

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 3 / 2026, Vol. 18, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/39NZVN326.pdf>

DOI: 10.15862/39NZVN326 (<https://doi.org/10.15862/39NZVN326>)

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Баденко, И. О. Оценка влияния препаратов, полученных из отходов ЦБК, на урожайность яровой пшеницы / В. Л. Баденко, А. А. Комаров, М. П. Федоров, В. И. Масликов, В. В. Терлеев, А. Н. Чусов // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/39NZVN326.pdf>. DOI: 10.15862/39NZVN326.

For citation:

Badenko V.L., Komarov A.A., Fedorov M.P., Maslikov V.I., Terleev V.V., Chusov A.N. Assessment of the influence of preparations obtained from pulp mill waste on spring wheat yield. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(3): 39NZVN326. Available at: <https://esj.today/PDF/39NZVN326.pdf>. DOI: 10.15862/39NZVN326. (In Russ., abstract in Eng.).

Материалы для статьи были получены в рамках выполнения государственного задания на 2025 г. «Развить теорию информационного обеспечения и управления современным земледелием и агротехнологиями нового поколения, разработать и усовершенствовать математические модели, измерительные и программные средства и сервисы наземного и дистанционного мониторинга агроэкосистем и интеллектуального анализа данных, характеризующих состояние посевов и среды их обитания» (FGEG-2025-0006)

УДК 574.12/01

Баденко Владимир Львович

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия
Главный научный сотрудник
Доктор технических наук
E-mail: vbadenko@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3054-1786>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=131728
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/A-5719-2014>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508255564>
Google Академия: https://scholar.google.ru/citations?user=B6l_8PAAAAAJ

Комаров Андрей Алексеевич

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия
Главный научный сотрудник
Доктор сельскохозяйственных наук
E-mail: zelenydar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1430-0509>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=118202
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-4382-2017>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7103383300>

Федоров Михаил Петрович

ФГАНУ «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Академик Российской академии наук, президент
Доктор технических наук
E-mail: president@spbstu.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=108184
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508255564>;
<https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7101634822>

Масликов Владимир Иванович

ФГАНУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Профессор
Доктор технических наук
E-mail: maslikov_vi@spbstu.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=36277
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6507413522>

Терлеев Виталий Викторович

ФГАНУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Профессор
Доктор сельскохозяйственных наук
E-mail: vitaly_terleev@spbstu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6249-5174>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=65853
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-7275-2014>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6506101828>
Google Академия: <https://scholar.google.ru/citations?user=Nh9OIpUAAAAJ>

Чусов Александр Николаевич

ФГАНУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: chusov_an@spbstu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-8649>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=161099
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/M-6874-2014>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190860772>
Google Академия: <https://scholar.google.ru/citations?user=6nZLqJQAAAAJ>

Оценка влияние препаратов, полученных из отходов ЦБК, на урожайность яровой пшеницы

Аннотация. Авторами представлено исследование использования гумусоподобных водоростворимых препаратов (оксидатов), полученных методом окислительно-гидролитической трансформации лигнин-содержащих отходов целлюлозно-бумажных комбинатов, на урожайность яровой пшеницы. Первый препарат — комплекс лигонгуминовых кислот — был получен из отходов производства «КНАУФ Петерборд» г. Коммунар, второй препарат «Стимул», был выделен из отходов Сегежского целлюлозно-бумажного комбината (Республика Карелия) В качестве стандарта использован препарат «Стимулайф». Исследования проводились в производственных условиях на полях Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института в 2025 г. Обработка растений препаратами осуществлялась с помощью опрыскивателя из расчета 200 л/га баковой смеси во всех вариантах опыта. Изучаемые препараты применялись в дозах по 0,25 % в баковой смеси с фоном минеральной подкормки. В статье показано, что максимальный уровень накопления биомассы растений приходился на начало июля с последующим плавным снижением этого показателя во времени. На основании выбранного времени максимального накопления биомассы растений производилась обработка растений изучаемыми препаратами, что оказало значительное позитивное воздействие на формирование общей биомассы растений. Так, масса снопа в случае применения препарата «комплекс лигонгуминовых кислот» увеличилась относительно фона на 50 %. Препарат «Стимул» обеспечил прибавку биомассы на 44,5 %, а препарат сравнения «Стимулайф» — на 37,9 %. Масса корней на вариантах с изучаемыми препаратами возрастала на 25–81 %. Урожайность зерна увеличивалась не столь значительно, на 9,8 % на препарате «комплекс лигонгуминовых кислот» и на 9,5 % на варианте со «Стимулайфом».

Ключевые слова: целлюлозно-бумажные комбинаты; отходы производства; дистанционное зондирование; биостимуляторы; лигнины; посевы пшеницы

Введение

Известно, что работа целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) сопровождается образованием большого количества отходов, значительная часть которых вывозится непосредственно на свалки с минимальным сжиганием и нулевой переработкой [1]. В настоящее время отходы ЦБК, помимо их традиционного использования (сжигание, захоронение, топливные брикеты), может быть преобразована в биоматериалы, обладающие высокой ценностью для широкого применения [2; 3]. Установлено [3; 4], что биомасса, получаемая из отходов ЦБК, содержит ингредиенты для синтеза биоматериалов с высокой добавленной стоимостью, таких как лигнин, гемицеллюлоза, целлюлоза и различные ароматические фрагменты. Трансформированная лигниновая матрица отходов ЦБК весьма напоминает гумус и может быть полезной для производства ценных универсальных биопрепаратов для растениеводства [3; 5].

Учитывая, что Россия является одним из мировых лидеров по площади лесов (46 % территории) и запасам древесины (83 млрд куб. м) использование продуктов переработки древесины в виде отходов ЦБК могло бы не только устранить экологические проблемы, связанные с их накоплением, но и увеличить экономические выгоды при производстве бумаги и иных продуктов [1–6]. При этом целесообразным способом переработки отходов ЦБК является переработка лигнинсодержащей матрицы в ценные удобрения и биопрепараты для восполнения запасов гумуса, поддержания почвенного плодородия и повышения урожайности возделываемых культур [7].

Ранее, изучая действие разнообразных гумусоподобных препаратов, выделенных из разнообразного растительного материала, сапропелей, углей и др. были отработаны стандартные методики биотестирования и определены оптимальные концентрации этих веществ на растения [7–9]. Например, известно, что при изучении действия гумусоподобного препарата — гумовита, хорошие результаты получены в области концентраций от 0,1 % до 0,001 %, а оптимальной из них по воздействию на растения оказывается концентрация препарата 0,01 %, где обеспечивается наилучший физиологический отклик растений. Эксперименты [7–9] показали, что активирующее воздействие на растения гумусовые и гумусоподобные препараты оказывали не только в области концентрации 0,01 %, но и гораздо меньшей (0,00001 %) и, даже в области сверхмалых разведений (0,00000001 %). При этом отмечается некоторый волновой характер действий гумусоподобных веществ на активацию роста и развития растений в области различных концентраций.

Механизм активирующего действия гумусовых и гумусоподобных модельных препаратов можно объяснить особенностью строения полимерной матрицы этих многокомпонентных соединений. Так, некоторые фрагменты индольных и других структурных звеньев гумусовоподобного препарата такие как фенолсодержащие фитогормоны — ауксины, цитокинины и гиббереллины имеют направленный физиологический эффект. При этом известно, что их активное действие на растения как раз и проявляется в области низких, так и сверхнизких концентраций. Эффект действия более низких концентраций гумусовых и гумусоподобных соединений на живые объекты может также объясняться структурированием и кластеризацией водных растворов препаратов [7–9].

Таким образом, изучение особенностей воздействия на рост и развитие растений (на примере яровой пшеницы) продуктов переработки отходов ЦБК является актуальной задачей, а перспективы темы исследований связаны с тем, что рассматривается использование возобновляемого ресурса, который до сих пор рационально не используется.

Целью исследований является сравнительная оценка эффективности препаратов, полученных из отходов ЦБК, применяемых в качестве средств оперативного управления продуктивностью яровой пшеницы.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования являлись посевы яровой пшеницы. Предметом исследования являлось реакция этих посевов на воздействие удобрительных гумусоподобных препаратов, полученных путем переработки отходов ЦБК методом ускоренной окислительно-гидролитической трансформации лигнинсодержащей матрицы в термохимическом аэрационном режиме [7]. Материально-техническая база включала в себя опытные поля Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института (АФИ) — Меньковской опытной станции (МОС).

Активирующими препаратами являлись продукты (оксидаты) щелочного окислительного гидролиза отходов ЦБК «КНАУФ Петербург» г. Коммунар, Ленинградская область. На основании оценки динамики термохимического процесса ранее был выбран оптимальный термохимический режим получения оксидата [7]. Выделенные в этом режиме оксидаты были промаркированы как комплекс лигонгуминовых кислот («КЛГК») и использованы в последующих экспериментах. Активность биопрепаратов в разных концентрациях и выбор оптимальной концентрации изучены ранее [8; 9]. Кроме того, в экспериментах использован препарат «Стимул», полученный по аналогичной технологии, но из отходов Карельского ЦБК. В качестве стандарта использован хорошо зарекомендовавший себя препарат «Стимулайф» [10]. В качестве фона в экспериментах использовались полимерные удобрения серии «Витанолл-N» (содержание азота (N) — 25 %, серы (SO₃) — 10 % + микроэлементы: магний, цинк, марганец, медь, бор) в дозе 1 л/га и «Витанолл-РК» (содержание калия (K₂O) — 20 %, фосфора (P₂O₅) — 16 % + микроэлементы: сера, магний, марганец, бор) в дозе 1 л/га. Производитель удобрений ООО «Агромаркет-24», Россия (<https://vitanoll.ru>).

В полевых экспериментах на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) оценивалась биомасса растений на основе спектрального вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [11]. При этом чем выше значения показателя NDVI, тем больше зеленой массы. Значение NDVI > 0,7 означает, что на поле сплошной растительный покров. В исследовании использовались бесплатные данные системы Sentinel-2 [11–13]. Для представления результатов исследования была разработана пространственная база данных в среде программного обеспечения географических информационных систем «Аксиома ГИС» [14; 15].

Полевые эксперименты проводились на опытном поле МОС площадью 4,2 га с применением зональной агротехники. Агрохимическая характеристика поля: почва дерново-подзолистая легкосуглинистая средней степени окультуренности, рН_{KCl} 5,5; P₂O₅ — 216 мг/кг; K₂O — 108 мг/кг; органическое вещество — 1,8 %. На подготовленном поле МОС возле д. Меньково (Ленинградская область, Гатчинский район) были выделены элементарные участки для исследования со следующими данными (рис. 1):

1. Фон NPK (обработка по листу — полоса шириной 36 м.
2. Фон + Препарат № 1 «КЛГК» — полоса шириной 36 м.
3. Фон + Препарат № 2 «Стимул» — полоса шириной 36 м.
4. Фон + «Стимулайф» — полоса шириной 36 м.

В опыте использовался сорт яровой пшеницы «Агрос» элита. Посев осуществлялся 13.05.25 с нормой высева 240 кг/га с помощью Джон Дир 6920 SE + Compact Solitar 9/400 HD.

При посеве применяли 100 кг/га азофоски, средства защиты и другие агрохимикаты не применялись. Внесение препаратов с помощью хозяйственной техники осуществляли 25.06.2025 г. с нормой расхода баковой смеси 200 л/га. Уборку урожая проводили как учетными площадками 08.09.2025 г., так и сплошным комбайнированием 10.09.2025 г.

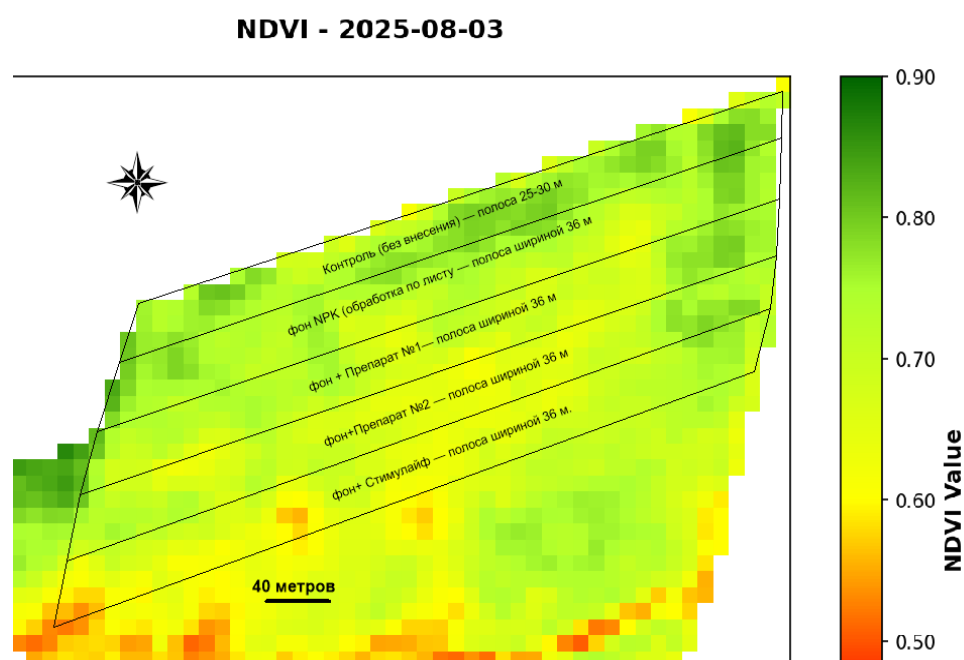


Рисунок 1. Экспериментальные участки и распределение NDVI (составлено авторами)

Результаты и обсуждение

На основе ДЗЗ в динамике оценивалось состояние посевов на поле по вариантам опыта (рис. 1). Это позволило выявить проблемные зоны неоднородности почвенно-растительного покрова и произвести анализ по всей территории поля, а также определить динамику изменения вегетационного индекса по данным NDVI. На рисунке 2 представлены данные по динамике (указана дата снимка) индекса NDVI на элементарных участках, а данные на 8 августа представлены на рисунке 1. Численные значения биомассы растений, усредненные по элементарным участкам представлены на рисунке 3. При этом каждый вариант опыта представлял собой участок не менее 1 га, где ширина делянки определялась 2 проходами опрыскивателя ($16 \text{ м} \times 2 = 32 \text{ м}$), при длине поля от 360 до 425 м.

Необходимо учитывать, что в реальных условиях проведения больших производственных экспериментов часто приходится сталкиваться со значительной пестротой почвенно-растительного покрова, поэтому предварительная оценка состояния поля и развития на нем растений — необходима. Для оценки неоднородности состояния полей в настоящее время предложены перспективные методы кластеризации [16], которые применимы для выделения зон однородности. Неравномерность поля может быть вызвана разнообразием ландшафтными, хозяйственными и иными условиями [17]. Так, оценка биомассы растений в период начальной их вегетации по вегетационному индексу NDVI (рис. 4) показала неравнозначное нарастание биомассы растений при неравномерности почвенного покрова поля по всем вариантам планируемого эксперимента. В период до внесения биопрепаратов (внесение 25.06) на рисунке 2А отмечено неравномерное распределение вегетационных индексов по территории поля. Так, на участке с планируемым внесением удобрительного фона был отмечен наибольший показатель индекса — до 07, что соответствовало расчетной биомассе 3090 кг/га.

На участках с предполагаемым внесением биопрепаратов вегетационный индекс уменьшался до 0,65–0,60, где расчетная биомасса уменьшалась до 2880–2670 кг/га. То есть, исходное состояние растительного покрова перед закладкой эксперимента было не равнозначным, что необходимо было учитывать в дальнейшем.

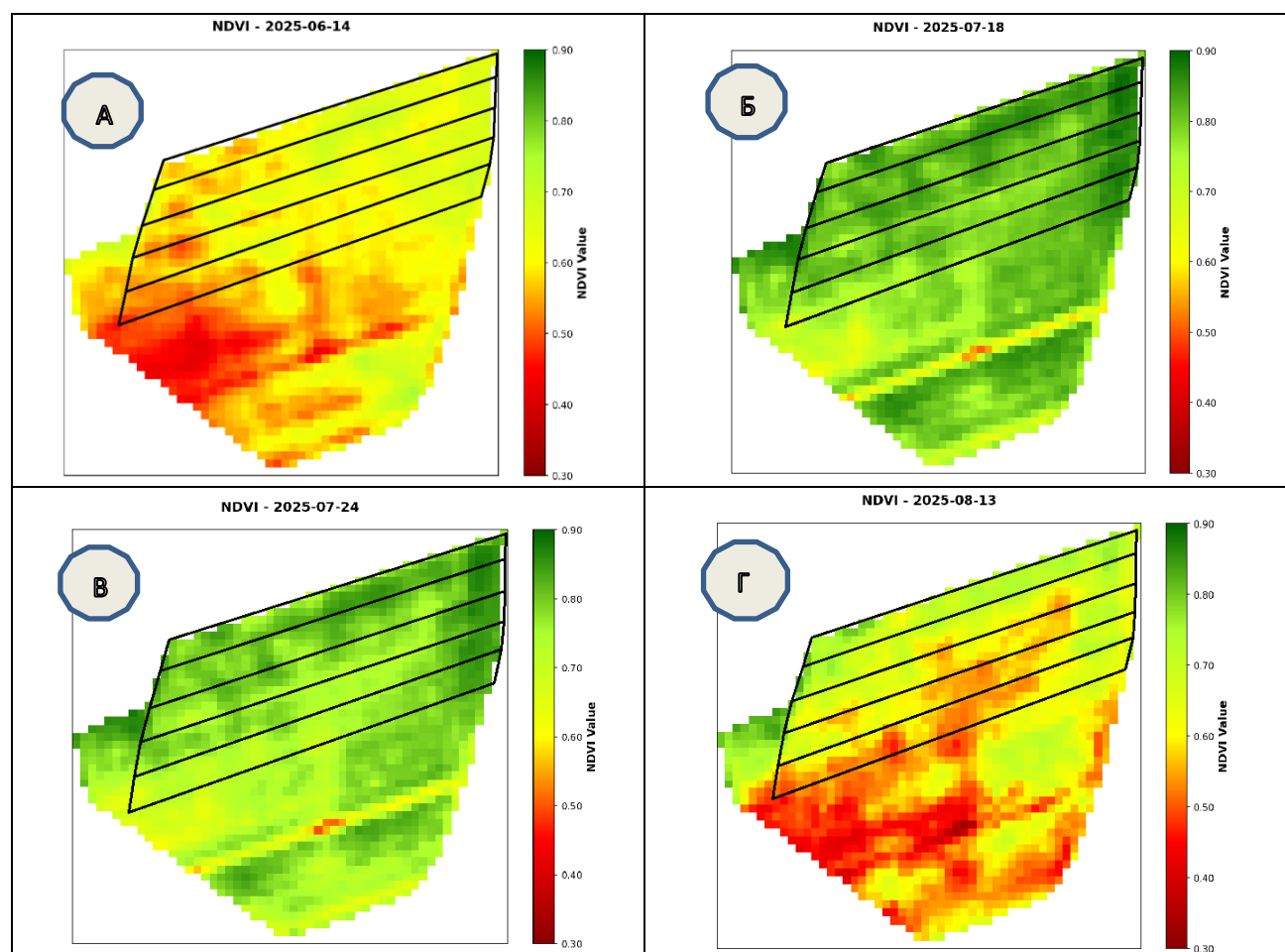


Рисунок 2. Динамика индекса NDVI в ходе эксперимента. Указана дата снимка:
А — 14.06 (до внесения препаратов); Б — 18.07 (через 23 дня после внесения препаратов);
В — 24.07 (через 29 дней после внесения препаратов); Г — 13.08 (через 49 дней после
внесения препаратов) (составлено авторами)

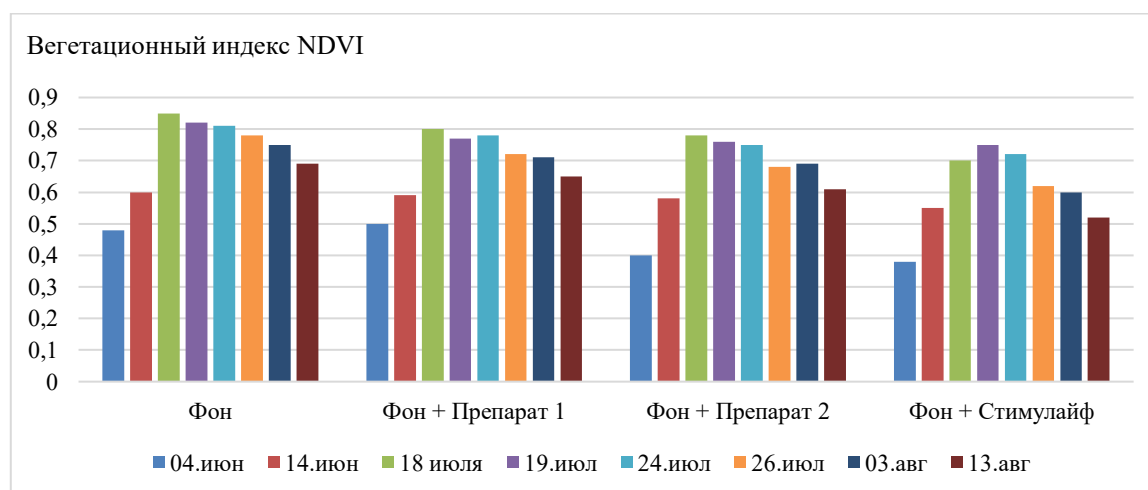
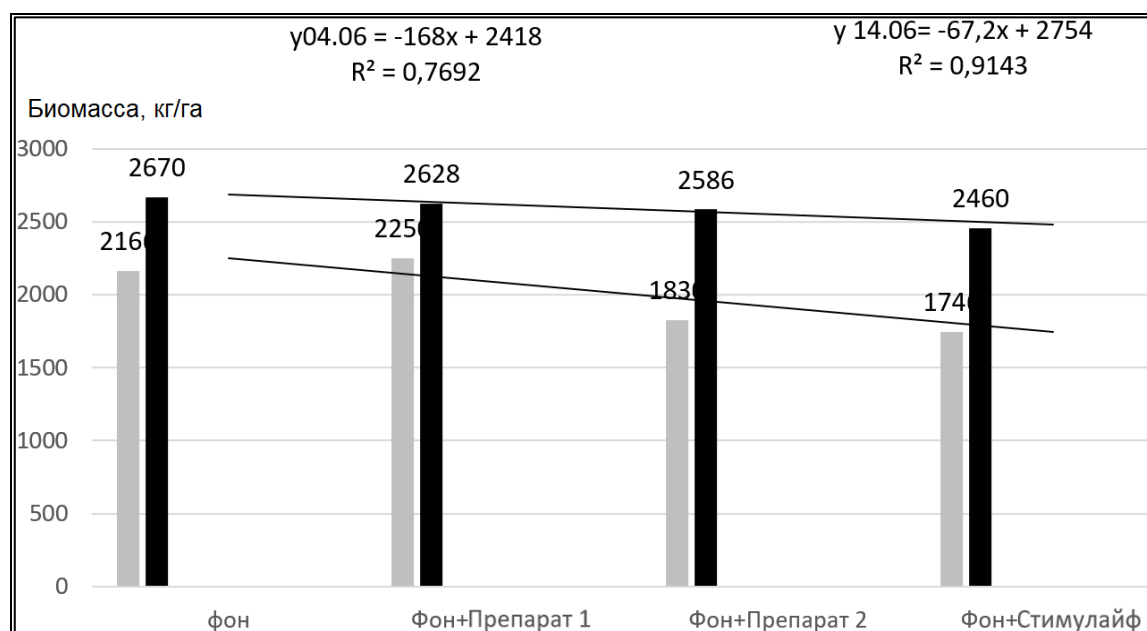


Рисунок 3. Динамика изменения вегетационного индекса NDVI на вариантах опыта (составлено авторами)



Светло-серый цвет — 04.06; темный цвет — 14.06

Рисунок 4. Неравномерность нарастания биомассы растений по вегетационному индексу NDVI до проведения обработок растений (составлено авторами)

С помощью ДЗЗ по вегетационному индексу NDVI были рассчитаны показатели накопления биомассы растений и выявлен их максимальный уровень во времени. Обработку растений изучаемыми препаратами проводили в период максимального накопления их биомассы с целью обеспечить аттракционный переход элементов питания из листовой биомассы в репродукционные органы для формирования зерна.

Почти на всех вариантах эксперимента максимальный уровень накопления биомассы по показателю вегетационного индекса приходился на 18 июля с последующим плавным снижением этого показателя. Однако на варианте с использованием «Стимулайфа» максимальный уровень накопления биомассы приходился на 19 июля, что указывало на некоторое изменение интенсивности ростовых процессов.

В дальнейшем, по мере развития растений, вегетационный индекс изменялся по вариантам опыта, что позволило рассчитать накопление биомассы растений (рис. 3, 4).

Более детальную картину по эффективности оцениваемых препаратов можно получить на основании анализа структуры урожая. Обобщенные данные по урожаю в эксперименте 2025 года представлены в таблице 1.

На основании обобщенных данных из таблицы 1 по полевому эксперименту можно сделать вывод о том, что:

1. Изучаемые препараты оказали значительное позитивное воздействие на формирование общей биомассы растений. Так, масса снопа на варианте 2 «КЛГК» увеличилась относительно фона на + 50 %. Препарат «Стимул» (вариант 3) обеспечил прибавку биомассы на 44,5 %, а препарат сравнения «Стимулайф» — на 37,9 %.
2. Масса корней на вариантах с изучаемыми препаратами возрастала на 25–81 %. При этом наибольшие показатели фиксировались на вариантах с использованием препарата «Стимулайф».
3. Урожайность увеличивалась не столь значительно, на 9,8 % на варианте КЛГК, и на 9,5 % на варианте со «Стимулайфом». Препарат «Стимул» обеспечил лишь небольшую прибавку зерна.

4. Возрастание всех элементов структуры урожая в полевом опыте указывают на позитивное действие изучаемых препаратов на урожайность яровой пшеницы и перспективность использования гумусоподобных продуктов переработки отходов ЦБК в растениеводстве.

Таблица 1

Структура урожая по вариантам опыта

Вариант	Масса снопа, г	Масса корней, г	Масса снопа/масса корней	Стебли/корни	Колич. стеблей в кусте, шт.	Колич. колосков, шт.	Средн. длина колоса, см	Масса колос, г	Масса зерен, г	Длина стеблей, см
1	161,4	43,2	3,74	2,6/2,7	116	111	7,4	1,1	61,9	105,4
%	100	100							100	
2	243,1	59,4	4,09	3,3/3,1	175	168	8,2	1,26	68,0	108,5
%	150,6	137,5							109,8	
3	233,2	54,2	4,30	3,1/3,3	167	123	9,4	1,15	63,2	113,5
%	144,5	125,5							102,1	
4	222,6	78,4	2,84	2,0/1,9	129	123	8,2	0,87	67,8	119,2
%	137,9	181,5							109,5	
НСР ₀₅	68	32			56	41	1,8	0,2	6,8	

Составлено авторами

Влияние изучаемых препаратов на урожайность структуру урожая яровой пшеницы может быть связано с их воздействием на генно-информационный и гормональный баланс растений. Это, в свою очередь, могло обеспечивать снижение стресс факторов, что подтверждают исследованиями гормонального отклика на абиотические и иные стрессы [18–21], в том числе на аттракционные механизмы [22; 23].

Представленное изучение роли природоподобных технологий переработки отходов ЦБК в ценные биопрепараты и удобрения стоит в одном ряду с использованием и других методов, определяющих сбалансированное экологическое развитие территорий, в частности фиторемедиации [24; 25]. Применение изученных препаратов может являться одним из элементов внедрения научное обоснование инновационных технологических решений, таких, например, как описанных в работе по оценке природных и антропогенных факторов дестабилизации зернового производства в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Сибири [26].

В работе представлен практический производственный путь решения поставленной цели исследований, осуществляемой путем сравнительной оценки эффективности препаратов, полученных из отходов ЦБК, применяемых в качестве средств оперативного управления продуктивностью яровой пшеницы. Теоретические основы изучения активирующего действия гумусовых и гумусоподобных соединений на растения представлены гипотезой проявления физиологической активности гумусовых веществ в аспекте процесса гумификации [27].

Полученные результаты по реакции растений на исследуемые препараты могут также быть дополнительным критерием при геоэкологической оценке земельных участков сельскохозяйственного назначения [28] и служить вкладом в общую задачу оценки биоактивности гуминовых препаратов [29–31].

Выводы

Результаты оценки состояния поля с помощью наземных и сопряженных с ними показателей, получаемых из данных ДЗЗ, позволяют выделить максимальный уровень вегетационного индекса во времени развития растений, характеризующий накопление биомассы растений. Учитывая этот уровень можно производить обработку растений средствами коррекции урожая в оптимальные сроки.

Изучаемые в 2025 году препараты оказали значительное позитивное воздействие на формирование общей биомассы растений. Так, масса снопа на варианте 2 «КЛГК» увеличилась относительно фона на 50 %. Препарат «Стимул» (вариант 3) обеспечил прибавку биомассы на 44,5 %, а препарат сравнения «Стимулайф» — на 37,9 %. Препараты можно рекомендовать как средства, активизирующие нарастание биомассы, особенно для кормовых целей. Масса корней на вариантах с изучаемыми препаратами возрастала на 25–81 %. Урожайность зерновой массы увеличивалась не столь значительно, на 9,8 % на варианте «КЛГК», и на 9,5 % на варианте со «Стимулайфом». Препарат «Стимул» обеспечил лишь небольшую прибавку зерна. На основании полевых исследований выявлены скрытые эффекты действия изучаемых биопрепаратов, заключающиеся в активации корневой системы после обработки ими растений в период максимального нарастания вегетирующей биомассы и активации эффекта аттракции. Возрастание всех элементов структуры урожая в полевом опыте указывают на позитивное действие изучаемых препаратов и перспективность изучения механизмов их действий, и практическое внедрение в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Графов К. А., Пархомчук А. А. Проблемы и перспективы применения отходов ЦБК // В сборнике: Инновационные решения в развитии целлюлозно-бумажной отрасли и лесопромышленного комплекса. Материалы Всероссийской отраслевой научно-практической конференции, приуроченной к 95-летию юбилею Кондопожского ЦБК. Санкт-Петербург. — 2024. — С. 6–12. — EDN TJLBQV.
2. Виноградов Ю. О., Воронцова Е. А. Переработка отходов целлюлозно-бумажной промышленности для создания удобрений и топливных брикетов // Химия. Экология. Урбанистика. 2019. Т. 1. — С. 56–60. — EDN EUTJEA.
3. Комаров А. А., Селиванова Т. В. Социально-экономическая парадигма безотходного использования возобновляемого и неисчерпаемого древесного сырья // В сборнике: Формы и методы социальной работы в различных сферах жизнедеятельности. Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Республики Бурятия. Улан-Удэ. 2023. — С. 134–135. — EDN NGDVFB.
4. Воронина Л. В., Юркевич М. Г., Губина О. В., Проворова А. А. Методические рекомендации по оценке социально-экономической результативности применения искусственно улучшенных почв на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности в условиях Севера // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 2. — С. 13. — DOI 10.15862/15ECOR222.
5. Тебенькова Д. Н., Лукина Н. В., Воробьев Р. А., Орлова М. А. Всхожесть семян и биометрические параметры сеянцев на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Лесоведение. — 2014. — № 6. — С. 31–40. — EDN TEUWUT.
6. Володин В. В., Шубаков А. А., Володина С. О., Шергина Н. Н., Василов Р. Г. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2022. — Т. 23. — № 5. — С. 611–632. — DOI 10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632.
7. Комаров А. А. Моделирование процесса трансформации гидролизного лигнина и выделение лигно-гуминовых кислот // Почвоведение. — 2005. — № 6. — С. 664–671. — EDN HSGASZ.

8. Комаров А. А. Изучение реакции растений на трансформированные фенолсодержащие отходы ЦБК // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы докладов XII Всероссийского симпозиума с международным участием, Москва, 13–17 октября 2025 года. — Москва: Издательство «Перо», 2025. — С. 46. — EDN PFURMA.
9. Комаров А. А., Иванова Д. С. О действии свехслабых концентраций гумусоподобных препаратов на растения // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: Научные труды IX международного Конгресса. Проводится под эгидой 300-летия Российской академии наук. Посвящается памяти его основательницы — Лидии Николаевны Галль, Санкт-Петербург, 02–04 октября 2024 года. — Санкт-Петербург: Агрофизический научно-исследовательский институт, 2024. — С. 217–219. — EDN QPQXDZ.
10. Вертебный В. Е., Иванов А. И., Воропаев В. В. Влияние некорневой подкормки "плав" и обработки препаратом "Стимулайф" на урожайность культур полевого севооборота на дерново-подзолистых почвах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2011. — № 22. — С. 82–86. — EDN PFKITH.
11. Баденко В. Л., Топаж А. Г., Медведев С. А., Захарова Е. Т. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных растений для анализа элементов систем земледелия // Таврический вестник аграрной науки. — 2021. — № 1(25). — С. 8–27. — DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-8-27.
12. He J., Ma W., He J. Assessment of Organic Matter Content of Winter Wheat Inter-Row Topsoil Based on Airborne Hyperspectral Imaging // Sustainability. — 2025. — Т. 17. — № 11. — С. 5160. — DOI 10.3390/su17115160.
13. Netsianda A., Mhangara P. Aboveground biomass estimation in a grassland ecosystem using Sentinel-2 satellite imagery and machine learning algorithms // Environmental Monitoring and Assessment. — 2025. — Т. 197. — № 2. — С. 138 — DOI 10.1007/s10661-024-13610-1.
14. Варущенко А. С., Варущенко С. С. Геоинформационные технологии и безопасность государства. Отечественная ГИС АКЦИОМА // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование. Сб. материалов IV Всероссийской науч.-практ. конф. 2021 г., Санкт-Петербург / Науч. ред. И. Е Сидорина. — 2022. — С. 264–270. — EDN VXREKQ.
15. Баденко В. Л., Баденко Г. В., Волкова Ю. В., Муромцева Н. Современные тенденции в развитии геоинформационных систем для поддержки решений в сельском хозяйстве // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2020. — №. 6. — С. 5–8. — EDN HRFKLF.
16. Панкратов В. А., Смахтина А. В., Якушев В. В. Методы кластеризации для выявления зон однородности по данным дистанционного зондирования земли // Таврический вестник аграрной науки. — 2025. — № 4(44). — С. 159–175. — DOI 10.5281/zenodo.17589406.
17. Баденко В. Л., Иванов Д. А., Топаж А. Г. Информационное обеспечение агроландшафтных исследований // Информация и космос. — 2014. — № 4. — С. 52–54. — EDN TEJZTN.

18. Авальбаев А. М., Юлдашев Р. А., Плотников А. А., Коряков И. С., Аллагулова Ч. Р. Изменения в росте и гормональном балансе различающихся по стратегии адаптации к засухе экотипов пшеницы в зависимости от времени наступления засухи // Таврический вестник аграрной науки. — 2025. — № 1(41). — С. 27–40. — DOI 10.5281/zenodo.15146234.
19. Захарян Ю. Г., Комаров А. А., Янко Ю. Г. Оценка дифференциации агротехнологий по трём грациям с учётом глобального изменения климата // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2023. — Т. 20, № 3. — С. 61–70. — DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-3-61-70.
20. Волкова Л. В., Амунова О. С., Храпова Ж. Ю. Использование лабораторной диагностики в определении толерантности к стрессу сортов яровой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. — 2025. — № 2(42). — С. 21–32. — DOI 10.5281/zenodo.16563431.
21. Лекомцев П. В., Комаров А. А. Динамика прироста биомассы растений в одновидовых и смешанных посевах на разных фонах удобрений при использовании биопрепаратов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2020. — № 58. — С. 69–76. — DOI 10.24411/2078-1318-2020-11069.
22. Новохатин В. В., Драгавцев В. А. Научное обоснование эколого-генетической селекции мягкой яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. — 2020. — Т. 34. — №. 12. — С. 39–46. — DOI 10.24411/0235-2451-2020-11206.
23. Драгавцев В. А., Макарова Г. А., Кочетов А. А., Мирская Г. В., Синявина Н. Г. Новые подходы к экспрессной оценке генотипической и генетической (аддитивной) дисперсий свойств продуктивности растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2014. — Т. 16. — №. 2. — С. 427–436. — EDN PBDBNB.
24. Ilinskiy A., Vinogradov D., Politaeva N., Badenko V., Ilin I. Features of the phytoremediation by agricultural crops of heavy metal contaminated soils // Agronomy. — 2023. — Т. 13. — № 1. — С. 127. DOI 10.3390/agronomy13010127.
25. Politaeva N., Badenko V. Magnetic and electric field accelerate Phytoextraction of copper Lemna minor duckweed // PLoS One. — 2021. — Т. 16. — № 8. — С. e0255512. — DOI 10.1371/journal.pone.0255512.
26. Гулянов Ю. А. Природные и антропогенные факторы дестабилизации зернового производства в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Сибири // Таврический вестник аграрной науки. — 2024. — № 2(38). — С. 31–43. — DOI 10.5281/zenodo.12177624.
27. Комаров А. А., Безуглова О. С. Гумусообразование как процесс трансформации растительных остатков // Почвы и окружающая среда. — 2025. — Т. 8, — № 1. — С. e307. — DOI 10.31251/pos.v8i1.307.
28. Баденко В. Л., Федоров М. П., Масликов В. И., Молодкина Л. М., Евремова С. Ю. Геоэкологическая оценка земельных участков на основе индикаторов с учетом неопределённости исходных данных // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2024. — Т. 13, — № 2(66). — С. 210–219. — EDN UBJGSX.
29. Якименко О. С., Терехова В. А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. — 2011. — № 11. — С. 1334–1343. — EDN OJGUFZ.

30. Воронина Л. П., Якименко О. С., Терехова В. А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агрохимия. — 2012. — № 6. — С. 45–52. — EDN PBAKTT.
31. Броварова О. В., Броварова Д. А. Гуминовые вещества торфа. Свойства и биологическая активность // Химия растительного сырья. — 2023. — № 2. — С. 301–309. — DOI 10.14258/jcprm.20230211727.

Badenko Vladimir Lvovich

Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

E-mail: vbadenko@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3054-1786>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=131728

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/A-5719-2014>

Google Scholar: https://scholar.google.ru/citations?user=B6l_8IIAAAAJ

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508255564>

Komarov Andrey Alekseevich

Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

E-mail: zelenydar@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1430-0509>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=118202

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-4382-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7103383300>

Fedorov Mikhail Petrovich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: president@spbstu.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=108184

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508255564>;

<https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7101634822>

Maslikov Vladimir Ivanovich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: maslikov_vi@spbstu.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=36277

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6507413522>

Terleev Vitaly Viktorovich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: vitaly_terleev@spbstu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6249-5174>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=65853

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-7275-2014>

Google Scholar: <https://scholar.google.ru/citations?user=Nh9OIpUAAAAJ>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6506101828>

Chusov Alexander Nikolaevich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Saint Petersburg, Russia

E-mail: chusov_an@spbstu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1388-8649>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=161099

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/M-6874-2014>

Google Scholar: <https://scholar.google.ru/citations?user=6nZLqJQAAAAJ>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190860772>

Assessment of the influence of preparations obtained from pulp mill waste on spring wheat yield

Abstract. The authors present a study of the effect of humus-like water-soluble preparations (oxidates) obtained by the oxidative-hydrolytic transformation of lignin-containing waste from pulp and paper mills on spring wheat yield. The first preparation, a lignohumic acid complex, was obtained from waste produced by Knauf Petroboard in Kommunar. The second preparation, Stimul, was isolated

from waste from the Segezha Pulp and Paper Mill (Republic of Karelia) in the same quality as the standard Stimulife preparation. The studies will be conducted under production conditions in the fields of the Menkovskiy branch of the Agrophysical Research Institute in 2025. Plants were treated with the prepared preparations using a sprayer at a rate of 200 l/ha of tank mixture in all experimental variants. The studied preparations are applied at doses of 0,25 % in a tank mixture with a background mineral fertilizer. The article demonstrates that the maximum level of plant biomass accumulation occurred in early July, followed by a gradual decline over time. Based on this, the maximum plant biomass concentration was achieved during treatment with the studied preparations, which resulted in a positive environmental impact of plant biomass. For example, the sheaf weight increased fluorescence brightness by 50 % with the «lignonomic acid complex» preparation. The «Stimul» preparation increased biomass by 44,5 %, while the comparison preparation, «Stimulife», increased it by 37.9 %. Root mass increased by 25–81 % for both preparations. Particle yield increased less significantly, by 9.8 % with the «lignonomic acid complex» preparation and by 9.5 % with «Stimulife».

Keywords: pulp and paper mills; production waste; remote sensing; biostimulants; lignins; wheat crops