	19,78	19,21	следы
10 мин	4,36	21,56	20,23	-
<i>Соотношение торф:сапропель 50:50</i>				
исходный	0,81	22,99	14,56	-
3 мин	1,45	17,78	11,91	следы
10 мин	3,47	20,89	14,56	-

Важное значение в интересах сельскохозяйственного использования торфосапропелевых смесей имеет содержание в них гуминовых веществ. Отметим, что соотношение гуминовых веществ в опытах установлено только в твердом остатке суспензий, что пока нами не объяснено, а соотношение гуминовых кислот в исходных образцах закономерно и объясняется количеством торфа, в котором этих веществ сравнительно больше.

Что касается изменения количества гуминовых веществ после воздействия аппарата вихревого слоя (АВС), то полученные результаты не позволяют сделать однозначный вывод. Учитывая возможные погрешности методики их определения, на первых порах наиболее вероятен вывод о неизменности их количества. В дальнейших исследованиях это необходимо более детально проверить.

**Спектральные исследования полученных суспензий.** Суспензии торфа и сапропеля в исходном состоянии и после обработки на АВС и АВС+УЗ после высушивания были исследованы



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

методами ИК-спектроскопии. На рисунках 3.10-3.13 представлены ИК-спектры некоторых образцов.

На спектрах проанализированных образцов суспензий наблюдаются типичные для торфов и сапропелей полосы поглощения: широкая с максимумом при  $3450\text{ см}^{-1}$  свидетельствует о наличии  $\text{-OH}$ -групп, связанных межмолекулярными водородными связями.;  $2920$  и  $2850\text{ см}^{-1}$  – валентные колебания  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -групп;  $2700\div 2400\text{ см}^{-1}$  – димеры кислот; полоса при  $1640\text{ см}^{-1}$  характерна для валентных колебаний связи  $\text{-C=C-}$ , сопряженной с  $\text{C=O}$  или  $\text{COOH}$  группами;  $1510\text{ см}^{-1}$  –  $\text{C=C}$  моноароматических структур;  $1460$  и  $1375\text{ см}^{-1}$  – асимметричные и симметричные деформационные колебания связи  $\text{C-H}$  в  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -группах;  $1280\div 1240\text{ см}^{-1}$  –  $\text{C-O}$  карбоновых кислот, сложных эфиров,  $\text{OH}$ -фенолов;  $1100\div 1030\text{ см}^{-1}$  –  $\text{C-O}$  углеводов, спиртов, циклических и алифатических эфиров.

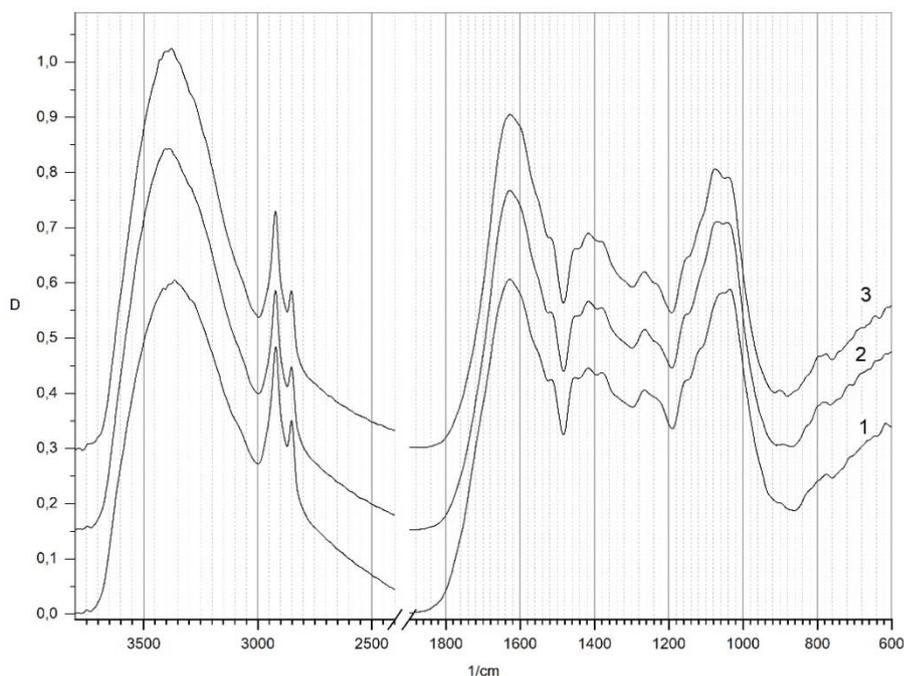


Рисунок 3.10 – ИК-спектры суспензии в соотношении торф 70 %:сапропель 30 %:

1 – исходная суспензия, 2 – после обработки АВС (3 мин.), 3 – после обработки АВС (10 мин.)



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

## «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

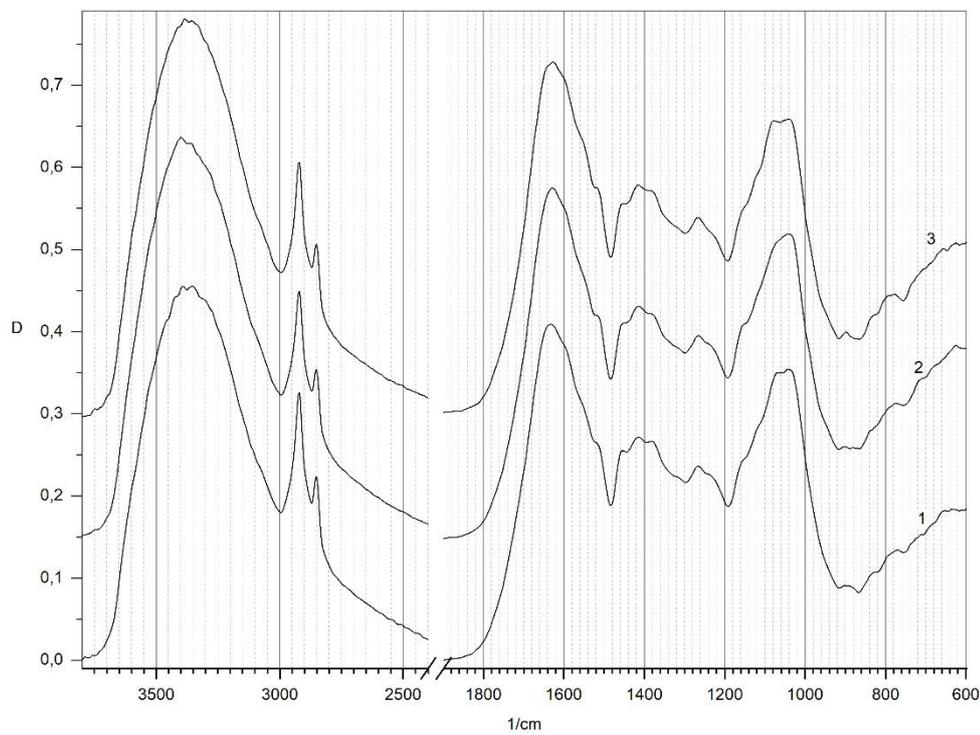


Рисунок 3.11 – ИК-спектры суспензии в соотношении торф 70 %:сапрпель 30 %:

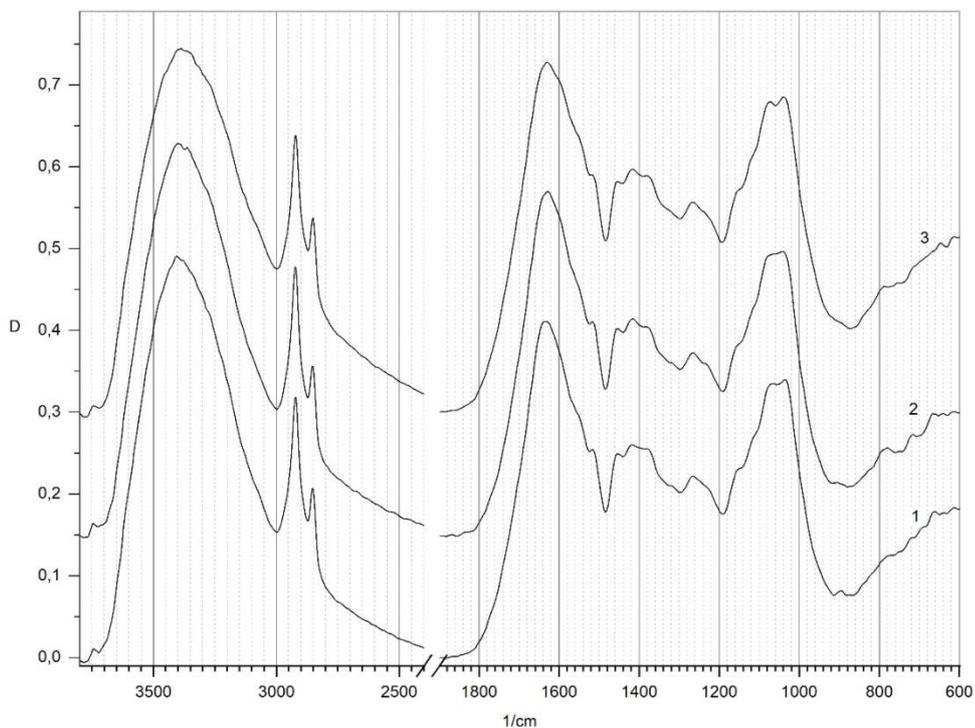
1 – исходная суспензия, 2 – после обработки АВС+УЗ (3 мин.), 3 – после обработки АВС+УЗ (10 мин.)



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

### «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001



Рисунлк 3.12 – ИК-спектры суспензии в соотношении торф 50 %:сапрпель 50 %:

1 – исходная суспензия, 2 – после обработки АВС (3 мин.), 3 – после обработки АВС (10 мин.)



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

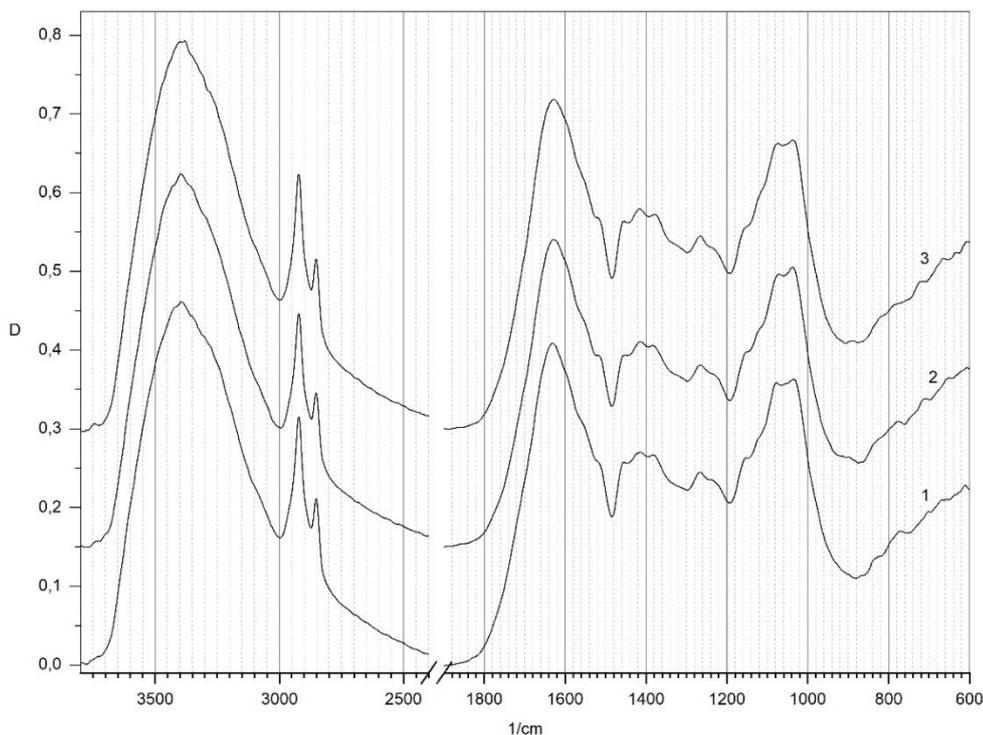


Рисунок 3.13 – ИК-спектры суспензии в соотношении торф 50 %:сапрпель 50:

1 – исходная суспензия, 2 – после обработки АВС+УЗ (3 мин.), 3 – после обработки АВС+УЗ (10 мин.)

Сравнение местоположений полос и их интенсивностей показывает, что обработка суспензий как АВС так и АВС+УЗ практически не сказывается на молекулярной структуре образцов – их спектры практически идентичны. Наблюдается лишь незначительные изменения интенсивностей накладывающихся полос в области  $1100\div 1030\text{ см}^{-1}$  – поглощение С–О углеводов, спиртов, циклических и алифатических эфиров. Таким образом, при проводимой обработке существенных структурных изменений вещества не происходит.

Методом электронной спектроскопии в видимой области были выполнены исследования водного фильтрата суспензии до и после обработки на АВС и АВС+УЗ обработки (рисунок 3.14, 3.15). Для оценки характера изменения оптической плотности были рассчитаны коэффициенты цветности – отношения оптических плотностей при длинах волны 465 и 650 nm (табл. 3.15).



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

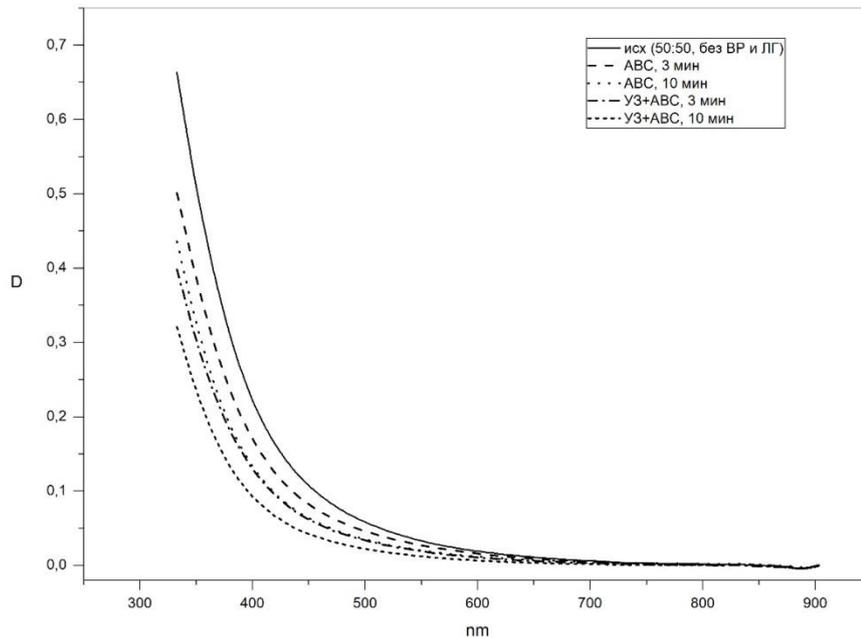


Рисунок 3.14 – Электронные спектры поглощения фильтрата суспензий (соотношение компонентов 50:50)

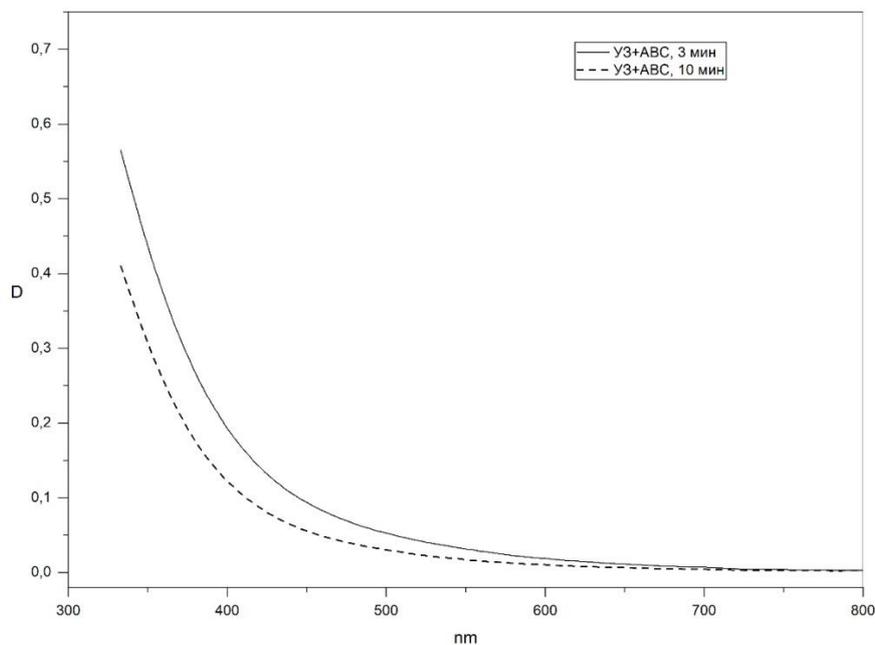


Рисунок 3.15 – Электронные спектры поглощения фильтрата суспензий (соотношение компонентов 70:30)



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.15 – Значения оптических плотностей фильтратов

при  $\lambda=465$  и  $650$  nm,  $D_{465}/D_{650}$

Образец	$D_{465}$	$D_{650}$	$D_{465}/D_{650}$
Исх. (50:50)	0,089	0,011	8,09
АВС, 3 мин	0,051	0,0064	7,97
АВС, 10 мин	0,033	0,0042	7,86
УЗ+АВС, 3 мин, (70:30)	0,078	0,011	7,09
УЗ+АВС, 10 мин, (70:30)	0,046	0,0066	6,97
УЗ+АВС, 3 мин, (50:50)	0,068	0,009	7,56
УЗ+АВС, 10 мин, (50:50)	0,053	0,007	7,57

Как следует из приведенных данных, электронные спектры в видимой области представляют собой монотонно спадающие кривые во всем наблюдаемом диапазоне. При этом следует отметить одну закономерность - после обработки оптическая плотность всех растворов-фильтратов ниже, чем фильтратов исходной суспензии и уменьшение оптической плотности растворов пропорционально времени обработки. При этом, во всех случаях коэффициент цветности ниже, чем в фильтрате необработанной суспензии, что свидетельствует о более низкой степени ароматичности органических соединений фильтрата после обработки.

Объяснение таких зависимостей может быть несколько - как образование в процессе обработки активных соединений и их последующая полимеризация, так и образование ферромагнитных комплексов с водорастворимыми соединениями при АВС обработке, поскольку в процессе такой обработки происходит истирание рабочего тела аппарата.

Таким образом, обработка торфо-сапропелевых суспензий на аппарате вихревого слоя (АВС) и совместно АВС + ультразвук (УЗ) практически не влияет на ИК-спектры исходных суспензий. Фильтраты суспензии после ее обработки АВС и АВС+УЗ характеризуются более низкой оптической плотностью в видимой области спектра и меньшей степенью ароматичности органического вещества.

### 3.4.4 Изучение ростстимулирующей активности суспензий обработанных на АВС

Для проверки биологической активности наработанных ранее водных суспензий было проведено два вегетационных опыта на семенах пшеницы озимой по методикам [81, 82].



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Опыт ставили в двух сериях: первая – соотношение песок:сuspension равнялось 50:50; вторая – это соотношение составляло 70:30. Контролем служил песок. Общая схема опыта представлена ниже.

1. Исходная торфо-сапропелевая смесь в соотношении 50:50.
2. Исходная торфо-сапропелевая смесь в соотношении 70:30.
3. Сuspension в соотношении 50:50, обработанная на АВС 3 мин.
4. Сuspension в соотношении 50:50, обработанная на АВС 10 мин.
5. Сuspension в соотношении 70:30, обработанная на АВС 3 мин.
6. Сuspension в соотношении 70:30, обработанная на АВС 10 мин.

Полученную смесь песка и сuspension помещали в предварительно стерилизованные в сушильном шкафу при 130 °С чашки Петри по 80 г в каждую. Семена раскладывали на слой увлажненного грунта, слегка вдавив, в количестве 10 штук в каждую чашку и проращивали в термостате при 25 °С, при необходимости увлажняя ложе дистиллированной водой. Оценку и учет проросших семян проводили на третьи сутки для определения энергии прорастания и на седьмые сутки для определения всхожести [81]. По стандарту к всхожим относят нормально проросшие семена. Результаты опытов по определению энергии прорастания и всхожести семян, где соотношение песка и сuspension составляло 50:50, практически по всем вариантам результаты были на уровне контроля или демонстрировали угнетение растений (табл. 3.16).

Таблица 3.16 – Результаты растительного теста по длине проростков растений

пшеницы озимой

Сuspension	Средняя длина на 1 растение, см		Прирост, % к контролю	
	стебель	корень	стебель	корень
<b>Соотношение грунт:сuspension 50:50</b>				
Исходная 50:50	10,50	11,07	93,73	26,08
Исходная 70:30	9,93	11,36	83,21	29,38
Исходная 50:50 (АВС 3 мин)	11,62	11,5	114,39	30,98
Исходная 50:50 (АВС 10 мин)	9,25	10,00	70,66	13,90
Исходная 70:30 (АВС 3 мин)	8,30	11,00	53,14	25,28
Исходная 70:30 (АВС 10 мин)	8,75	9,17	61,44	4,44
<b>Соотношение грунт:сuspension 70:30</b>				
Исходная 50:50	8,35	13,2	54,06	50,34
Исходная 70:30	8,11	13,5	49,63	53,76
Исходная 50:50 (АВС 3 мин)	9,17	8,5	69,19	-
Исходная 50:50 (АВС 10 мин)	8,00	7,33	47,60	-
Исходная 70:30 (АВС 3 мин)	8,67	9,66	59,96	10,02
Исходная 70:30 (АВС 10 мин)	9,78	9,21	80,44	4,90
Контроль	5,42	8,78	-	-



## **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»**

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

В опытах, где соотношение песка и суспензии составляли как 70:30, положительные показатели продемонстрировали лишь образцы суспензий, не подвергавшихся воздействию переменного магнитного поля – энергия прорастания была выше на 25 % по отношению к контролю в варианте с соотношением в составе суспензии 70 % торфа и 30 % сапропеля, а всхожесть семян пшеницы на 42,9 % в исходных взвесах без обработки.

После определения энергии прорастания и всхожести чашки с пророщенными семенами поместили в фитотрон и выдерживали в течение 2-х недель, поддерживая оптимальные условия для роста и развития растений. После чего определяли длину надземной и корневой частей растений.

Полученные в ходе опыта данные показывают значительный прирост по средней длине проростков пшеницы к контролю в двух сериях опыта (табл. 3.16). Для первой серии опыта показатели несколько выше, чем для второй. Так, в вариантах опыта для соотношения 50% песок: 50% суспензия наблюдается прирост от 53,14% до 114,39 % по надземной части и от 4,44 % до 30,98% по подземной части растений. В то время как для соотношения 70% песок: 30% суспензия прирост составляет от 47,60% до 80,44% и от 4,90% до 53,76% для надземной и подземной части соответственно. Также во второй серии опытов имеются варианты с показателями ниже уровня контроля (соотношение торф:сапропель 50:50 с разным временем обработки на АВС).

### **3.4.5 Оценка совместного воздействия на ростстимулирующую активность торфосапропелевых смесей переменного магнитного поля и ультразвука**

Целью дальнейших исследований была оценка совместного воздействия на ростстимулирующую активность торфосапропелевых смесей переменного магнитного поля и ультразвука. Сырьё для проведения эксперимента, а также соотношения компонентов для приготовления суспензий остались прежними и описаны выше. Перед помещением в вихревой слой аппарата АВС параметры воздействия на суспензию переменным магнитным полем составили: частота 37 кГц, максимальная мощность 240 Вт, время воздействия 20 минут и были идентичными предыдущему опыту.

После проведения эксперимента в полученных суспензиях определяли содержание водорастворимых и гуминовых веществ, а также долю гуминовых кислот по методикам, описанным ранее для исследования опытных образцов после обработки только в аппарате АВС. Полученные экспериментальные результаты представлены в табл. 3.17.



**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«АППАРАТ-НН»**

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Таблица 3.17 – Содержание водорастворимых и гуминовых веществ в торфо-сапропелевых суспензиях после совместной обработки УЗ и АВС

Время обработки на АВС	Содержание водорастворимых веществ, %	Содержание в твердом остатке, % на абс. сух.		Содержание гуминовых кислот в жидкой фазе, % на абс. сух
		гуминовые вещества	гуминовые кислоты	
<i>Соотношение торф:сапропель 70:30</i>				
исходный	0,60	21,90	20,44	-
3 мин	4,83	31,18	18,79	следы
10 мин	2,64	30,34	16,61	-
<i>Соотношение торф:сапропель 50:50</i>				
исходный	0,81	22,99	14,56	-
3 мин	3,78	29,68	22,73	следы
10 мин	1,26	23,85	19,89	-

Из данных табл. 3.17 видно, что при совместной последовательной обработке исследуемых образцов ультразвуком и в аппарате АВС наблюдается существенное увеличение содержания водорастворимых веществ. Причем при кратковременном воздействии электромагнитного поля на суспензию (3 минуты) показатели намного выше по сравнению с более длительным воздействием (10 минут). Так, для суспензий с соотношением компонентов торф 70%: сапропель 30 % содержание ВР возрастает в 6 раз при обработке в АВС 3 мин. и только в 4,4 раза при обработке в АВС 10 мин. по сравнению с показателями до обработки суспензии. Такая же тенденция сохраняется и для соотношения компонентов торф 50%:сапропель50%, что свидетельствует о действенности более короткой обработки. Отмеченное снижение количества гуминовых веществ при воздействии только электромагнитного поля в данном случае не



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

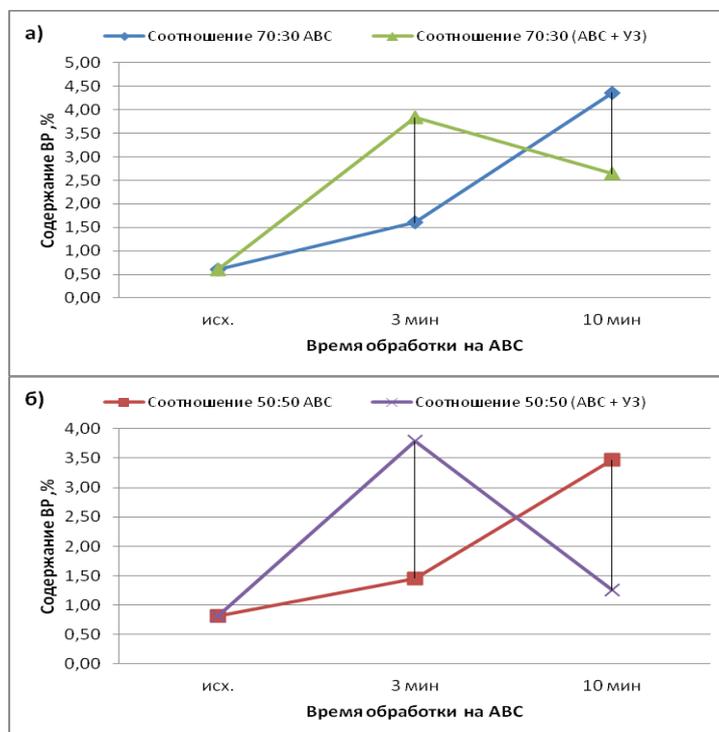
603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

проявляется так четко. Снижение можно констатировать только в образцах с повышенной долей торфа.

Анализ жидкой фазы суспензии демонстрирует результаты идентичные серии опытов, где образцы водных суспензий подвергались только воздействию переменного магнитного поля (в раствор гуминовые кислоты не переходят, а при 3-минутной обработке на АВС после воздействия УЗ обнаружены лишь следы гуминовых кислот).

При анализе твердой фракции суспензий, полученных ранее в ходе совместного воздействия ультразвука и переменного магнитного поля, наблюдается значимое увеличение содержание гуминовых веществ при непродолжительной обработке в 1,3–1,4 раза.

Касательно доли гуминовых кислот, то следует констатировать, что отмечается ее снижение на 8-10 % при увеличении времени воздействия на аппарате АВС в пробах при доли торфа 70 %. По-видимому, такие изменения, а именно, увеличение доли гуминовых кислот, можно объяснить наличием в соответствующих образцах высокого содержания торфа (70 %). Сравнительный анализ водных суспензий, полученных при обработке в аппарате вихревого слоя, с суспензиями, полученными при совместном воздействии ультразвука и переменного магнитного поля, приведен на рисунках 3.16–3.18.





## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Рисунок 3.16 – Изменение содержания ВР в твердой фазе суспензий при обработке и совместной обработкой на АВС и ультразвуком:

а) – для соотношения компонентов торф 70%: сапрпель 30%;

б) – для соотношения компонентов торф 50%: сапрпель 50%.

При предварительном облучении ультразвуком в образцах, которые подвергались в дальнейшем 3-минутному воздействию переменного магнитного поля, наблюдается резкое повышение содержания водорастворимых веществ в сравнении с образцами без ультразвукового воздействия. В то время как в образцах с 10-минутной обработкой на АВС содержание ВР в образцах суспензий при предварительной обработке ультразвуком заметно ниже, чем в суспензиях без таковой. Для соотношении компонентов торф 70%: сапрпель 30% содержание ВР в образце после совместного облучения ультразвуком и непродолжительного воздействия переменного электромагнитного поля (3 мин) увеличивается на 3,2 % в сравнении с образцом, подвергшемся лишь соразмерной обработке в АВС; с увеличением времени пребывания исследуемой суспензии в вихревом слое содержание водорастворимых веществ снижается на 1,7 % в образце предварительно обработанном ультразвуком (рис 3.16а). В суспензии после совместной обработки при соотношении компонентов торф 50%: сапрпель 50% происходит увеличение содержания ВР на 2,3% (при обработке в АВС 3 минуты), а затем снижение на 2,2 % (при обработке в АВС 10 минуты) (рис 3.16б).

При кратковременной обработке в аппарате вихревого слоя торфо-сапрпелевые суспензии, предварительно облученные ультразвуком, демонстрируют заметное увеличение содержания гуминовых веществ по сравнению с образцами,

которые подобному воздействию не подвергались (рис. 3.17).



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

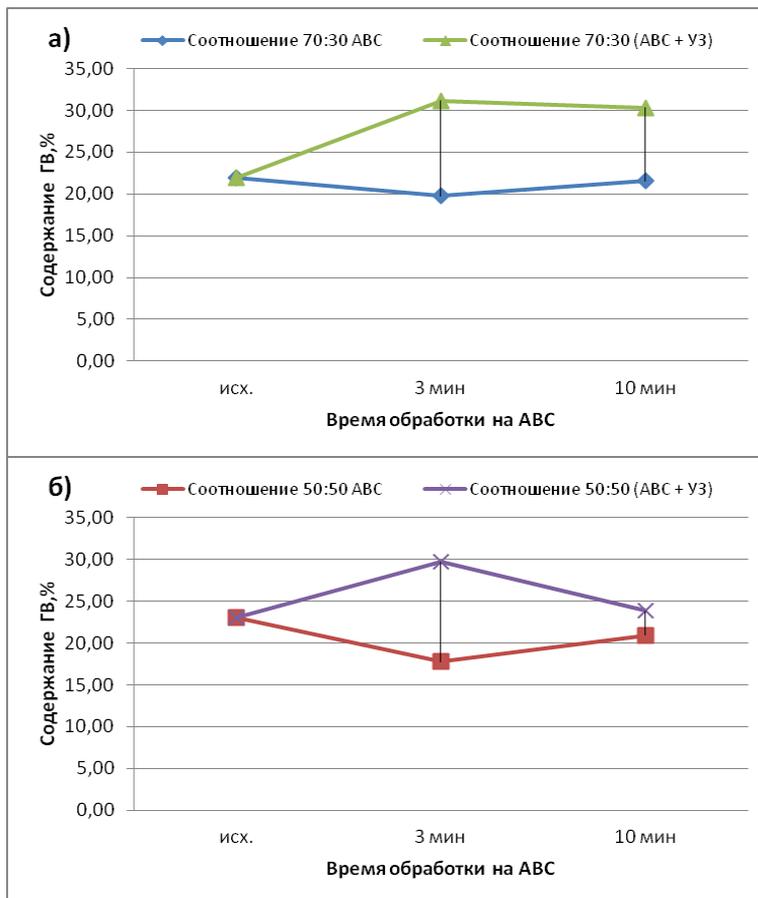


Рисунок 3.17 – Изменение содержания ГВ в твердой фазе суспензий при обработке на ABC и совместной обработке на ABC и ультразвуком

- а) – для соотношения компонентов торф 70%: сапрпель 30%;
- б) – для соотношения компонентов торф 50%: сапрпель 50%

При соотношения № 1 содержание ГВ возрастает на 11,4 %, а для соотношения № 2 – на 11,9 %. При увеличении времени обработки в вихревом слое до 10 минут образцы, предварительно обработанные ультразвуком, также показывают более высокие значения содержания ГВ. Содержание ГВ в этом случае для соотношения торф 70%: сапрпель 30% возрастает на 8,8%, а для торф 50%: сапрпель 50% – на 3,0 %.

Доля содержания гуминовых кислот в суспензии в зависимости от соотношения исходных компонентов изменяется по-разному. В случае преобладания в составе суспензии торфа (70%) наблюдается тенденция на снижение содержания ГК, при этом, чем больше время обработки на ABC, тем заметнее снижается и количество ГК в твердой фазе суспензии. По сравнению с образцами водных суспензий, не подвергшихся воздействию ультразвука, количество гуминовых кислот незначительно уменьшилось для обеих времен обработки на ABC. Для образцов с



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

исходным соотношением компонентов (торф 50%: сапрпель 50%) наблюдается увеличение доли ГК на 10,8% при 3-минутной обработке на АВС и на 5,3 % для 10-минутной обработки. Однако, как видно из приведенных выше данных, и в этом соотношении сохраняется общая тенденция снижения доли содержания гуминовых кислот при длительной обработке в аппарате АВС (рис 3.18).

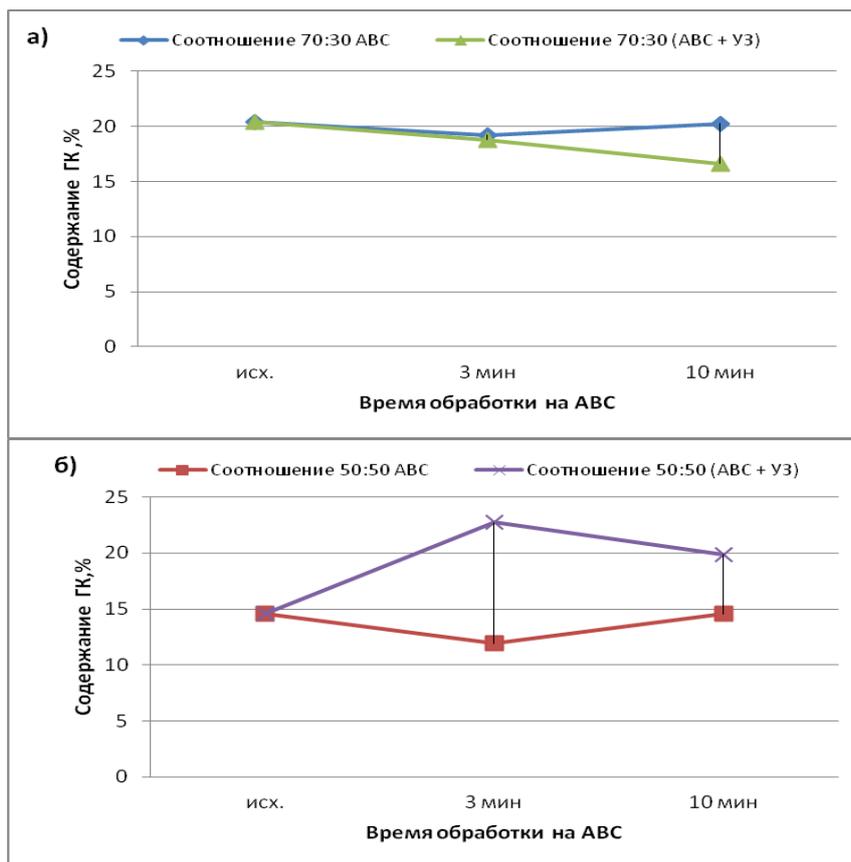
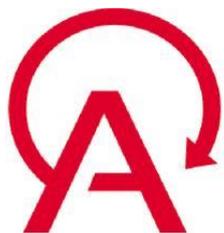


Рисунок 3.18 – Изменение содержания ГК в твердой фазе суспензий при обработке на АВС и совместной обработкой на АВС и ультразвуком

- а) – для соотношения компонентов торф 70%: сапрпель 30%;
- б) – для соотношения компонентов торф 50%: сапрпель 50%.

Цель следующего этапа исследований состояла в выявлении возможности использования аппарата вихревого слоя (АВС) как альтернативного вида оборудования в опытно-промышленной



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

линии по производству жидких гуминовых препаратов типа ТОСАГУМа. Для этого были проведены две серии лабораторных опытов.

Исходным сырьём для проведения эксперимента служили низинный торф торфяного месторождения Зимник участка «Северный Зимник» ( $w = 51,4\%$ ,  $A^d = 10,6\%$ ) и органический сапрпель оз. Святое Рогачёвского района Гомельской области ( $A^d = 7,6\%$ ). Исходные компоненты смешивали в соотношении торф:сапрпель 20%:80% соответственно. Расчёт необходимого количества сырья вели на органическую массу. Необходимое для проведения гидролиза количество щелочи эквивалентно по массе 17 % КОН. Для возможности более полного отделения на центрифуге на конечной стадии жидкой фракции продукта был выбран гидромодуль 1:15.

В металлическую колбу аппарата ABC загружали предварительно подготовленную для щелочного гидролиза смесь. Затем колбу помещали в рабочую зону аппарата на заданный интервал времени, где смесь подвергалась воздействию создаваемого в рабочей зоне поля (при частоте тока 41-55 Гц), под действием которого компоненты быстро и тщательно перемешиваются, диспергируются и активируются, вследствие чего ускоряются химические и механо-физические реакции.

По истечении заданного времени колбу извлекали из рабочей зоны ABC, открывали ее и измеряли температуру полученной пульпы. Далее пульпу после гидролиза охлаждали естественным путём до комнатной температуры и центрифугировали. В полученных таким образом препаратах определяли содержание сухого и органического вещества, а также гуминовых кислот.

В первой серии опыта для наработки гуминовых препаратов использовался нативный сапрпель озера Святое ( $w = 94,6\%$ ). Полученные результаты представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18 – Характеристика гуминовых препаратов,  
полученных на ABC (по типу ТОСАГУМа)

Время обработки на ABC	Т, °С	рН препарата	Содержание в-ва в препарате, %		Гуминовые кислоты, % на с.в.
			сухое	органическое	
1 мин	30	9,35	1,91	1,70	82,72
2 мин	42	10,64	2,54	2,35	75,98
4 мин	60	10,32	3,58	2,90	70,95
5 мин	68	9,24	3,14	2,50	86,31



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

6 мин	78	9,08	3,33	2,64	81,08
8 мин	92	8,96	3,37	2,67	77,15

В ходе эксперимента установлено, что в результате обработки торфо-сапропелевой пульпы в вихревом слое, температура смеси повышается на 8-10 °С за 1 минуту обработки. При этом из полученных в ходе опыта данных видно, что рН препаратов при заданном исходном содержании щелочи (КОН 17%) варьируется в пределах 8,9-10,6 ед. Также гуминовые препараты, которые были получены после воздействия на исходную торфо-сапропелевую смесь переменным электромагнитным полем АВС в течение непродолжительного времени, обладают пониженным содержанием сухого и органического вещества. Из приведенных в табл. 3.18 данных также видно, что в сухом веществе анализируемых препаратов преобладают гуминовые кислоты, их доля составляет от 71 до 86 %. Однако, при этом следует учитывать, что сама доля содержания сухого вещества в полученных в ходе эксперимента жидких гуминовых препаратах невысока. Также следует отметить, что характеристики всех полученных в первой серии опытов препаратов заметно ниже параметров таковых, полученных в результате классического способа щелочного гидролиза в реакторе, а, следовательно, не могут выступать альтернативной заменой существующему способу получения жидких гуминовых препаратов.

Однако полученные экспериментальные данные показывают, что при увеличении времени обработки в вихревом слое аппарата, наблюдается постепенное повышение температуры, что катализирует процесс щелочного гидролиза: наблюдается увеличение содержания сухого и органического вещества, а вследствие и гуминовых кислот.

С целью увеличения содержания органического вещества в жидкой фракции продукта и улучшения качества полученных препаратов во второй серии опыта использовали обезвоженный сапропель озера Святое (w=65,1 %), а также увеличивали время обработки на АВС. Для наработки гуминовых препаратов использовался органический сапропель в той же пропорции компонентов и с тем же гидромодулем, что и в первой серии опытов.

Поскольку ранее экспериментальным путем было установлено необходимое для проведения гидролиза время, во второй серии замеры температуры не производились. После 8-минутного воздействия переменным магнитным полем на образец процесс приостанавливался на 1 час, после чего проводилась повторная обработка в вихревом слое. Полученная пульпа охлаждалась и центрифугировалась. Характеристика полученных препаратов указана в табл. 3.19.

Таблица 3.19 – Характеристика гуминовых препаратов с подсушенным сапропелем



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

Суммарное время обработки на АВС	рН препарата	Содержание в-ва в препарате, %		Гуминовые кислоты, % на с.в.
		сухое	органическое	
8 мин	9,81	3,27	2,29	65,75
16 мин	9,52	4,31	3,16	69,37
20 мин	9,78	4,64	3,30	68,53

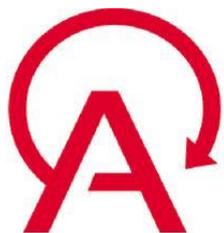
Во второй серии опытов также заметна тенденция улучшения качества гуминовых препаратов с увеличением суммарного времени воздействия переменного магнитного поля при щелочном гидролизе. Увеличение времени обработки с 8 до 20 минут позволило увеличить содержание в препарате сухого вещества и органического вещества, при этом доля гуминовых кислот в сухом веществе сохраняется на достаточно высоком уровне и варьируется от 65,8% до 69,4%.

Однако данный эксперимент показал, что при обработке органического сырья в течение 20 минут и менее на аппарате вихревого слоя не удастся получить препараты того же качества, что при использовании технологии получения гуминового препарата типа ТОСАГУМ.

С целью изучения биологической активности гуминовых препаратов, изготовленных из подсушенного торфа и сапропеля, был поставлен вегетационный опыт методом водных культур [83]. Чтобы обеспечить в вегетационном опыте максимальный рост и развитие растений использовали смесь Прянишникова (контроль), с добавлением 0,004 % препаратов, полученных при различном времени обработки в АВС.

Сосуды емкостью 0,5 л заполняли рабочими растворами, накрывали полиэтиленовыми крышками с проделанными отверстиями для семян. В опыте использовали семена кукурузы сорта «Забава», предварительно пророщенные в термостате при температуре 25 °С. Замочка семян осуществлялась в дистиллированной воде. Пророщенные таким образом семена помещали в отверстия крышек. В каждый сосуд высаживали по 6 зерен кукурузы. Повторность опыта 2-кратная. Емкости помещали в фитотрон, в котором поддерживали постоянные благоприятные для роста и развития растений условия (освещение, тепло, влагу). По мере необходимости в емкости добавляли рабочие растворы исследуемых препаратов, а в контрольный вариант добавляли только смесь Прянишникова. Схема опыта следующая:

1 – смесь Прянишникова с добавлением 0,004 % препарата, полученного после обработки в АВС 16 минут;



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

2 – смесь Прянишника с добавлением 0,004 % препарата, полученного после обработки в АВС 20 минут;

3 – смесь Прянишника с добавлением 0,004 % препарата, полученного после обработки в АВС 8 минут;

4 – Контроль – смесь Прянишника.

Результаты проведенного растительного теста представлены на рисунке 3.19.

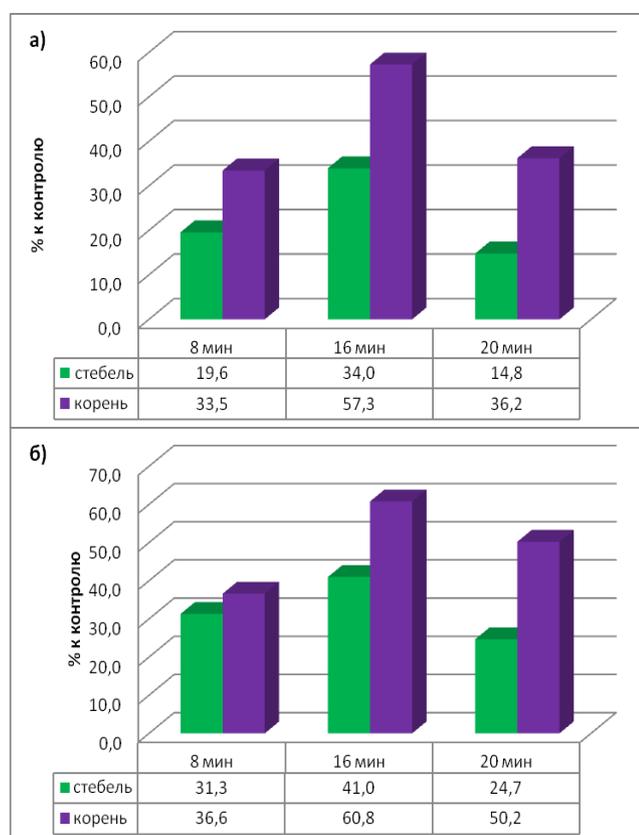


Рисунок 3.19 – Показатели биологической активности гуминовых препаратов

а) – по сырой массе растений;

б) – по сухой массе растений.

Несмотря на то, что гуминовые препараты, полученные путем обработки сырья в вихревом слое, имеют более низкие характеристики по содержанию органического вещества и доле



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

гуминовых кислот, чем их аналоги после классического метода проведения щелочного гидролиза, в ходе вегетационного опыта они демонстрируют положительную динамику в области агрономических свойств. Наилучший результат по биологической активности как для сырой, так и для сухой массы растений показал препарат, полученный после 16 минут обработки в АВС. Для надземной части растений кукурузы прирост к контролю составил 34,0 % и 41,0 % для сырой и сухой массы соответственно. Для подземной части – 57,3% и 60,8 % для сырой и сухой массы соответственно. Однако препараты, полученные после 8 и 20 минут обработки в АВС, также дают прирост по отношению к контролю. При этом для наземной части растений прирост выше при использовании препарата, полученного в результате 8-минутного воздействия переменным магнитным полем, чем при использовании препарата, полученного в результате 20-минутного воздействия переменным магнитным полем. Так по сырой массе прирост 19,6% при 8 минутах обработки в АВС и лишь 14,8% при 20 минутах обработки, а по сухой массе – 31,3% и 24,7% для 8 и 20 минут воздействия переменным магнитным полем соответственно. Для подземной части растений наблюдается обратная закономерность: прирост при использовании препарата, полученного после 20-минутной обработки в вихревом слое выше на 2,7 %, чем в препарате, полученном после 8-минутного воздействия переменным магнитным полем, по сырой массе растений и на 13,6 % выше по сухой массе растений.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

## Заключение

Исследование эволюции формирования залежей торфа и сапропеля на крупных торфяных месторождениях центральной части республики Славное и Есмоновский Мох позволяет констатировать, что водно-минеральный режим является прямым действующим фактором в образовании и развитии торфяных болот. Он является результатом взаимодействия ряда природных факторов, главными из которых являются особенности рельефа. История развития торфонакопления на месторождениях Славное и Есмоновский Мох, расположенных рядом, но изначально имеющих различное геоморфологическое положение подтверждает это тезис.

Для получения весомых аргументов в подтверждение этому, составлена база данных по общетехническому составу торфа и сапропеля детально изученных торфяных месторождений Славное Толочинского и Есмоновский Мох Бельничского районов для анализа условий формирования залежей торфа, включающие данные по 91 пункту отбора (697 образцов) на месторождении Славное и 174 пунктам отбора (2700 образцов торфа и 96 образцов сапропеля) на месторождении Есмоновский Мох. Отдельно в базу включены данные по составу придонных образцов и расчлененности поверхности торфяной залежи, минерального ложа, количеству генетических центров, видов залежи и категорий торфяного сырья, а также данные по средним и максимальным глубинам торфа на каждом исследованном профиле.

С целью выяснения геоморфологических условий формирования торфяных месторождений Славное и Эсмоновский Мох построен стратиграфический профиль рельефа дна и поверхности торфяных залежей с нанесенными границами торфа разного типа и сапропеля, которые позволяет проанализировать особенности воздействия рельефа на образование и развитие ключевых торфяных месторождений.

Выявлены сильные прямые корреляционные связи между расчлененностью рельефа поверхности залежи и количеством видов строения залежей ( $r=0,61$ ), между максимальной мощностью торфа и его средней глубиной на профиле ( $r=0,64$ ) и между количеством категорий торфяного сырья и количеством генетических центров на профиле ( $r=0,86$ ) месторождения Есмоновский Мох, что позволило получить расчетным путем прогнозную, но достаточно точную для технических целей характеристику для расчета количества категорий торфяного сырья ( $Y$ ) на стратиграфическом профиле по сумме генетических центров на нем ( $X$ ) по полученному уравнению регрессии  $Y=1,02X+3,28$ .

Получено уравнение регрессии  $Y=21,6X-19,8$ , по которому с использованием показателя глубины расчленения рельефа поверхности профиля торфяной залежи ( $X$ ), легко определяемому по топографическим материалам на предварительной стадии исследований, можно прогнозировать видовое разнообразие строения торфяной залежи. Полученные зависимости и



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

уравнения важны при выборе первоочередного участка разработки торфа для комплексного использования и могут использоваться при специальной разведке крупных торфяных месторождений верхового типа на территории, схожей по геоморфологическим условиям с исследованной.

Исследованиями стратиграфии торфа в залежах установлено, что в более обводненном месторождении Есмоновский Мох со значительными участками залежи сапропеля под торфом и довольно продолжительным этапом накопления сначала низинного, а потом переходного торфа складывались благоприятные условия для одновременной смены залежи одного типа на другой по всей площади месторождения. В менее обводненных условиях на месторождении Славное абсолютные отметки перехода генетических слоев торфа имеют большую вариабильность по площади, что свидетельствует о заметных различиях в скорости накопления торфа в месторождениях, расположенных на возвышенных ландшафтах. Показано, что изменчивость средних уровней смены генетических слоев, выраженная коэффициентом вариации для всех точек наблюдения в залежи месторождения Есмоновский Мох в два раза ниже, чем в залежи месторождения Славное. Наименьшей изменчивостью в залежи месторождения Есмоновский Мох отличается абсолютная высота границы перехода сапропеля в торф, имеющая коэффициент вариации 0,55 %, в то время как высоты средних границ перехода генетических слоев торфа имеют больший разброс, так как коэффициенты вариации изменяются от 0,58 % до 1,1%.

Наиболее информативным критерием, характеризующим повышенную обводненность торфяного месторождения является наличие, средняя мощность и площадь распространения сапропеля. На месторождении Славное, образовавшемся на возвышенных формах рельефа, сапропель встречается в единичных точках и имеет минимальную среднюю (0,25 м) мощность, в то время как в более обводненном месторождении Есмоновский Мох, в котором отметки дна на 11 м ниже, средняя мощность сапропеля составляет 1,4 м при максимальной 4 м. На торфяных месторождениях Витебской области, подстилаемых сапропелем, выявлена закономерность увеличения относительной доли объектов, прошедших озерную стадию при увеличении площади залежи низинного типа с 32 % для чисто верховых месторождений, 53 % – для смешанных низинных с верховыми и переходными участками и 64 % для низинных месторождений.

Анализ полученных баз показывает, что в обоих месторождениях преобладают магелланикум залежи: на месторождении Славное они составляют 92 % общего количества разрезов, около 7 % разрезов представлено верховыми залежами иного типа и только 1 % представлены разрезами смешанного, переходного и низинного типов. На месторождении Есмоновский Мох распространенность малелланикум залежей составляет 64 %, встречаемость иных разрезов верхового типа – 29 %, разрезов смешанного и низинного типов – 7 % от общего количества.

Положение в рельефе и степень влияния грунтовых вод начальном этапе развития залежей оказывают заметное влияние на вещественный состав торфа. Придонные слои торфа более обводненного месторождения Есмоновский Мох на 42 % сложен переходными видами, на



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

35 % – низинными и только на 23 % – верховыми видами. Придонный слой торфа на месторождении Славное в 86 % случаев сложен верховыми видами, на переходные торфа приходится 12 % исследованных образцов, на низинные – только 2 %.

Для обеих залежей характерна одна и та же закономерность – чем больше мощность накопившегося торфа и на более глубокой отметке располагается придонный горизонт торфа, тем относительно реже в нем происходит смена видов торфа в двух нижних геометрических слоях залежи, что свидетельствует о более стабильных условиях торфонакопления в генетических центрах месторождений в поздне- и послеледниковое время, по сравнению с голоценовым временем, когда торф формировался на более возвышенных участках рельефа дна, когда происходило смещение точек роста залежи от центра к периферии и резко изменялись условия обводненности.

Анализ вещественного состава придонных слоев торфа позволил оценить степень участия грунтового питания исследованных торфяных месторождений на ранних этапах их развития. Показано, что по мере увеличения глубины залегания придонного слоя на месторождении Славное уменьшается встречаемость верхового торфа с 85 % (глубина формирования 0,7-2,0 м) до 45 % (глубина более 5 м). На месторождении Есмоновский Мох на малых глубинах (до 2 м) относительная встречаемость верхового торфа в придонных слоях меньше и составляет 52 %, на глубинах более 5 м – только 3 %. Здесь преобладают низинные и переходные виды торфа, соответственно 31 % и 66 %. Наибольшая средняя степень разложения характерна для придонного слоя торфа месторождении Славное, отложившегося на глубине 4,1-5 м – 37,9 %. Он представлен в основном пушицевым верховым и сфагновым переходным торфом. На месторождении Есмоновский Мох на данной глубине степень разложения торфа заметно ниже и составляет 26,2 %. Наиболее разложившийся торф на обводненном месторождении отложился позже, чем на месторождении Славное, а именно на глубине 3,1-4 м. Здесь его средняя степень разложения заметно меньше, чем на более возвышенном месторождении Славное и составляет 32,5 %. Формирование в начале развития торфяной залежи низинных и переходных торфов при повышенном влиянии грунтовых вод способствует тому, что средняя зольность придонных слоев торфяной залежи Есмоновский Мох заметно повышена и составляет 14,2 %, в то время как на месторождении Славное составляет 2,5 %.

Анализ переуглублений ложа месторождений позволяет выделить на месторождении Есмоновский Мох древнюю ложбину стока ледниковых вод, погребенную впоследствии по залежь торфа и существовавшую здесь приблизительно 13,5-12 тыс. лет назад в аллередское и позднедриасовое время. Учитывая морфологию долин современных рек и глубину вреза их русел можно предположить, что в конце плейстоцена основной поток поверхностных вод проходил транзитом через ложбину стока на месте месторождения Есмоновский Мох, ширина которой составляла от 200 до 350 м. Учитывая полученные материалы, можно сделать заключение, что в то время основная часть речного стока с севера по руслу современных рек Осливка, Ольховка и Ослик перенаправлялась по руслу на месте современных реке Козлянка и Чудница в ложбину



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

### «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

стока, проходившей по центральной оси будущего торфяного месторождения Есмоновский Мох, а из нее – в древнюю протоку на месте среднего течения современной реки Клевы и далее в р. Березина. Об этом свидетельствует хорошо сохранившаяся под залежью торфа на т.м. Есмоновский Мох древняя ложбина стока поверхностных вод.

На более высоком уровне рельефа, на котором размещается ложе месторождения Славное говорить о погребенной под торфом ложбине стока талых ледниковых вод не приходится, так как точки с максимальными мощностями торфа и минимальными абсолютными отметками минерального ложа здесь расположены хаотично, с большим разбросом в плане, что свидетельствует об ином, чем гидрогенное происхождение рассматриваемых переуглублений.

Анализ геологоразведочных материалов по крупным болотным массивам изученного региона, включая месторождения Славное, Есмоновский Мох, Туршевка-Чертово, Острова Дулебы и др. позволяет заключить, что современные поверхности крупных по площади болотных систем верхового типа являются многовершинными, волнистыми и выпуклыми. Центры роста, как правило, смещены относительно первичных генетических центров и находятся на склонах бывших местных водоразделов болотных ландшафтов. Анализ ключевых болотных систем Славное и Есмоновский Мох показал тесную связь стратиграфии торфяной залежи с геоморфологическими и морфометрическими характеристиками ложа массивов. При малых врезках ложа (до 2-4 м) отмечается маломощный слой низинных торфов и раннее их замещение верховыми торфами или образование верховых торфов непосредственно на минеральном ложе месторождений, что в большей мере свойственно для залежи торфа более возвышенного в рельефе месторождения Славное. С увеличением врезки ложа болотных ландшафтов возрастает его обводненность, заметно уменьшается количество пушицесодержащих торфов, уменьшается количество прослоек торфа повышенной степени разложения, понижается среднешурфовая величина степени разложения торфа. Эта закономерность характерна как для крупных верховых месторождений водоразделов (Славное), так и месторождений на более низких гипсометрических уровнях (Есмоновский Мох).

С учетом полученной геологоразведочной информации по ключевым болотным массивам исследованной территории выделены основные этапы развития крупных олиготрофных болот, образованных путем заболачивания суходольных участков (стратотип Славное) и на месте древних озер (стратотип Есмоновский Мох). Критериями для выделения этапов развития олиготрофных болот были климатические изменения, соответствующие им изменения типа торфонакопления, показатели зольности и степени разложения торфа. Весь период торфонакопления разделен на пять этапов – доголоценовый эвтрофный монофазальный (14-11,6 тыс. лет назад), мезо-эвтрофный в начале голоцена (10,7-9,3 тыс. лет назад), олиго-мезо-эвтрофный во время первого климатического максимума (10,7-9,3 тыс. лет назад), олиго-мезотрофный этап во время климатического оптимума (9,3-5,7 тыс. лет назад) и современный олиготрофный этап, который начался более 5 тыс. лет назад. Для каждого этапа охарактеризовано основное климатическое событие, на фоне которого дана характеристика особенностям заболачивания и развития болотных систем. На следующем этапе исследований целесообразно



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

разработать обобщенные (типичные) стратиграфические схемы образования и развития болотных систем суходольного и озерного генезиса для северной и центральной части республики.

Проанализированы мощности и вещественный состав верхового торфа высокой степени разложения на месторождении Туршевка-Чертово. Определены балансовые запасы торфа, пригодные для производства активированных углей, которые по состоянию на 21.09.2015 г. составляли 1498 тыс. т при 40 % влажности. Организован опытный участок для добычи кускового торфа диаметром 40 мм. Проведены исследования по сушке полученной продукции в радиационно-конвективном режиме. Определены основные качественные характеристики и технологические показатели добытой продукции, в том числе насыпная плотность, прочность на сжатие, плановый и фактический цикловые сборы, количество циклов, сезонный сбор. Подтверждены ранее полученные экспериментальные данные по качеству кускового торфа диаметром 40 мм, что позволяет сделать вывод о пригодности полученной продукции для производства из нее активированных углей по адсорбционной способности, удовлетворяющих ГОСТ 6217-74. Однако прочность на истирание их недостаточна и не соответствует ГОСТ 16188-70.

Разработан метод выбора торфяного месторождения из нескольких пригодных для добычи кускового торфа – сырья для производства активированных углей, позволяющий в 2,3 раза снизить трудозатраты по сравнению с общепринятым способом.

Получена адекватная модель процесса воздействия на образцы торфосапропелевой смеси, приготовленной в виде порошка, ультразвука частотой 37 кГц и максимальной мощностью 240 Вт, обеспечивающая возможность анализа влияния характеристик приготовленных образцов:

$$Y_1(K_n) = 0,51 - 0,26x_1 + 0,28x_2 + 0,24x_3$$

где  $Y_1(K_n)$  – параметр оптимизации (коэффициент длины проростков)

$x_1$  – содержание в смеси торфа, %;

$x_2$  – влажность смеси, %;

$x_3$  – время воздействия ультразвуком, мин.

$x_4$  – интенсивность воздействия, Вт.

Знак при членах математической модели процесса свидетельствует о направлении изменения фактора при поиске оптимальных условий в эксперименте. Установлено, что для получения наилучшего отклика в биологическом эксперименте долю торфа в смеси необходимо уменьшать, а остальные параметры (время и интенсивность воздействия ультразвуком, влажность смеси) – увеличивать. Исходя из этого, для дальнейших исследований намечен план проведения опытов по поиску оптимальных условий и параметров состава. Полученные результаты в значительной степени ориентируют представления о направлениях изменения характеристик приготавливаемых образцов при проведении исследований по их оптимизации.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

В результате проведенного анализа влияния ультразвукового воздействия и основных характеристик приготовленных образцов торфосапропелевых суспензий на биологическую активность проростков пшеницы можно заключить:

1. Обработка образцов торфосапропелевых смесей ультразвуком (частота 37 кГц, максимальная мощность 240 Вт) достоверно увеличивают их биологическую активность (агрономическую эффективность) на 20-70%. Уровень этого увеличения определяется тремя основными характеристиками образцов суспензий этих смесей.
2. Повышение концентрации органического вещества в пределах 0,028-0,70 % в суспензии торфосапропелевой смеси при добавлении в растительном тесте в объеме 10 мл приводит к снижению рассчитанной урожайности образцов на 75 % достоверности.
3. Повышение времени воздействия ультразвука на образцы суспензий торфосапропелевых смесей в пределах 3-20 мин. приводит к повышению урожайности исследуемых образцов с достоверностью только 75 % по массе проростков и корней в растительном тесте.
4. Снижение доли торфа в торфосапропелевой смеси в пределах 70-50 % обеспечивает повышение урожайности суспензий на их основе с достоверностью 75-100 % по массе проростков и корней в растительном тесте.

Установлено, что в результате ударного взаимодействия вращающегося электромагнитного поля, создаваемого индуктором лабораторной установки аппарата вихревого слоя (АВС) при частоте тока 50 Гц, с вихревым слоем обрабатываемой суспензии с внесенными в нее ферромагнитными иголками происходит активное диспергирование исходного торфа и сапропеля, сопровождающееся прохождением акустических волн высокой частоты и кавитационными явлениями. Обработка на АВС органического сапропеля в течение 5 мин. снижает содержание фракции крупнее 50 мкм в 6,5 раза по сравнению с исходным образцом (с 24 % до 3,7 %), кремнеземистого сапропеля – в 15 раз (с 57 % до 3,8 %). Степень дисперсности низинного торфа в течение 5 мин. сопоставима с таковой для сапропеля, а верхового – заметно меньше.

Диспергирование сапропеля и торфа механоактивацией с помощью АВС приводит к существенному снижению реологических параметров с увеличением содержания фракций менее 50 мкм при акустической и электромагнитной обработке на лабораторной установке. Дисперсии становятся более текучими, снижаются значения статического и динамического напряжений сдвигу, одновременно растут значения пластической и динамической вязкостей. Статическое предельное напряжение сдвигу исследуемых дисперсий сапропеля ненарушенной структуры до начала обработки составляет 6,2-7,0 Па, динамическое предельное напряжение сдвигу этих образцов находится на уровне 16-18 Па. Для торфяных дисперсий эти показатели примерно в 2 раза выше. Более высокие значения этих параметров характерны в целом для органического сапропеля оз. Святое. Уже после двухминутной обработки исследуемых дисперсий в АВС статическое и динамическое напряжения сдвигу снижаются в 2 раза и дальнейшая их обработка в



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

течение 5 и 10 мин изменяют эти характеристики незначительно. Аналогичное изменение реологических параметров свойственно также торфу.

При воздействии переменного магнитного поля на торфо-сапропелевую суспензию наблюдается незначительное колебание значений pH. Увеличивается содержание органического вещества: его количество возрастает на 6,8-7,2 % при обработке 3 минуты и на 8,2-8,7 % при обработке 10 минут. Можно предположить, что воздействие переменного магнитного поля привело к разрушению определенных органо-минеральных связей и произошло возрастание содержания органического вещества.

Обработка образцов водных торфо-сапропелевых суспензий в аппарате вихревого слоя приводит к заметному увеличению содержания водорастворимых веществ. При этом, чем продолжительнее по времени воздействие, тем значительнее увеличение содержания водорастворимых. Так, при воздействии на образец переменным магнитным полем в течение 3 минут количество водорастворимых веществ возрастает в 1,7–2,7 раза, а в течение 10 минут – в 4,3–7,2 раза. Гуминовых веществ и гуминовых кислот в твердом остатке суспензий фиксируется несколько меньше, чем в исходных образцах до обработки.

Обработка торфо-сапропелевых суспензий на аппарате вихревого слоя (АВС) и совместно АВС + ультразвук (УЗ) практически не влияет на ИК-спектры исходных суспензий. Фильтраты суспензии после ее обработки АВС и АВС+УЗ характеризуются более низкой оптической плотностью в видимой области спектра и меньшей степенью ароматичности органического вещества. Объяснением таких зависимостей может быть несколько - как образование в процессе обработки активных соединений и их последующая полимеризация, так и образование ферромагнитных комплексов с водорастворимыми соединениями при АВС обработке, поскольку в процессе такой обработки происходит истирание рабочего тела (иглолок) аппарата.

В результате растительных тестов по проращиванию проростков пшеницы озимой при соотношениях грунт:суспензия 50:50 и 70:30 установлено, что полученные в ходе опыта данные показывают значительный прирост по средней длине к контролю: для первой серии опытов (50:50) наблюдается прирост от 53,1% до 114,4 % по надземной части и от 4,4 % до 31,0 % по корневой части растений. При соотношении 70% песок: 30% суспензия прирост составляет от 47,6% до 80,4% и от 4,9% до 53,8% для надземной и подземной части соответственно.

При совместном воздействии ультразвука и переменного магнитного поля на торфосапропелевые суспензии наблюдается шестикратное увеличение содержания водорастворимых веществ при непродолжительной обработке (2-3 мин.). При кратковременной обработке в аппарате вихревого слоя торфо-сапропелевые суспензии, предварительно облученные ультразвуком, демонстрируют увеличение содержания гуминовых веществ на 11,4-11,9 % по сравнению с образцами, которые подобному воздействию не подвергались. При увеличении времени обработки в вихревом слое до 10 минут образцы, предварительно обработанные ультразвуком увеличение выхода гуминовых веществ снижается до 3,0-8,8 %.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

В результате обработки торфо-сапропелевой пульпы электромагнитным полем АВС в вихревом слое разное по продолжительности время при соотношении торф:сапропель 80:20, гидромодуле 1:15 и 17 % щелочи полученный препарат после центрифугирования содержит 3,3-4,6 % сухого и 2,3-3,3 % органического вещества в расчете на препарат, 66-69 % гуминовых кислот на сухое вещество, рН 9-10, что меньше, чем в препаратах, полученных в результате классического способа щелочного гидролиза в реакторе (типа ТОСАГУМ).

Исследование биологической активности полученного препарата в вегетационном опыте на кукурузе методом водных культур, где в качестве контроля использовалась смесь Прянишникова, а в эксперименте – дополнительная добавка 0,004 % препарата, полученного при различном времени обработки торфосапропелевой смеси на АВС показали, что наилучший результат по биологической активности (для сухой массы растений) показал препарат, полученный после 16 минут обработки в АВС: для надземной части кукурузы прирост к контролю составил 41 %, для подземной части – 60,8 %. Препараты, полученные после 8 и 20 минут обработки в АВС показали несколько меньший прирост по отношению к контролю.



# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

## Список использованных источников

- 1 Государственная программа «Торф» на 2008-2010 годы и на период до 2020 года. – Минск, 2008. – 140 с.
- 2 Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников. Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2015 г. № 1111.
- 3 Об установлении ограничений на пользование недрами на отдельных участках. Указ Президента Республики Беларусь от 12.11.2007 г. № 563 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь от 13.11.2007 г. № 1/9083.
- 4 Справочник ресурсов битуминозного сырья Белорусской ССР / Н. Н. Бамбалов [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1986. – 85 с.
- 5 Торфяные месторождения Республики Беларусь, пригодные для комплексного освоения на ближайшую и отдаленную перспективу / Л. С. Лис [и др.]; под. ред. И. И. Лиштвана. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 115 с.
- 6 Спутниковая карта Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.satellite-maps.ru/satellite-map-belarus.htm>. Дата доступа: 18.05.2019.
- 7 Кузьмин, Г.Ф. Болота и их использование / Г.Ф. Кузьмин. – Спб: ВНИИТП, 1993. – 140 с.
- 8 Кузьмин, Г.Ф. Месторождения торфа Северо-Запада России и их использование: автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук: 04.00.16 / Г.Ф. Кузьмин; ВНИИТП. – Спб.: 1998. – 84 с.
- 9 Боч, М.С. Экосистемы болот СССР / М.С. Боч, В.В. Мазинг. – Л.: Наука, 1979. – 188 с.
- 10 Ефимов, В.Н. Торфяные почвы и их плодородие / В.Н. Ефимов. Л., 1986. – 263 с.
- 11 Торфяные месторождения и их разведка / С.Н. Тюремнов [и др.]. – М.: Недра, 1976. – 264 с.
- 12 Курзо, Б.В. Генезис и ресурсы сапропелей Белоруссии / Б.В. Курзо, С.В. Богданов. – Минск: Наука и техника, 1989. – 176 с.
- 13 Методические указания по опробованию торфяных залежей с применением сборных проб и разделению запасов торфа на категории сырья при разведке торфяных месторождений. – М., 1979. – 80 с.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

14 Якушко, О.Ф. Геоморфология Беларуси / О.Ф. Якушко, Л.В. Марьина, Ю.Н. Емельянов. – Минск: БГУ, 2000. 172 с.

15 Пидопличко, А.П. Торфяные месторождения Белоруссии / А.П. Пидопличко. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 192 с.

16 Еловичева, Я.К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии / Я.К. Еловичева. – Минск: Навука і тэхніка, 1993. – 94 с.

17 Зерницкая, В.П. Условия формирования и спорово-пыльцевые комплексы Высоко-Махновичского торфяника / В.П. Зерницкая // Современные рельефообразующие процессы. – Минск: Наука и техника, 1986. – С. 49-54.

18 Зерницкая, В.П. Этапы формирования котловины оз. Споровское / В.П. Зерницкая, Г.И. Дайнеко // Современные рельефообразующие процессы. – Минск: Наука и техника, 1986. – С. 55-61.

19 Zernitskaya, V.P. The evolution of lakes in the Poles(ye in the late glacial and holocene/ V.P. Zernitskaya// Quaternary International.– 1997.– Vol. 41/42.– P. 153-160.

20 Нейштадт, М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене / М.И. Нейштадт. – М., 1957. – 404 с.

21 Курзо, Б.В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля / Б.В. Курзо. – Минск: Бел. наука, 2005. – 224 с.

22 Григялите, М.Р. Изменения ботанического состава «пушицесодержащих» торфов в голоцене / М.Р. Григялите // Генезис и динамика болот. – Вып. 1 – М.: МГУ, 1978. – С. 106-111.

23 Беленький, С.Г. Возраст торфяных месторождений верхового типа Белоруссии и происхождение пограничного горизонта / С.Г. Беленький, Б.В. Курзо // Весці Акадэміі навук БССР. Сер. біял. навук. – 1988. № 2. – С. 33-37.

24 Отчет о доразведке торфа на участке «Захаровка» торфяного месторождения «Туршевка-Чертово» Крупского района Минской области с подсчетом запасов по состоянию на 21.09.2015 г. : / Госуд. науч. уч. Ин-т природопользования НАН Беларуси ; рук. темы Б.В. Курзо, В.А. Тумашков. – Минск, 2015. – 167 с. – № ГР 510-5-15/18.

25 Организация изготовления опытной партии торфяных активных углей, проведение их испытаний в условиях потенциальных потребителей с целью получения отзывов и заключений о качественных характеристиках испытуемых торфяных активных углей и возможных объемах их потребления : отчет о НИР (заключ.) / Госуд. науч. уч. Ин-т природопользования НАН Беларуси ; рук. темы А.Э. Томсон. – Минск, 2018. – 85 с. – № ГР 20180222.

26 Справочник по торфу. / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. – М. : Недра, 1982. – 760 с.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

27 Белтопгаз. Газоснабжение и торфопереработка. – 2018. – № 1 (11). – С. 3

28 Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М., 1976. – 279 с.

29 Карташова, Т. М. Вопросы оптимизации при разработке рецептуры и технологии получения новых полимерных материалов: (Кибернетика хим.-технол. процессов). автореф. дис. ... канд. техн. наук / Моск. хим.-технол. ин-т им. Д. И. Менделеева. – М., 1969. – 20 с.

30 Варенцов, В.С. Технология производства фрезерного торфа / В. С. Варенцов, А. В. Лазарев. – М.: Недра, 1970. – 288 с.

31 Мухин, В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов / В. М. Мухин, В. Н. Клушин. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 307 с.

32 Дрожалина, Н. Д. Влияние модифицирующих добавок на пористую структуру углеродных адсорбентов из торфа / Н. Д. Дрожалина, Н. А. Булгакова, В. К. Жуков // Весці АН БССР. Сер. хім. навук, № 6. – 1987. – С. 98–101.

33 Технологические нормы проектирования открытых горных работ на торфяных месторождениях сырьевых баз предприятий ГПО «Белтопгаз»: разработчик Институт «Белгипротопгаз». – Минск, 2019. – 102 с.

34 Научное обоснование сырьевого обеспечения и технологий комплексной переработки торфа и сапропеля для получения продукции с высокими потребительскими свойствами: отчет о НИР (заключ.) / Госуд. науч. уч. Ин-т природопользования НАН Беларуси ; рук. темы Б.В. Курзо. – Минск, 2018. – 274 с. – № ГР 20160129.

35 Чистый, И.Н. Производство гранулированного торфа / И. Н. Чистый. – Минск, Наука и техника, 1980. – 144 с.

36 Малков, Л.М. Исследование процесса радиационно-конвективной сушки гранулированного и кускового торфа / Л. М. Малков, Н. С. Панкратов // Труды Калининского филиала ВНИИТП. – Вып.1. – 1961. – 116 с.

37 Антонов, В. Я. Технология полевой сушки торфа / В. Я. Антонов, Л. М. Малков, Н. И. Гамаюнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 239 с.

38 Аввакумов, Е.Г. Механические методы активации химических процессов / Е.Г. Аввакумов – Новосибирск: Наука, 1986. - 303 с.

39 Гаврильчик, А.П. Трансформация свойств торфа при антропогенном воздействии / А.П. Гаврильчик, Т.Я. Кашинская. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 305 с.

40 Копаница Н.О. Строительные материалы и изделия на основе модифицированных торфов Сибири / Н.О. Копаница, А.И. Кудяков, Ю.С. Саркисов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – 295 с.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

41 Дычко, К.А. Влияние вибромагнитного воздействия на выход и состав гидрофильных и липофильных биологически активных веществ из сапропеля / К.А. Дычко, М.А. Тюнина, Г.Л. Рыжова // Химия растительного сырья. - 2012. - №2. – С. 155-163.

42 Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry – A review / Vilku K. [et al.] // Innovative food science and emerging technologies. - 2008. - Vol. 9. - P. 161–169.

43 The application of ultrasound energy to increase lipid extraction throughput of solid matrix samples (flaxseed) / Methere A.H. [et al.] // Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids. - 1999. - Vol. 81. - P. 417–423.

44 Молчанов, Г.И. Ультразвук в фармации / Г.И. Молчанов. - М.: Медицина, 1980. - 176 с.

45 Жучков, А.В. Высокоинтенсивный экстрактор для фармацевтической промышленности / А.В. Жучков, А.А. Андреев // Экстракция органических соединений: каталог докл. IV междунар. конф., Воронеж, 20-24 сентября 2010 г. / Воронеж. гос. технол. акад.; науч. ред.: Я.И. Коренман. – Воронеж: ВГТА, 2010. - С. 257.

46 Яцун, С.Ф. Интенсификация процессов экстракции пектиновых веществ из растительного сырья с применением вибрационного воздействия / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко // Экстракция органических соединений: каталог докл. IV Междунар. конф. Воронеж, 20-24 сентября 2010 г. / Воронеж. гос. технол. акад.; науч. ред.: Я.И. Коренман. – Воронеж: ВГТА, 2010. - С. 427.

47 Ломовский, О.И. Механохимия в решении экологических задач: аналитический обзор / О.И. Ломовский, В.В. Болдырев. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2006. - 220 с.

48 Рыжова, Г.Л. Определение жирных кислот в продуктах вибромагнитной переработки сапропеля методом хромато-масс-спектрометрии / Г.Л. Рыжова, М.А. Тюнина, К.А. Дычко // Журнал аналитической химии. - 2013. - Т. 68, №8. - С. 808-814.

49 Рыжова, Г.Л. Механо-физическая технология переработки природного органического сырья и получение продуктов функционального назначения / Г.Л. Рыжова [и др.] // Химия растительного сырья. - 2007. - № 2. - С. 115 -116.

50 Водорастворимая кормовая добавка из органического сырья и способ ее получения: пат. RU 2335918, МПК А23К 1/00, А23К 1/12 / К.А. Дычко [и др.]: заявитель Томский гос. ун-т. - № 2006109867/13; заявл. 27.03.2006; опубл. 20.10.2008 // Бюл. изобретений. - 2008. - №29.

51 Способ получения средства, обладающего противоязвенной и адаптогенной активностью: пат. SU 1805968, МПК А61К 36/06, А61Р 1/04 / Г.Л. Рыжова [и др.]: заявитель Томский гос. ун-т. - № 4896239/14; заявл. 25.12.1990; опубл. 30.03.1993. - Бюл. № 12.

52 Рыжова, Г.Л. Ультрадисперсные технологии глубокой переработки сапропеля и анализ липидной составляющей / Г.Л. Рыжова, К.А. Дычко, М.А. Тюнина // Инструментальные методы для исследования живых систем в пищевых производствах: материалы Всерос. конф. с элем. науч. школы, Кемерово, 9–12 ноября 2009 г. / Кемеровский технологический ин-т пищевой пром-сти. - Кемерово:, 2009. - С. 60.

53 Многофункциональное устройство для переработки природного органического сырья в жидкой среде: пат. RU97363, МПК С02F 1/48, В01D 11/04 / К.А. Дычко [и др.]; заявитель Томский гос. ун-т. - № 2010105323/22; заявл. 15.02.2010; опубл. 10.09.2010 // Бюл. изобретений. - 2010. - №25.

54 Третьякова, Ю.Д. Эволюция наноматериалов, наночастиц, наноструктур и проблемы здоровья / Ю.Д. Третьякова // Нанотехнологии, экология, производство. - 2011. - Т. 1. - С. 98-107.

55 Москаленко, Т.В. Интенсификация извлечения гуминовых кислот из торфа под воздействием магнитного и ультразвукового полей / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, О.С. Данилов // Вестник ИрГТУ. - №2 (49). - 2011. - С. 142-146.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

503069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

56 Москаленко, Т. В. Корреляционный анализ процесса экстракции гуминовых кислот из торфа при действии магнитного и ультразвукового полей / Т. В. Москаленко, В. А. Михеев, О. С. Данилов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 10. – С. 95–101.

57 Тюнина, М.А. Рациональное использование и глубокая переработка озерных сапропелей / М.А. Тюнина, К.А. Дычко // Природные ресурсы в XXI веке: экономика, управление и инновации: сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. 28-29 октября 2010 года, Томск. - С. 54-59.

58 Мищенко, М. В. Активация технологических процессов обработки материалов в аппаратах с вращающимся электромагнитным полем / М. В. Мищенко, М. М. Боков, М. Е. Гришаев // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2, ч. 16. – С. 3508-3512.

59 Логвиненко, Д. Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков. – К.: Техніка, 1976. – 144 с.

60 Вершинин И. Н. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем / И. Н. Вершинин, Н. П. Вершинин. – Сальск, 2007. – 368 с.

61 Оберемок, В. Н. Исследование процесса размола волокнистых материалов в вихревом слое ферромагнитных частиц под воздействием на них вращающегося магнитного поля / В. Н. Оберемок : дис. ... канд. техн. наук: 05.06.03. – Ленинград, 1976. – 159 л.

62 Аппарат с вихревым слоем ферромагнитных элементов // Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Аппарат\\_с\\_вихревым\\_слоем\\_ферромагнитных\\_элементов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аппарат_с_вихревым_слоем_ферромагнитных_элементов). - Дата доступа 11.12.2019.

63 Адошев, А. И. Ферровихревой аппарат для обеззараживания жидкого свиного навоза: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.02 / А. И. Адошев. – Ставрополь, 2011. – 190 л.

64 Ультразвук: Малая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

65 Краткая химическая энциклопедия: в 5 т. / редкол.: И.Л. Кнунянц (гл. ред.) [и др.]. – М.: Советская энциклопедия, 1961-1967. - Т.5: Т-Я. - 1967. – 1184 с.

66 Кардашев, Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М.: Химия, 1990. – 205 с.

67 Никитенко, М. И. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов в аппаратах с вихревым слоем: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / М.И. Никитенко. – Полтава, 1996. – 190 с.

68 Деревянкин, Н. А. Аппараты с вихревым слоем в химической технологии. Обзорная информация. Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение / Н. А. Деревянкин, З. А. Михалёва. – Тамбов, 1989. – 37 с.

69 Бергман, Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Л. Бергман. – М.: Изд-во Иностранной литературы, 1957. – 726 с.

70 Физические основы ультразвуковой технологии / Л.Д. Розенберг [и др.]; под ред. Л.Д. Розенберга. - М.: Наука, 1970 г. – 688 с.

71 Ультразвуковая обработка дисперсий глинистых минералов / Н.Н. Круглицкий [и др.]; общ. ред. Н.Н. Круглицкого.– Киев: Наук. думка, 1971. – 198 с.

72 Березовский, Н.И. Научно-технические основы ресурсо- и энергосберегающих процессов обогащения твердых горючих ископаемых: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 25.00.13 / Н.И.Березовский.– Минск, 2002. – 41 с.



## ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АППАРАТ-НН»

603069, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород ул. Ореховская дом 80 Т офис №3  
ОГРН 1175275072367, ИНН 5249159084, КПП 525601001

73 Инновационная технология переработки сапропеля, уникальная эффективность и безопасность новой продукции / В.А. Румянцев [и др.] // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – № 3. - С.120–124.

74 Ходасевич, А.Л. Формы железа и фосфора в сапропелях и их влияние на эффективность использования сапропелевого сырья: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.15.05 / А.Л. Ходасевич. – Минск, 1989.– 23 с.

75 Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика. 3 изд. / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1973. – 320 с.

76 Лиштван, И.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, В.И. Косов. – Минск, 1985. – 240 с.

77 Косаревич, И.В. Сапропелевые буровые растворы / И.В. Косаревич, Н.Н. Битюков, В.Ш. Шмавонянец. – Минск, 1987. – 191 с.

78 Косаревич, И.В. Структурообразование в дисперсиях сапропеля / И.В. Косаревич. – Минск, 1990. – 248 с.

79 СТБ 2392-2014. Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля.

80 Лиштван, И.И. Основные свойства торфа и методы их определения / И.И. Лиштван, Н.Т. Король. – Минск, 1975. – 320 с.

81 ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

82 Нефедова, В.А. Оценка сапропеля, используемого на удобрения / В.А. Нефедова, Б.Н. Хохлов //Тез. докл. VIII Всесоюз. симп. «История озер. Рациональное использование и охрана озерных водоемов». – Минск, 1989. – С. 397-398.

83 Прянишников, Д.Н. Агрохимия: раздел «Вегетационный опыт и его основная роль в агрохимическом исследовании», 3 изд. / Д.Н. Прянишников. – М., 1940.