

УДК 622.331.2:553.972:665.7.032.53:631.811.98

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ВЕРХОВОГО ТОРФА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© С.Б. Селянина*, Т.И. Пономарева, О.Н. Ярыгина, М.В. Труфанова, И.Н. Зубов

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаверова РАН, Набережная Северной Двины, 23,
Архангельск, 163061 (Россия), e-mail: gumin@fciaarctic.ru*

Глубокая переработка торфа – одно из важных направлений развития Северных территорий России. Наиболее перспективными из биологически активных компонентов торфа считаются гуминовые вещества. При этом не учитывается присутствие в препаратах гуминовых веществ, полученных из исходного торфа, сопутствующих компонентов, обладающих биологической активностью. Данное исследование направлено на изучение биологической активности растворимых фракций органического вещества верхового торфа. Биоактивность характеризовали методом лабораторного фитотестирования на семенах салата, предварительно обработанных растворами испытуемых препаратов.

На примере препаратов, выделенных из характерного для европейской части АЗРФ верхового торфа Иласского болотного массива, установлено, что наряду с гуминовыми веществами фитоактивность проявляют торфяные битумы в целом и их групповые фракции. В составе гуминовой части фульвокислоты стимулируют прорастание семян, но интенсифицируют поражение их гнилями, тогда как гуминовые кислоты обеспечивают меньший, но более стабильный прирост всхожести за счет большей сохранности проростков. Обработка семян битумными препаратами подавляет развитие гнилей. Наибольший фунгицидный эффект проявляет фракция смол, тогда как торфяной воск в несколько меньшей степени ингибирует поражение семян, но обеспечивает наиболее высокое и стабильное стимулирующее действие в отношении их прорастания. Таким образом, воски битумов торфа могут служить хорошим защитно-стимулирующим средством и использоваться, например, для капсулирования семян, как предпосевная обработка для увеличения урожайности.

Показано, что освобождение от битумов улучшает показатели фитоактивности торфяных гуминовых препаратов. Для понимания механизма выявленного эффекта требуются дополнительные исследования.

Ключевые слова: верховой торф, биологическая активность, фитотестирование, гуминовые вещества, битумы торфа, смолы и воски торфа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1 и РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-70087.

Введение

Освоение и развитие Арктической зоны (АЗРФ) стоит в числе важнейших задач РФ. Северные территории России характеризуются экстремальными природно-климатическими условиями, коротким вегетационным периодом и наличием многолетнемерзлых пород [1]. Это обуславливает широкое распространение

Селянина Светлана Борисовна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: gumin@fciaarctic.ru

Пономарева Тамара Игоревна – младший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: ponomtamara@gmail.com

Ярыгина Ольга Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: olgayarigina@gmail.com

Труфанова Марина Витальевна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: mtrufanova@ya.ru

Зубов Иван Николаевич – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: zubov.ivan@bk.ru

заболоченных ландшафтов, аккумулирующих огромные запасы органического вещества накапливающегося в виде торфа. По данным [2], площадь болот и заболоченных земель в АЗРФ составляет около 35%. Вместе с тем торф во всем мире используется как в топливных целях, так и для получения самых разнообразных продуктов широкого спектра действия и, в частности, препаратов для растениеводства [3, 4]. Именно химическая переработка торфа, направленная на выделение ценных биологически активных соединений (гуминовые вещества, битумы), в комплексе с получением

* Автор, с которым следует вести переписку.

биотоплива только из отдельных наименее востребованных фракций (например, сортировочных остатков, гумина и др.), по мнению как ученых [5], так и практиков [6], соответствует современным требованиям эффективного, рационального и безопасного природопользования [3, 7]. Например, в Белоруссии в последние десятилетия добыча торфа в энергетических целях сокращена в четыре раза, но ассортимент и выпуск продуктов глубокой переработки торфа существенно возросли [8].

В настоящее время из широкого спектра биологически активных производных торфа основной интерес исследователей и производителей сфокусирован на гуминовых веществах. Многочисленными исследованиями установлено стимулирующее действие препаратов на основе торфа, содержащих гуминовые кислоты и их соли, на рост и развитие растений, повышение их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, стимулирование прорастания семян, повышение продуктивности сельскохозяйственных животных [9]. Стоит отметить, что данный спектр биологической активности компонентов торфа весьма интересен для растениеводства в северных регионах, почвы которых бедны органическим веществом и минеральными компонентами, а период вегетации непродолжителен из-за низкого уровня солнечной радиации и малого числа дней с устойчивой положительной температурой [10, 11].

В отношении механизмов воздействия гуминовых веществ на живые организмы до сих пор ведется научная дискуссия [8]. Гуминовые вещества представляют собой специфическую группу соединений, образующихся в результате процесса гумификации – одновременно протекающих биологических, физических и химических превращений растительных остатков. Их выделение из торфа обычно проводят с использованием водных растворов щелочных реагентов [4], которые способны извлекать и часть экстрактивных смолистых веществ, называемых также битумами или липидами торфа. Для увеличения выхода целевого продукта процесс ведут при нагревании и в некоторых случаях – при избыточном давлении [4]. Поэтому препараты гуминовых веществ зачастую содержат компоненты битумов – воски и смолы. Следует отметить, что содержание битумов в составе органического вещества в зависимости от вида и типа торфа варьируется в широких пределах – от 0.3 до 20%. Количественное содержание и качественный состав битумов торфа определяется преимущественно видовым разнообразием биопродукторов (растений торфообразователей), в которых эти вещества обеспечивают основные жизненные функции [12, 13]. Исследования компонентного состава битумной части торфа свидетельствуют, что они содержат соединения, обладающие ценными биологически активными свойствами [13–15]. Логично ожидать, что биологическая активность торфяных продуктов сельскохозяйственного назначения связана не только со свойствами непосредственно гуминовых веществ, но и с теми примесями битумов, которые присутствуют в препаратах. В пользу этой гипотезы свидетельствует выявленное влияние минорных примесей на активность различных биологически активных продуктов. При этом следует учитывать, что соединения, обладающие биологической активностью, в смеси могут оказывать не только аддитивный эффект, но и усиливать или ослаблять действие друг друга [16, 17].

Для проверки гипотезы о влиянии битумов на свойства препаратов гуминовых веществ необходимо изучить методом лабораторного фитотестирования биологическую активность компонентов торфа Арктической зоны РФ в сравнении с гуминовыми веществами, выделяемыми по традиционной технологии.

Экспериментальная часть

Местом для отбора репрезентативных проб торфа служил типичный для Прибеломорской провинции торфяников [18] грядово-мочажинный комплекс Иласского болотного массива (N 64°19'43.3"; E 40°36'45"), расположенного в Приморском районе Архангельской области, относящегося, согласно [19], к Арктической зоне РФ. Торфяная залежь на всю глубину (3.5–4.2 м) сложена преимущественно сфагновыми мхами. Отбор проб производился в период летней межени, согласно методике [20].

Для исследований использовали интегральный образец торфа, усредненный методом квартования, по характеристикам, соответствующим требованиям ГОСТ 33162-2014 для фрезерованного торфа низкой степени разложения [21], что демонстрируют данные, приведенные в таблице.

Групповой химический состав торфа определяли по авторской аттестованной методике «Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом». Данная методика учитывает разнообразие и уникальность групп веществ, составляющих органическое вещество торфа, аттестованной (свидетельство № 88-16365-009-RA.RU.310657 – 2017) и включенной в госреестр РФ (ФР.1.31.2018.29621) [22]. Результаты определений представлены в таблице.

Для проверки гипотезы авторов о влиянии битумов на биологическую активность препаратов гуминовых веществ использовалась следующая линейка препаратов: гумусовые кислоты, выделенные из исходного образца торфа (1); препараты, выделенные из обезбитуминированного торфа: гумусовые кислоты (2), фракционированные на фульвокислоты (3) и гуминовые кислоты (4); битумы торфа (5), фракционированные на смолы (6) и воски (7).

В целях селективного выделения из торфа фракций групповых составляющих применяли схему, приведенную на рисунке 1. Обезбитуминирование торфа проводили этоксиэтаном, который был выбран в качестве растворителя битумов, как наиболее селективный реагент [27]. Экстракция гуминовых веществ проводилась 0.05 н. водным раствором КОН в связи с тем, что калий является одним из основных питательных элементов для растений. Осаждение гуминовых кислот производили 0.5 н H_2SO_4 с целью обеспечить растения ионами калия в доступной форме, а также во избежание отрицательного воздействия ионов Cl^- на растения. Учитывая способность смесей биологически активных компонентов усиливать или ослаблять действие друг друга [16, 17], для сравнения был использован также образец гуминовых веществ, полученный по наиболее распространенной технологии – экстракцией раствором КОН при перемешивании в течение 24 ч [4]. Соответственно, в составе полученного препарата присутствовал весь комплекс щелочерастворимых компонентов.

Для исследования биологической активности препаратов испытуемые растворы готовили на основе дистиллированной воды. Концентрация по действующему препарату составляла 0.01%, pH растворов устанавливали на уровне 7.5 ± 0.3 добавлением 0.05 н. водного раствора КОН или H_2SO_4 в зависимости от pH исходного раствора препарата. Концентрацию K_2SO_4 в испытуемых растворах во всех случаях поддерживали на уровне 120 ± 1 мг/л путем добавки расчетного количества K_2SO_4 . В качестве контроля использовали водный раствор K_2SO_4 , такой же концентрации и pH. Семена тестовой культуры (салата «Одесский кучерявец») калибровали, а затем замачивали в испытуемом растворе при комнатной температуре на 16 ч. Каждая выборка содержала 50 семян ($n=6$).

В целях фитотестирования фракций органического вещества торфа определяли энергию прорастания, всхожесть семян и степень поражения плесневыми грибами согласно ГОСТ 12038-84 [28]. Динамику состояния семян при прорастании фиксировали ежедневно на протяжении 10 дней. Результаты в графическом виде представлены на рисунках 2–6.

Характеристики интегрального образца торфа

Показатель	Требования ГОСТ 33162-2014 [22]	Исследуемый образец	Метод испытания
Зольность, %	не более 10	1.0	ГОСТ-11306 [23]
Кислотность:			
pH _{солевая} (pH _{KCl})	2.5–3.5	2.9–3.1	ГОСТ 11623-89 [24]
pH _{водная} (pH _{H2O})	3.0–4.1	3.5–3.8	
Засоренность древесными включениями (куски размером более 25 мм), %	не более 1	0.8–1.0	ГОСТ-11130 – 2013 [25]
Массовая доля остатков пушицы, %	не более 10	2–3	ГОСТ-11130 [25]
Степень разложения, %	не более 20	5–10	ГОСТ 10650-2013[26]
Массовая доля органического вещества,%	...	99.0±0.75	[22]
в том числе:	[22]
Экстрактивные вещества, %	...	5.27±0.09	[22]
Водорастворимые вещества, %	...	3.71±0.07	[22]
Биополимеры гумусовой природы (гумусовые кислоты), %,	...	6.87±0.18	[22]
в том числе:	[22]
гуминовые кислоты (ГК), %	...	2.50±0.07	[22]
фульвовые кислоты (ФК), %	...	4.37±0.22	[22]
Легкогидролизуемые вещества,%	...	57.19±0.74	[22]
Трудногидролизуемые вещества, %	...	8.48±0.74	[22]
Негидролизуемый остаток, %	...	17.48±1.11	[22]

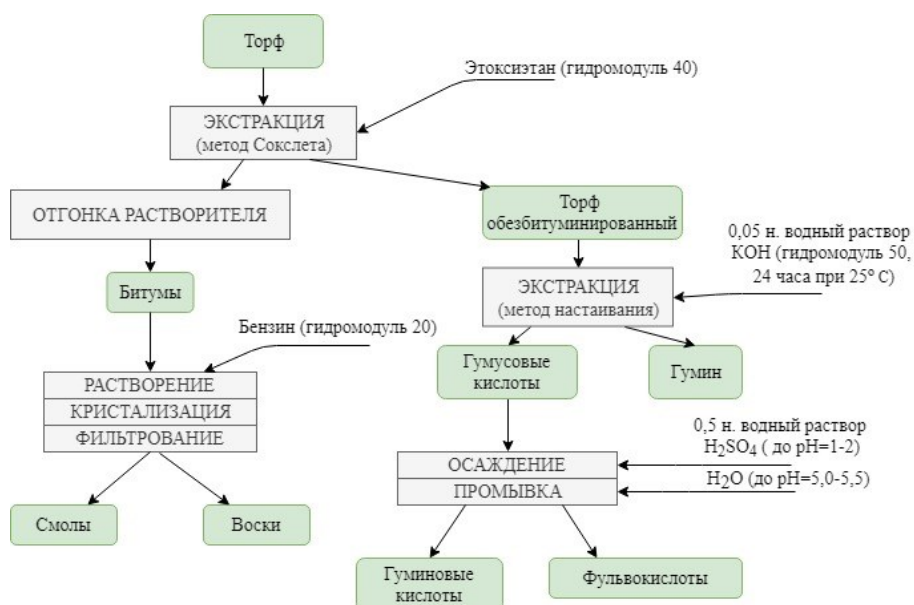


Рис. 1. Схема получения испытуемых препаратов торфа

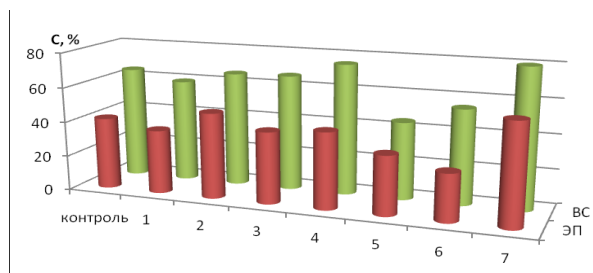


Рис. 2. Влияние экстрактов торфа на параметры фитотестирования: ЭП – энергия прорастания, %; ВС – всхожесть, %; контроль – без добавок; 1 – гумусовые кислоты из исходного торфа; 2 – гумусовые кислоты из обезбитуминированного торфа; 3 – фульвовые кислоты; 4 – гуминовые кислоты; 5 – битумы; 6 – смолы; 7 – торфяной воск

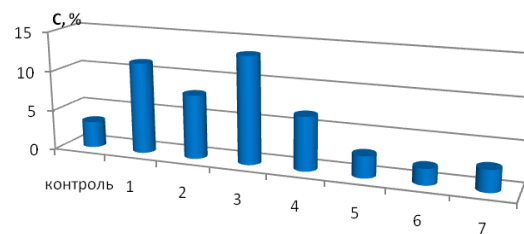


Рис. 3. Влияние экстрактов торфа на уровень поражения проростков плесневыми грибами, %: Контроль – без добавок; 1 – гумусовые кислоты из исходного торфа; 2 – гумусовые кислоты из обезбитуминированного торфа; 3 – фульвовые кислоты; 4 – гуминовые кислоты; 5 – битумы; 6 – смолы; 7 – торфяной воск

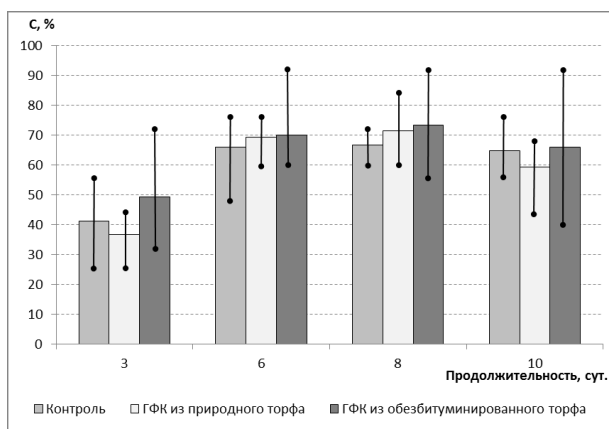


Рис. 4. Динамика прорастания семян тестовой культуры без обработки и после обработки препаратами гумусовых кислот (ГФК) из исходного и обезбитуминированного торфа

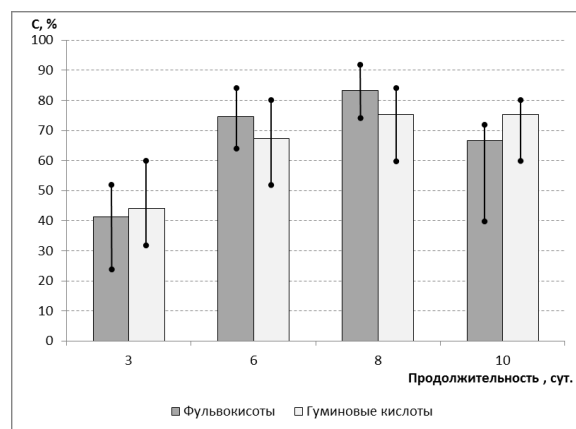


Рис. 5. Динамика прорастания семян тестовой культуры после обработки препаратами фульвовых и гуминовых кислот

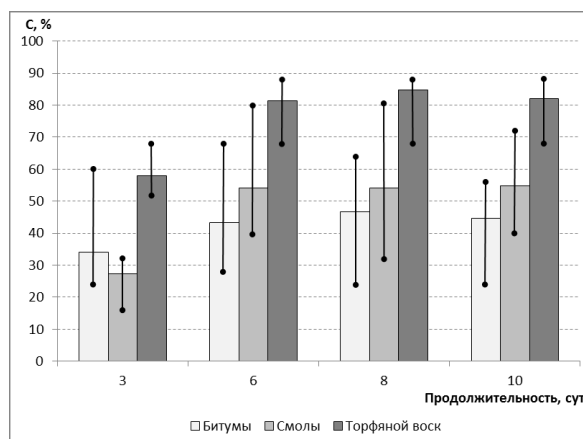


Рис. 6. Динамика прорастания семян тестовой культуры после обработки препаратами битумов, смол и торфяного воска

Обсуждение результатов

Значения технологических параметров исходного образца торфа, представленные в таблице, соответствуют ГОСТ 33162-2014 [21]. Относительно высокая массовая доля водорастворимых и легкогидролизуемых соединений в составе органического вещества в совокупности с низким содержанием гуминовых веществ (6.5–7.4%) и фульватным типом гумуса (соотношение ФК/ГК=1.6–1.9) хорошо согласуются с низкой степенью разложения и подтверждают репрезентативность выбранного торфа для проведения фитотестирования препаратов, полученных на его основе.

Представленные на рисунке 2 данные демонстрируют, что обработка семян препаратом из исходного (неосвобожденного от битумов) торфа (препарат 1) не обеспечивает величину всех параметров фитотестирования, достигаемую в контрольном эксперименте. Рассмотрение динамики (рис. 4) позволяет выявить проявление положительного воздействия препарата 1 на прорастание семян – на 5–8-е сутки прирост составляет 4–6%. Однако из-за поражения семян гнилью наблюдается значительное снижение всхожести. При замачивании семян в растворе гумусовых кислот, выделенных из обезбитуминированного торфа (препарат 2), процесс прорастания семян протекает аналогично с той разницей, что увеличение доли проросших семян наблюдается уже на 3 сутки, а степень пораженности гнилью (8%) несколько ниже, чем в первом варианте (11.4%), но выше, чем в контрольном опыте (3.3%). За счет этого повышается энергия прорастания примерно на 8%, и наблюдается прирост всхожести семян по сравнению с контролем.

При обработке семян раствором фульвокислот (препарат 3) выявленные в предыдущих экспериментах тенденции в динамике процесса прорастания проявляются более отчетливо. По-видимому, это объясняется наиболее высокой их биодоступностью из всех исследованных растворов, как для растений, так и для патогенной микрофлоры из-за относительно низкой молекулярной массы при большей степени окисленности и того, что именно в этой фракции концентрируются все водорастворимые соединения гумуса, включая аминокислоты [29]. В результате на 7-е сутки число проростков увеличивается до 83–84%, но затем почти половина из них погибает, и в итоге прирост всхожести семян по сравнению с контролем не превышает 1.5–2.5%.

Замачивание семян в растворе гуминовых кислот (препарат 4), освобожденных от битумов и фульвокислот, обеспечивает улучшение всех исследованных параметров: энергию прорастания – на уровне 44%, всхожесть – 75%, поражение гнилью – 7%. При этом снижения доли проростков на 9–10-е сутки не наблюдалось. Вместе с тем необходимо констатировать несколько большую вариативность значений в параллельных определениях по сравнению с рассмотренными выше опытами.

Обработка семян битумными препаратами (5, 6 и 7) заметно подавляет развитие гнили, поражение которой снижается до 0–2.7%, что вполне закономерно, поскольку именно эти группы включают в себя соединения, выполняющие в растениях-торфообразователях защитные функции.

Следует отметить, что наибольший фунгицидный эффект оказывает фракция смол (препарат 6), тогда как на энергию прорастания и всхожесть она влияет негативно, причем в параллельных опытах наблюдается достаточно большой разброс значений. Фракция смол, содержащая в основном предельные углеводороды, спирты, высшие жирные кислоты [30, 31], ингибирует процесс прорастания семян, проявляя при этом самую

высокую защиту от поражения. Соответственно, смолы выполняют защитную функцию от патогенов, однако не стимулируют всхожесть семян. Этот факт согласуется с данными об антимикробной активности компонентов органического вещества торфа [20].

Наиболее высокое и стабильное стимулирующее действие в совокупности с низким уровнем поражений семян (2.7%) по результатам анализа всех параметров фитотестирования выявлено у торфяного воска (препарат 7). По-видимому, это объясняется тем, что в восковой фракции концентрируются такие соединения, как стеринны, токоферолы, сложные эфиры карбоновых кислот и другие вещества, выполняющие в растениях витаминную, фитогормональную, защитную функции. Следует отметить, что каждая из фракций торфяных битумов проявляет более высокую активность, чем суммарный препарат. Можно констатировать антагонизм воздействия смол и восков на процесс прорастания семян. Механизм этого явления требует дополнительного изучения.

Все групповые фракции органического вещества торфа в той или иной степени оказывают положительное влияние на прорастание семян, тогда как гуминовые кислоты, выделенные из торфа без удаления битумов, ингибируют процесс всхожести. Опираясь на исследования физико-химических особенностей взаимодействия битумов и гуминовых веществ в растворах, можно предполагать, что это обусловлено образованием межмолекулярных наноразмерных ассоциатов [32]. Однако для установления механизма обнаруженного явления ингибирования биологической активности требуется проведение углубленных исследований.

Выводы

На примере препаратов, выделенных из характерного для европейской части АЗРФ верхового торфа Иласского болотного массива, установлено, что наряду с гуминовыми веществами фитоактивность также проявляют торфяные битумы, как неразделенные, так и их групповые фракции.

В составе гуминовой фракции прорастание семян в большей степени стимулируют фульвокислоты, но вместе с тем они интенсифицируют поражение семян плесневыми грибами, снижая в итоге долю жизнеспособных растений. Гуминовые кислоты обеспечивают меньший, но более стабильный прирост всхожести за счет большей сохранности проростков.

Обработка семян битумными препаратами подавляет развитие гнилей. Наибольший фунгицидный эффект проявляет фракция смол, тогда как торфяной воск в меньшей степени ингибирует поражение семян, но обеспечивает наиболее высокое и стабильное стимулирующее действие в отношении их прорастания. Таким образом, воски битумов торфа могут служить хорошим защитно-стимулирующим средством и использоваться, например, для капсулирования семян, как предпосевная обработка для увеличения урожайности.

Методом фитотестирования показано, что освобождение от битумов улучшает показатели фитоактивности торфяных гуминовых препаратов. Выявленный антагонизм воздействия смол и восков на биологическую активность гуминовых соединений требует дополнительных исследований.

Список литературы

1. CAFF. Conservation of Arctic Flora and Fauna [Электронный ресурс]. URL: <https://www.caff.is/publications>.
2. Вомперский С.Э., Сирин А.А., Сальников А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России // Лесоведение. 2011. №4. С. 3–11.
3. Наумова Г.В., Томсон А.Э. Торф и продукты его переработки. Минск, 2009. 328 с.
4. Денисюк Е.А., Кузнецова И.А., Митрофанова Р.А. Технологии получения гуминовых веществ // Международный журнал экспериментального образования. 2013. №11. С. 184–186.
5. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М., 1989. 304 с.
6. Косов В.И., Беляков А.С., Белозеров О.В., Гогин Д.Ю. Торф. Ресурсы, технология, геоэкология. СПб., 2007. 452 с.
7. Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. Минск: Наука и техника, 1987. 158 с.
8. Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование – рекомендации – практические результаты = Biologically active preparations for plant growing. Scientific background – Recommendations – Practical results: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–8 июля 2018 г. / отв. ред. Д.В. Маслак. Минск, 2018. 230 с.
9. Юшкова Е.И., Павловская Н.Е., Даниленко А.Н., Ботуз Н.И., Полозова Е.Ю., Борзенкова Г.А. Физико-химическая характеристика и биологическая активность биогумуса. Орел: Издательство ОРАНС, 2007. 140 с.
10. Хилимонюк В.З., Брушков А.В., Гребенкин С.И. Эколого-геологические проблемы приарктических территорий и возможные пути их решения // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Салехард, 2012. Т. 5. С. 551–553.

11. Федоров Д.Ф. Атлас Архангельской области. М., 1976. 72 с.
12. Sukhova I.V., Sadovnikova L.K. Organic substances of oiled Western Siberian top peat soil // Bulgarian J. of Ecol. Sci. 2003. Vol. 2. N3–4. Pp. 150–151.
13. Угаров Г.С. О роли воды и липидов в организации живой материи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5-3. С. 443–447.
14. Wollina U. Peat: A Natural Source for Dermatocosmetics and Dermatotherapeutics // J. Cutan. Aesthet. Surg. 2009. N2(1). Pp 17–20. DOI: 10.4103/0974-2077.53094.
15. Tan K.H. Humic Matter in Soil and the Environment, Principles and Controversies. 2nd edition. CRC Press, 2014. 441 p.
16. Платонов В.В., Горохова М.Н. Особенности химического состава органической массы торфов и биологическая активность препаратов на их основе // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. DOI: 10.12773/19645.
17. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Забелина С.А., Богданов М.В., Боголицын К.Г., Соколова Т.В., Стригуцкий В.П., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Орлов А.С. Биологически активные экстракты верхового торфа Европейского Севера России // Вестник РФФИ. 2016. Т. 89. №1. С. 33–39.
18. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. СПб.: Ботанический институт им. В.Л. Комарова. 1992. 256 с.
19. Указ президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. № 296 (ред. от 27.06.2017). О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377>.
20. ГОСТ 17644-83. Торф. Методы отбора проб из залежи и обработки их для лабораторных испытаний. М., 1984. 40 с.
21. ГОСТ 33162-2014. Торф низкой степени разложения. Технические условия. М., 2016. 6 с.
22. Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом № 88-16365-009-2017 / С.Б. Селянина, Т.И. Пономарева, А.С. Орлов, О.Н. Ярыгина, М.В. Труфанова. Свид-во об аттест. выдано 06.12.2017. Номер госрегистрации «ФР.1.31.2018.29621».
23. ГОСТ 11306-2013. Торф и продукты его переработки. Методы определения. М., 2014. 8 с.
24. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. М., 1989. 5 с.
25. ГОСТ 11130-2013. Торф и продукты на его основе. Методы определения мелочи и засоренности. М., 2014. 5 с.
26. ГОСТ 10650-2013. Торф. Методы определения степени разложения. Технические условия. М., 2014. 14 с.
27. Селянина С.Б., Зубов И.Н., Орлов А.С., Соколова Т.В., Ярыгина О.Н., Татаринцева В.Г. Гидродинамические характеристики растворов торфяных гуматов // Природопользование. 2018. №2. С. 134–140.
28. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 2011. 65 с.
29. Котов В.В., Ненахов Д.В., Гасанова Е.С., Стекольников К.Е. Состав и кислотно-основные свойства фракций фульвокислот чернозема выщелоченного // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 47–53.
30. Белькевич П.И., Голованов Н.Г. Долидович Е.Ф. Битумы торфа и бурого угля. Минск, 1989. 127 с.
31. Serebrennikova O.V., Duchko M.A., Koronotova N.G., Strelnikova E.B. Concentrations and Composition of Sphagnum Peat Lipids Depending on Temperature in the Climatic Zones of Western Siberia // Solid Fuel Chemistry. 2018. Vol. 52. N1. Pp. 36–43.
32. Trubetskaya O., Richard C., Trubetskoy O. Protein-like fluorescence of water NOM – the key role of free aromatic amino acids // Book of abstracts of 19th International Conference of International Humic Substances Society Humic Substances and Their Contribution to the Climate Change Mitigation. Albena Resort, 2018. Pp. 235–236.

Поступила в редакцию 12 марта 2019 г.

После переработки 31 мая 2019 г.

Принята к публикации 17 ноября 2019 г.

Для цитирования: Селянина С.Б., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Труфанова М.В., Зубов И.Н. Биологическая активность компонентов верхового торфа арктической зоны Российской Федерации // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 293–301. DOI: 10.14258/jcrpm.2020014626.

*Selyanina S.B.**, *Ponomareva T.I.*, *Yarygina O.N.*, *Trufanova M.V.*, *Zubov I.N.* BIOLOGICALLY ACTIVE COMPONENTS OF PEAT OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIAN FEDERATION

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, nab. Severnoi Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000 (Russia), e-mail: gumin@fciactic.ru

The deep processing of peat is one of the important resources for the development of the Northern Russia territories. The humic products are the most perspective from peat bio-active derivatives. At the same time, the presence of accompanying components with biological activity in them does not take into account. This research is focused on the elimination of this inaccuracy by studying the biological activity of fractions extracted from high-moor peat by the method of sequential disassembly. Bioactivity was characterized by the method of laboratory phytotesting on lettuce seeds, pretreated with solutions of preparations with stabilized pH and the content of nutrient salts.

The performed studies confirmed the authors' hypothesis about the influence of the method of obtaining peat humic preparations on the biological activity. Antagonism of the effect on the phytoactivity of humic compounds, resins and waxes was revealed. The additional studies are required for an explanation of this mechanism.

The fulvic acids stimulate seed germination, as part of the humic part, but intensify their damage by rot, while humic acids provide a smaller, but more stable, increase in germination due to the greater preservation of seedlings.

Seed treatment with bituminous preparations inhibits the development of rot. The greatest fungicidal effect is shown by the fraction of resins, whereas peat wax, to a lesser extent, inhibits seed damage, but provides the highest and most stable stimulating effect in relation to their germination.

Thus, peat bitumen waxes can serve as a good protective and stimulating agent and can be used, for example, to encapsulate seeds, as a presowing treatment to increase yields.

Keywords: high-moor peat, biological activity, phytotesting, humic substances, peat bitumens, resins and peat waxes.

References

1. *CAFF. Conservation of Arctic Flora and Fauna* [Electronic resource]. URL: <https://www.caff.is/publications>.
2. Vomperskiy S.E., Sirin A.A., Sal'nikov A.A., Tsyganova O.P., Valyayeva N.A. *Lesovedeniye*, 2011, no. 4, pp. 3–11 (in Russ.).
3. Naumova G.V., Tomson A.E. *Torf i produkty yego pererabotki*. [Peat and its processed products]. Minsk, 2009, 328 p. (in Russ.).
4. Denisyuk Ye.A., Kuznetsova I.A., Mitrofanova R.A. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2013, no. 11, pp. 184–186 (in Russ.).
5. Lishtvan I.I., Bazin Ye.T., Gamayunov N.I., Terent'yev A.A. *Fizika i khimiya torfa*. [Physics and chemistry of peat]. Moscow, 1989, 304 p. (in Russ.).
6. Kosov V.I., Belyakov A.S., Belozherov O.V., Gogin D.YU. *Torf. Resursy, tekhnologiya, geoekologiya*. [Peat. Resources, technology, geoecology]. St. Petersburg, 2007, 452 p. (in Russ.).
7. Naumova G.V. *Torf v biotekhnologii*. [Peat in biotechnology]. Minsk, 1987, 158 p. (in Russ.).
8. *Biologicheski aktivnyye preparaty dlya rasteniyevodstva. Nauchnoye obosnovaniye – rekomendatsii – praktiche-skiye rezul'taty = Biologically active preparations for plant growing. Scientific background – Recommendations – Practical results: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 3–8 iyulya 2018 g.* [Biologically active preparations for crop production. Scientific justification - recommendations - practical results = Biologically active preparations for plant growing. Scientific background - Recommendations - Practical results: materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, Minsk, July 3–8, 2018]. ed. D.V. Maslak. Minsk, 2018, 230 p. (in Russ.).
9. Yushkova Ye.I., Pavlovskaya N.Ye., Danilenko A.N., Botuz N.I., Polozova Ye.YU., Borzenkova G.A. *Fiziko-khimicheskaya kharakteristika i biologicheskaya aktivnost' biogumusa*. [Physico-chemical characteristics and biological activity of vermicompost]. Orel, 2007, 140 p. (in Russ.).
10. Khilimonyuk V.Z., Brushkov A.V., Grebenkin S.I. *Desyataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po merzlotovedeniyu: Resursy i riski regionov s vechnoy merzlotoy v menyayushchemsya mire*. [Tenth International Conference on Permafrost: Resources and Risks of Permafrost Regions in a Changing World]. Salekhard, 2012, vol. 5, pp. 551–553 (in Russ.).
11. Fedorov D.F. *Atlas Arkhangel'skoy oblasti*. [Atlas of the Arkhangelsk region]. Moscow, 1976, 72 p. (in Russ.).
12. Sukhova I.V., Sadovnikova L.K. *Bulgarian J. of Ecol. Sci.*, 2003, vol. 2, no. 3–4, pp. 150–151.
13. Ugarov G.S. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 5-3, pp. 443–447 (in Russ.).
14. Wollina U. *J Cutan Aesthet Surg.*, 2009, no. 2(1), pp 17–20, DOI: 10.4103/0974-2077.53094.
15. Tan K.H. *Humic Matter in Soil and the Environment, Principles and Controversies. 2nd edition*. CRC Press, 2014, 441p.
16. Platonov V.V., Gorokhova M.N. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoye izdaniye*, 2016, no. 2, DOI: 10.12773/19645(in Russ.).
17. Selyanina S.B., Trufanova M.V., Zabelina S.A., Bogdanov M.V., Bogolitsyn K.G., Sokolova T.V., Strigutskiy V.P., Ponomareva T.I., Yarygina O.N., Orlov A.S. *Vestnik RFFI*, 2016, vol. 89, no. 1, pp. 33–39 (in Russ.).
18. Yurkovskaya T.K. *Geografiya i kartografiya rastitel'nosti bolot Yevropeyskoy Rossii i sopredel'nykh territoriy*. [Geography and cartography of vegetation of marshes of European Russia and adjacent territories]. St. Petersburg, 1992, 256 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

19. *Ukaz prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 02.05.2014 g, no. 296 (red. ot 27.06.2017). O sukhoputnykh territo-riyakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Decree of the President of the Russian Federation of 05/02/2014, no. 296 (as amended on June 27, 2017). On the land territories of the Arctic zone of the Russian Federation] [Electronic resource]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377> (in Russ.).
20. *GOST 17644-83. Torf. Metody otbora prob iz zalezhi i obrabotki ikh dlya laboratornykh ispytaniy.* [GOST 17644-83. Peat. Methods of sampling from a deposit and processing them for laboratory tests]. Moscow, 1984, 40 p. (in Russ.).
21. *GOST 33162-2014. Torf nizkoy stepeni razlozheniya. Tekhnicheskiye usloviya.* [GOST 33162-2014. Peat low decomposition. Technical specifications]. Moscow, 2016, 6 p. (in Russ.).
22. *Metodika izmereniy gruppovogo khimicheskogo sostava torfa gravimetricheskim metodom № 88-16365-009-2017* [The methodology for measuring the group chemical composition of peat by the gravimetric method No. 88-16365-009-2017]. S.B. Selyanina, T.I. Ponomareva, A.S. Orlov, O.N. Yarygina, M.V. Trufanova. 06.12.2017. N ФП.1.31.2018.29621. (in Russ.).
23. *GOST 11306-2013. Torf i produkty yego pererabotki. Metody opredeleniya.* [GOST 11306-2013 Peat and products of its processing. Determination methods]. Moscow, 2014, 8 p. (in Russ.).
24. *GOST 11623-89. Torf i produkty yego pererabotki dlya sel'skogo khozyaystva. Metody opredeleniya obmennoy i aktivnoy kislotnosti.* [GOST 11623-89. Peat and its processed products for agriculture. Methods for determination of metabolic and active acidity]. Moscow, 1989, 5 p. (in Russ.).
25. *GOST 11130-2013 Torf i produkty na yego osnove. Metody opredeleniya melochi i zasorennosti.* [GOST 11130-2013 Peat and products based on it. Methods for determining fines and debris]. Moscow, 2014, 5 p. (in Russ.).
26. *GOST 10650-2013. Torf. Metody opredeleniya stepeni razlozheniya. Tekhnicheskiye usloviya.* [GOST 10650-2013. Peat. Methods for determining the degree of decomposition. Technical specifications]. Moscow, 2014, 14 p. (in Russ.).
27. Selyanina S.B., Zubov I.N., Orlov A.S., Sokolova T.V., Yarygina O.N., Tatarintseva V.G. *Prirodopol'zovaniye.* 2018, no. 2, pp. 134–140 (in Russ.).
28. *GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti.* [GOST 12038-84. Seeds of crops. Germination determination methods.]. Moscow, 2011, 65 p. (in Russ.).
29. Kotov V.V., Nenakhov D.V., Gasanova Ye.S., Stekol'nikov K.Ye. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy.* 2010, vol. 10, no. 1, pp. 47–53 (in Russ.).
30. Bel'kevich P.I., Golovanov N.G. Dolidovich Ye.F. *Bitumy torfa i burogo uglja.* [Bitumen of peat and brown coal]. Minsk, 1989, 127 p. (in Russ.).
31. Serebrennikova O.V., Duchko M.A., Koronatova N.G., Strelnikova E.B. *Solid Fuel Chemistry,* 2018, vol. 52, no. 1, pp. 36–43.
32. Trubetskaya O., Richard C., Trubetskoj O. *Book of abstracts of 19th International Conference of International Humic Substances Society Humic Substances and Their Contribution to the Climate Change Mitigation.* Albena Resort, 2018, pp. 235–236.

Received March 12, 2019

Revised May 31, 2019

Accepted November 17, 2019

For citing: Selyanina S.B., Ponomareva T.I., Yarygina O.N., Trufanova M.V., Zubov I.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya,* 2020, no. 1, pp. 293–301. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020014626.

