

Марина Игоревна Лесовская<sup>1✉</sup>, Людмила Васильевна Плеханова<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>lesmari@rambler.ru

<sup>2</sup>plechanova-l1967@mail.ru

## ХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БАЛЬЗАМИЧЕСКОЙ ПИХТОВОЙ ПАСТЫ

Цель исследования – выявление биологической активности бальзамической пихтовой пасты (БПП) как потенциального удобрения в условиях различных биомоделей с учетом химического профиля объекта. Задачи: анализ химических показателей бальзамической пихтовой пасты и их соотношение с данными литературы по составу типичных удобрений с контрастными свойствами (торф – органический субстрат, вермикулит – минеральный комплекс); оценку биологической активности пихтовой бальзамической пасты на дозовых интервалах «милли», «сантиметры», «деци» с использованием биомоделей герминации (скорость прорастания семян) и клеточного дыхания (дрожжевая манометрия); определение дозовой зависимости антиоксидантной активности бальзамической пихтовой пасты в реакционной среде Фентона для моделирования свободнорадикальных химических процессов. Объект исследования – бальзамическая пихтовая пихтовая паста, полученная в качестве побочного продукта в ходе паровой дистилляции пихтового масла на производственной площадке цеха по переработке лесного технического сырья (ИП Сахачев) из древесной зелени пихты сибирской, собранной у села Балахтон Козульского района Красноярского края. Химический анализ бальзамической пасты пихтовой показал, что материал является концентратом эссенциальных соединений органической и неорганической природы, содержит минеральные вещества с потенциальной адаптогенной активностью. В составе БПП присутствуют ультрамикроразбавления в сочетаниях, необходимых для функционирования антиоксидантных механизмов в биосистемах агроценозов. Высокое содержание биологически активных компонентов позволяет использовать бальзамическую пасту при кратности разбавления не ниже чем в 10...100 раз. Для уточнения диапазона разбавления физиологического влияния бальзамической пасты на живые системы были использованы биомодели. По химическому составу БПП превосходила характеристики таких агротехнических материалов, как торф и вермикулит, с учетом того, что областью эффективных доз применения бальзамической пасты является милли-диапазон.

**Ключевые слова:** бальзамическая пихтовая паста, химический состав бальзамической пихтовой пасты, энергия прорастания, морфометрия, антиоксидантная активность

**Для цитирования:** Лесовская М.И., Плеханова Л.В., Химический профиль и биологическая активность бальзамической пихтовой пасты // Вестник КрасГАУ. 2026. № 6. С. 77-90. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-6-77-90.

Marina Igorevna Lesovskaya<sup>1✉</sup>, Lyudmila Vasilyevna Plekhanova<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>lesmari@rambler.ru

<sup>2</sup>plechanova-l1967@mail.ru

## CHEMICAL PROFILE AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF BALSAMIC FIR PASTE

The aim of the study is to identify the biological activity of balsam fir paste (BFP) as a potential fertilizer under various biomodel conditions, taking into account the chemical profile of the object. Objectives: analysis of the chemical parameters of balsam fir paste and their correlation with literature data on the composition of typical fertilizers with contrasting properties (peat is an organic substrate, vermiculite is a mineral

complex); assessment of the biological activity of balsam fir paste at dose intervals of "milli", "centi", "deci" using biomodels of germination (seed germination rate) and cellular respiration (yeast manometry); determination of the dose dependence of the antioxidant activity of balsam fir paste in the Fenton reaction medium for modeling free-radical chemical processes. The object of the study was balsam fir paste, obtained as a by-product during the steam distillation of fir oil at the production site of the Sakhachev Industrial Forest Raw Materials Processing Plant. The paste was obtained from Siberian fir greenery collected near the village of Balakhton, Kozulsky District, Krasnoyarsk Region. Chemical analysis of the balsam fir paste revealed that it is a concentrate of essential organic and inorganic compounds and contains minerals with potential adaptogenic activity. The balsam paste contains ultra-microelements in combinations necessary for the functioning of antioxidant mechanisms in agroecosystems biosystems. The high content of biologically active components allows the balsam paste to be used with dilutions of at least 10 to 100 times. Biomodels were used to clarify the dilution range of the physiological effects of balsam paste on living systems. The chemical composition of balsam fir paste exceeded that of agronomic materials such as peat and vermiculite, given that the effective application dose range of balsam paste is in the millimeter range.

**Keywords:** balsamic fir paste, chemical profile of balsamic fir paste, germination energy, morphometry, antioxidant activity

**For citation:** Lesovskaya MI, Plekhanova LV. Chemical Profile and Biological Activity of Balsamic Fir Paste. *Bulletin of KSAU*. 2026;(6):77-90. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-6-77-90.

**Введение.** В ряду крупнейших лесных регионов России Красноярский край занимает второе место (107 млн га), уступая только Республике Якутия (154 млн га), причем 88 % лесной площади края занимают хвойные леса. Доминирующими бореальными породами являются лиственница (более 50 %), ель и пихта (около 17 %), сосна (12 %), кедр (более 9 %). В фундаментальных трудах сибирских ученых (С.М. Репях, Э.Д. Ле-

вин, Р.А. Степень, В.И. Ягодин, С.В. Ушанов) и их последователей показано, что прибыль от реализации продуктов глубокой переработки древесины кратно превышает аналогичную величину от продажи древесины и повышает ресурсный потенциал хвойного сырья [1].

Основные группы продуктов переработки древесной зелени с указанием соответствующих регламентов представлены на схеме (рис. 1).

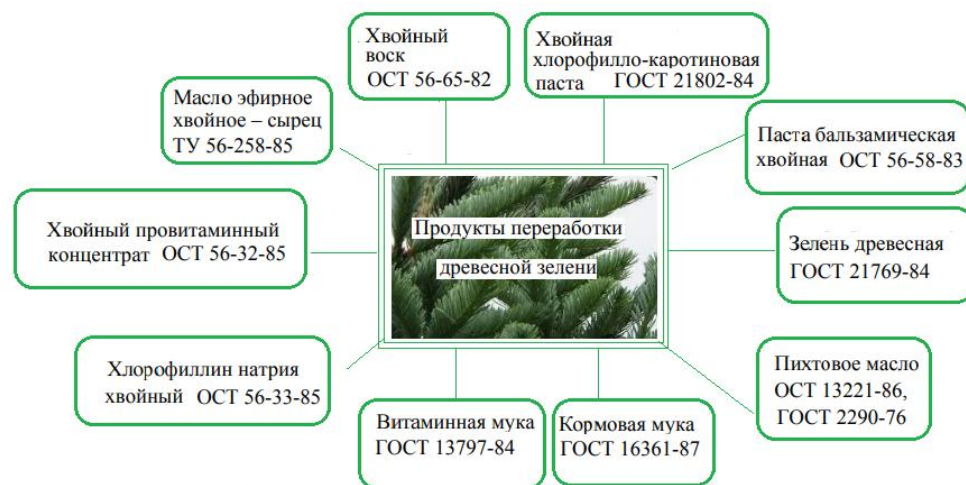


Рис. 1. Продукты переработки древесной зелени с соответствующими регламентами  
Products of coniferous biomass processed and the corresponding reglaments

На протяжении более чем шести десятилетий в нашей стране разрабатывали технологии производства эфирных масел, хвойных экстрактов и кормовой витаминной муки из хвои, или древесной зелени [2]. Начиная с 90-х гг. XX в. стали появляться разработки для получения новых продуктов из древесной зелени, напри-

мер хлорофилло-каротиновой пасты, а также таких побочных продуктов гидроdistилляции, как пароводяной конденсат с остаточным содержанием гидрофобных фракций без тяжелых смол (флорентинная вода) и хвойных экстрактов различной концентрации.

Хвойные экстракты используют не только в сфере зоотехнии, но и в фармацевтической и медицинской отраслях, например для внесения в состав зубных паст и лечебных бальзамов. Кроме того, в последнее время возникла концепция агротехнологического применения хвойных экстрактов в качестве стимуляторов метаболизма и роста для культурных растений в агроценозах [3]. Так, в работах исследователей Томского государственного университета *in situ* показано, что экстракты пихтовой хвои способствуют повышению урожайности полевых культур (соя, ячмень, пшеница), причем наибольшая эффективность соответствовала минимальным концентрациям растворов [4], тогда как повышение концентрации приводило к гибели семян. Выявлено, что действующим началом пихтового экстракта являются тритерпеновые кислоты (урсоловая, олеаноловая, бетулиновая). Помимо хвои, эти биологически активные соединения содержатся также в облепихе, клюкве, березовой коре, однако реальным источником является только хвоя, в составе которой тритерпены содержатся в технологически значимой концентрации. В настоящее время промышленного механизма извлечения тритерпеновых кислот из хвои не существует, поэтому исследовательская активность направлена на комплексные препараты.

Наряду с целевыми продуктами в процессе переработки древесной зелени по технологии совмещенной водно-бензиновой экстракции [5] образуется кубовый остаток в виде густой вязкой массы темного цвета с низкой текучестью и специфическим хвойным ароматом. Содержание сухих веществ в его составе достигает 20 % и выше в пересчете на абсолютно сухую массу; продукт определяют как «паста бальзамическая» [6]. В информационно-поисковой реферативной базе найден единственный патент на использование этого объекта в составе косметической трансдермальной композиции в массовой доле 0,1...0,2 % (RU 2835879 C1 от 28.02.2024). Применение бальзамической хвойной пасты в других отраслях, в первую очередь в агротехнике в качестве эффективного удобрения, подобно торфу или вермикулиту, в доступных источниках не обнаружено. Поскольку удобрения являются органическими и/или минеральными комплексами, вносимыми в почву для восполнения питательных веществ и стимулирования развития растений, можно допустить возможность подобного использования для бальзамической хвойной пасты. Для этого тре-

буется сравнить результаты химического анализа бальзамической пасты с аналогичными показателями эталонных удобрений, какими являются торф и вермикулит. Торф – это природное удобрение, представляющее собой комплекс продуктов биохимической деструкции органических остатков. Вермикулит – это природный гидрослюдайный минерал с высокой гигроскопичностью и сорбционной способностью, используемый в агротехнике после термической обработки. Кроме того, рассматривая бальзамическую пасту как перспективное удобрение, необходимо получить информацию о диапазоне эффективных физиологических доз данного материала, специфичных для биосистем. Химический состав торфа и вермикулита хорошо изучен, что позволяет опираться на опубликованные данные. Напротив, верифицированные сведения о биологической активности пихтовой пасты с использованием биомоделей в доступной литературе не обнаружены, что делает исследования в данном направлении актуальными, инновационными и практически значимыми.

**Цель исследования** – выявление биологической активности бальзамической пихтовой пасты как потенциального удобрения в условиях различных биомоделей с учетом химического профиля объекта.

**Задачи:** анализ химических показателей бальзамической пихтовой пасты с использованием литературных данных в отношении эталонных удобрений (торф, вермикулит); оценка биологической активности пихтовой бальзамической пасты на дозовых интервалах «милли», «санти», «деци» с использованием биомоделей герминации (скорость прорастания семян) и клеточного дыхания (дрожжевая манометрия); определение дозовой зависимости антиоксидантной активности пихтовой бальзамической пасты в модели свободнорадикальных химических процессов (модель Фентона).

**Объекты и методы.** Объект исследования – бальзамическая пихтовая паста, предоставленная для исследования ООО «Универсал Крайпотребсоюз». Бальзамическая пихтовая паста (далее – БПП) была получена в качестве побочного продукта в процессе проведения паровой дистилляции пихтового масла на производственной площадке цеха по переработке лесного технического сырья (ИП Сахачев) из древесной зелени пихты сибирской, собранной у села Балахтон Козульского района Красноярского края.

Анализ химического состава бальзамической пасты был проведен в лаборатории Научно-исследовательского испытательного центра Красноярского ГАУ (протокол № 59/25). Анализ катионного и анионного состава проводили с помощью системы капиллярного электрофореза («Капель», «Люмэкс», Россия). Содержание общего азота оценивали методом Кьельдаля с использованием автоматического дистиллятора со встроенным титратором UDK 159 Automatic Distillation&Titration System (Velp Scientifica, Италия). Массовую долю фосфора в пробах определяли по ГОСТ 31753-2012 на спектрофотометре ПЭ-5300 ВИ («Экохим», Россия). Определение минерального состава проб проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии по ГОСТ 32343-2013 на спектрометре атомно-абсорбционном PinAAcle 900T (Perkin Elmer, США).

Измерения антиоксидантной активности проводили на базе Инжинирингового центра Красноярского ГАУ методом хемилюминесцентного анализа с помощью PC-управляемого анализатора «Биохемилюминометр 3607» (СКТБ «Наука», Красноярск, Россия). Метод основан на измерении люминол-опосредованной хемилюминесценции (ХЛ) в системе Фентона при разложении пероксида водорода, инициированном ионами двухвалентного железа. Регистрируемыми параметрами были интенсивность хемилюминесценции (I, имп/с) и светосумма квантов (S, имп.) за время наблюдения (114 с). Показатели нормировали по уровню контроля. Методика подробно описана [7].

Для оценки результатов физико-химического анализа хвойной пасты как перспективного удобрения использовали в качестве фона опубликованные и справочные данные по двум видам натуральных агротехнических материалов (торф и вермикулит) с контрастными свойствами.

Для оценки биологической активности БПП использовали биомодели герминации семян и дрожжевого дыхания.

Герминация (лат. *germinatio*) – это прорастание семян, начальный этап онтогенеза растений с образованием проростка. Процесс регулируется доступностью влаги, кислорода, света, оптимальной температурой и влиянием фитостимуляторов. В число последних входят не только биогенные гормоны роста, но и экзогенные гуморальные факторы, в качестве которых

можно тестировать различные вещества и биоконплексы. Биотестирование проводили с учетом регламента ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». В качестве тест-объектов использовали семена овса и ячменя. Энергия прорастания семян – это показатель способности к быстрому и дружному прорастанию за стандартный срок (3–5 сут), выраженный в процентах. В отличие от всхожести, определяющей общее количество проросших семян за длительный срок, энергия прорастания характеризует наиболее активную долю выборки в начале прорастания. Уровень фитотоксичности фиксировали при концентрации БПП, вызывающей подавление роста на 50 % от контроля [8].

На полосках фильтровальной бумаги, смоченных в растворах БПП различной кратности разбавления (милли, санти, деци), раскладывали в один ряд по 100 отборных семян, удаляя семена с механическими повреждениями и признаками порчи. Затем бумажные полосы сворачивали в рулон и вертикально размещали в контейнере, опустив один край рулона в кювету с раствором БПП, полученным в следующих градациях разбавления: 1/1000 (милли), 1/100 (санти), 1/10 (деци). Контролем служила вода дистиллированная. Результаты опыта регистрировали на 4-е сут от момента закладки опыта. Учитывали число биоактивированных (проросших) семян, длину проростков и длину корешков.

При моделировании процесса клеточного дыхания использовали газометрическую установку Варбурга для манометрического измерения количества углекислого газа, продуцированного дрожжами *Saccharomyces cerevisia* (тест-объект) в ходе аэробной фазы утилизации сахарозы [9]. Уникальность дрожжей как тест-объекта определяется соединением клеточного и организменного уровней организации живой материи, что позволяет экстраполировать закономерности метаболических реакций на других эукариот. Суспензию дрожжей (Saf-Instant, «Саф-Нева», Россия) с массовой долей 6- и 10 %-й раствор сахарозы готовили в дистиллированной воде, подогретой до 40 °С. Биомодель представляла собой соединение дрожжевой суспензии и раствора сахарозы в соотношении 1 : 1 (контроль) или тестируемую смесь «дрожжи + сахароза + БПП» (1 : 1 : 1) в трех вариантах, соответствующих степени раз-

бавления БПП (деци, санти, милли). Тестируемую смесь вносили в пробирку со шлифом, соединяли с газометрической частью, засекали время и вели отсчет скорости повышения уровня столба манометрической жидкости (мм вод. ст.). Длительность эксперимента составляла 12 мин. Эксперименты повторяли трижды. Обработку результатов проводили методом вариационной статистики с использованием параметрических показателей (средняя, размах, дисперсия, ошибка средней). Оценку различий средневыворочных значений проводили с применением критерия Стьюдента при уровне доверительной вероятности 95 %.

## Результаты и их обсуждение.

*Химический профиль бальзамической пихтовой пасты*

Результаты исследования химического состава пихтовой бальзамической пасты представлены в таблицах 1–3, где полученные значения сопоставлены с литературными данными по составу природного удобрения (торф) и искусственного улучшителя почвы (вермикулит).

Как следует из данных таблицы 1, содержание общего азота в БПП (0,4 %) сопоставимо с нижней границей диапазона показателей для торфа (0,5 %).

Таблица 1

**Химические показатели зольности, кислотности и содержания азота в составе бальзамической пихтовой пасты на фоне торфа и вермикулита**  
**Chemical indicators of ash content, acidity and nitrogen content in the composition of balsam fir paste against the background of peat and vermiculite**

| Показатели            | Данные анализа                      | Данные литературы    |                    |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------|
|                       | Бальзамическая пихтовая паста (БПП) | Торф [10, 11, 18–20] | Вермикулит [13–15] |
| Зола, %               | 4,07                                | 32                   | –                  |
| Массовая доля воды, % | 41                                  | –                    | 8                  |
| Кислотность, pH       | 3,83                                | 2,5...6,5            | 6,5...7,5          |
| Азот, %               | 0,40                                | 0,5...3,8            | –                  |
| Карбамид, %           | 83,90                               | отсутствует          | –                  |
| Амидный азот, %       | 39,18                               | отсутствует          | –                  |

Высокое содержание карбамида (83,90 %) и амидного азота (39,18 %) является безусловным преимуществом БПП как потенциального удобрения, поскольку в чистом природном торфе карбамид (мочевина) отсутствует. При производстве питательных почвогрунтов для рассады или саженцев карбамид вносят в торф в виде искусственной азотной добавки, массовая доля которой обычно составляет от 0,5 до 4 %. Судя по результатам анализа, использование БПП не только не требует обогащения карбамидом, но, напротив, требует разбавления этого природного концентрата с кратностью от 20 до 168 раз и способно обеспечить растения в агроценозе азотом в химической форме, легко трансформируемой почвенными бактериями в аммонийные и нитратные соединения. При использовании карбамида необходимо его растворять, тогда как в сос-

таве БПП азот уже находится в сольватированном состоянии, поэтому можно предполагать, что при заделке в почву или компост потери азота будут минимизированы.

Судя по результатам анализа, БПП имеет кислую реакцию (pH 3,83) в отличие от слабокислого торфа и нейтрального вермикулита. Это объясняется низким содержанием в БПП кальция, тогда как в удобрениях кратность превышения этого уровня составляет 2,8 (торф) и 14,7 (табл. 2); для сравнения использованы данные [10, 11].

В таблице 2 приведены результаты измерения содержания биогенных микроэлементов и приоритетных экотоксикантов (свинец, кадмий) в составе бальзамической пихтовой пасты в сравнении с опубликованными данными других авторов по составу торфа и вермикулита.

**Содержание биогенных элементов и экотоксикантов  
в составе бальзамической пихтовой пасты на фоне торфа и вермикулита, мг/кг  
The amount of biogenic elements and ecotoxics in balsam fir paste  
against a background of peat and vermiculite, mg/kg**

| Показатель                        | Данные анализа                         | Данные литературы       |                       |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|                                   | Бальзамическая паста<br>пихтовая (БПП) | Торф<br>[10, 11, 18–20] | Вермикулит<br>[13–15] |
| <b>Биогенные элементы</b>         |                                        |                         |                       |
| Кальций                           | 1498,00                                | 4178,00                 | 22000                 |
| Фосфор                            | 770,30                                 | 521,00                  | <0,07                 |
| Магний                            | 2339,00                                | 1800,00                 | 14000                 |
| Железо                            | 338,90                                 | 136,00                  | 18000                 |
| Калий                             | 14230,00                               | 1500,00                 | до 15000              |
| Натрий                            | 358,60                                 | 8,40                    | 100                   |
| Никель                            | 8,28                                   | 4,18                    | 7,65                  |
| Цинк                              | 38,95                                  | 20,51                   | 0,1                   |
| Медь                              | 6,07                                   | 7,18                    | 0,775                 |
| Хром                              | 3,62                                   | 2,86                    | 0,0001                |
| Марганец                          | 355,20                                 | 344,00                  | 257,50                |
| Кобальт                           | 1,64                                   | 1,48                    | 0,0001                |
| <b>Экотоксиканты, в том числе</b> |                                        |                         |                       |
| Свинец                            | 0,366 (ПДК 6)                          | 1,750                   | 0                     |
| Кадмий                            | 0,207 (ПДК 1)                          | 0,280                   | 0                     |

По содержанию фосфора БПП отчетливо превосходит оба вида удобрений. Вермикулит не используется в качестве фосфорного удобрения, поскольку его кристаллическая решетка состоит из кремния, алюминия, магния и железа, а фосфор встречается в следовых количествах (менее 1 %). Основная функция вермикулита – разрыхление почвы; он является источником магния, калия и кальция, которые присутствуют в доступных формах и значительно больше в количестве, чем в БПП и торфе. По данным элементам минеральное удобрение вне конкуренции. Однако конкуренция бальзамической пасты с торфом вполне состоятельна. Из данных таблицы 2 следует, что по содержанию магния БПП превосходит торф в 1,3 раза, по содержанию железа – в 2,5 раза, по содержанию калия – в 9,5 раз, причем по уровню калия БПП соответствует вермикулиту. Для сравнения использованы данные [12, 13]. Калий входит в число эссенциальных микроэлементов как регулятор осмоса и фотосинтеза, поэтому особенно важен для молодых тканей и плодов.

Бальзамическая паста обогащена никелем и цинком, которые являются ультрамикроэлементами-кофакторами в ферментативных редокс-процессах, обеспечивающих метаболизм желе-

за, фолиевой кислоты и витамина В<sub>12</sub>, обратимое окисление аскорбата и сульфгидрильных групп [14, 15]. Содержание никеля в БПП в два раза превосходит содержание в торфе и соответствует вермикулиту; содержание цинка в БПП на 47 % выше, чем в торфе, и на три порядка выше, чем в вермикулите. Цинк является кофактором ряда ферментов-оксидаз, например о-дифенолоксидазы, у растений, а также регулирует активность фермента дыхательной цепи – цитохром-с-оксидазы, снижая избыточную продукцию активных форм кислорода [16].

БПП сопоставима с обоими видами удобрений по функциональной способности концентрировать ионы меди. Из данных таблицы 2 видно, что содержание меди БПП и торфе сходно. Указанное для вермикулита значение (0,775) относится к интактному материалу и является условным. Действительно, медь не входит в состав вермикулита как основной компонент. В то же время как эффективный природный сорбент вермикулит имеет высокую катионообменную емкость и способен удерживать ионы меди (II) на уровне около 6,0 г% при сорбции, т. е. на уровне, сопоставимом с БПП и торфом. Накопление микроэлемента имеет большое значение для антиоксидантной системы, поскольку

медь наряду с цинком входит в активный центр фермента супероксидсмутазы (СОД) и разрушает супероксид-анион-радикал при его избыточной продукции в биосистемах [17]. По содержанию марганца БПП не уступает показателям обоих удобрений. По содержанию хрома показатели БПП соизмеримы с торфом и превышают данные по вермикулиту на четыре порядка.

Вермикулит является химически инертным, поэтому не накапливает соли и тяжелые металлы. В составе БПП, как и в составе торфа, присутствуют разнообразные органические хелаторы (полисахариды, полифенолы, лигнинные вещества, гуминовые вещества, азотсодержащие вещества, производные хлорофилла, смолные кислоты и т. д.) [18, 19]. При этом БПП

значительно менее, чем торф, подвержена накоплению экотоксикантов свинца и кадмия [20]. Согласно ГН 2.1.7.2041-06, предельно допустимая концентрация валового свинца в почве составляет 32 мг/кг. Для подвижных форм свинца, наиболее опасных для растений, норматив более жесткий, он установлен на уровне 6,0 мг/кг. Из данных таблицы 2 видно, что торф в форме удобрения надежно соответствует этому нормативу, а бальзамическая паста с еще более высоким запасом проходит в установленный коридор безопасных значений по свинцу и кадмию.

В таблице 3 приведены значения ионного состава бальзамической пихтовой пасты в сравнении с торфом и вермикулитом.

Таблица 3

**Ионный состав бальзамической пихтовой пасты в сравнении с торфом и вермикулитом**  
**Ionic composition of balsam fir paste compared to peat and vermiculite**

| Показатель                    | Данные анализа                      | Данные литературы    |                    |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------|
|                               | Бальзамическая паста пихтовая (БПП) | Торф [10, 11, 18–20] | Вермикулит [13–15] |
| Катионы                       |                                     |                      |                    |
| Na <sup>+</sup>               | 0,018                               | 0,010                | 0,001              |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0,019                               | 0,015                | 240                |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0,018                               | 0,010                | 240                |
| K <sup>+</sup>                | 1,020                               | 0,020                | 2,72               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,510                               | 0,490                | –                  |
| Li <sup>+</sup>               | Ниже порога определения             | < 0,001              | –                  |
| Sr <sup>2+</sup>              | Ниже порога определения             | < 0,001              | –                  |
| Анионы                        |                                     |                      |                    |
| F <sup>-</sup>                | 0,083                               | 0,011                | 0,001              |
| Cl <sup>-</sup>               | 0,118                               | 0,030                | 0,010              |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0,096                               | 0,030                | 0,001              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,202                               | 0,270                | 0,010              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,034                               | 0,030                | Отсутствуют        |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | Ниже порога определения             | –                    | Отсутствуют        |

Из полученных данных видно, что показатели БПП сопоставимы с показателями торфа по всем рассмотренным катионам и уступают вермикулиту только по катионам магния, кальция и калия, что обусловлено особенностями строения кристаллической решетки гидрослюда. Содержание всех анионов в БПП на порядок выше, чем в вермикулите. По содержанию нитрат-анионов показатели БПП сопоставимы с торфом. По содержанию фторид-, хлорид-, сульфат- и нитрат-анионов показатели БПП превышают таковые для торфа на 13 %; 25; 31 % соответственно. Только по содержанию фосфат-анионов показатели БПП уступают торфу (ниже на 25 %).

Выше было показано (см. табл. 1), что массовая доля фосфора в составе БПП на 32 % выше, чем в торфе. Можно полагать, что этот микроэлемент содержится в хвойной пасте в структуре трудногидролизуемых соединений, не подлежит быстрому вымыванию из субстрата, который в соответствии с критериями «умного удобрения» [21] регулирует скорость поступления в почву важного компонента питания растений.

Таким образом, химический анализ бальзамической пасты пихтовой показал, что данный природный комплекс является концентратом эссенциальных соединений органической и неорганической природы, содержит минераль-

ные вещества с потенциальной адаптогенной активностью. В частности в составе БПП присутствуют ультрамикроэлементы в сочетаниях, необходимых для функционирования антиоксидантных механизмов в биологических системах агроценозов. Высокое содержание биологически активных компонентов позволяет использовать бальзамическую пасту при кратности разбавления от 20...160 и выше. Для определения диапазона разбавления, соответствующего физиологичному влиянию бальзамической пасты в качестве природного стимулятора, необходимым этапом являлась оценка биологической активности объекта в условиях биомоделей.

#### Биологическая активность БПП в модели герминации

На рисунке 2 отображены результаты оценки энергии прорастания злаковых тест-культур (ячмень, овес) под влиянием различных доз препарата БПП.

Из рисунка 2 видно, что в области санти- и миллидозового диапазона наблюдается активная герминация семян. Напротив, в деци-диапазоне прорастание семян практически отсутствует. Эксперимент был повторен дважды. Данные статистической обработки результатов приведены на рисунке 3.

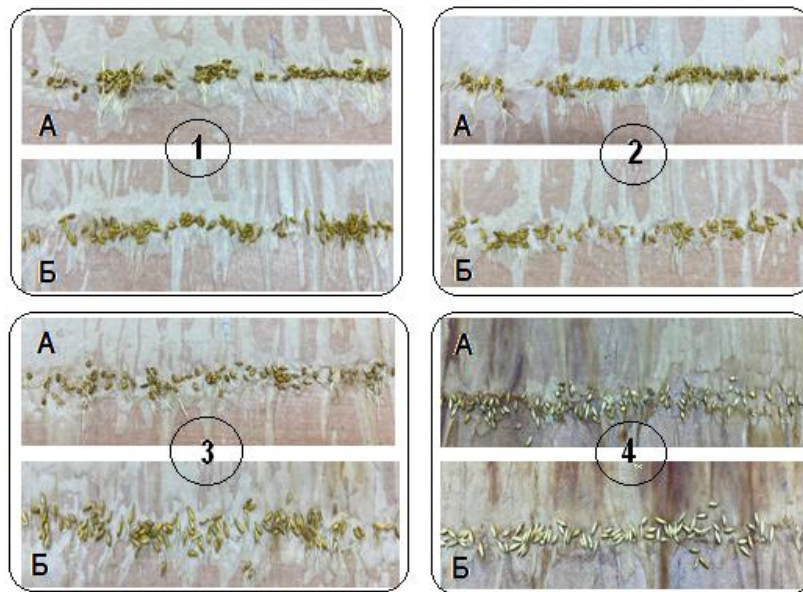


Рис. 2. Энергия прорастания семян ячменя и овса под влиянием различных доз БПП:  
А – ячмень; Б – овес; 1 – контроль (вода); 2 – миллидоза; 3 – сантидоза; 4 – децидоза  
Germination energy of barley and oat seeds under the influence of different doses of balsam fir paste:  
А – barley; Б – oats; 1 – control (water); 2 – millidose; 3 – centidose; 4 – decidose

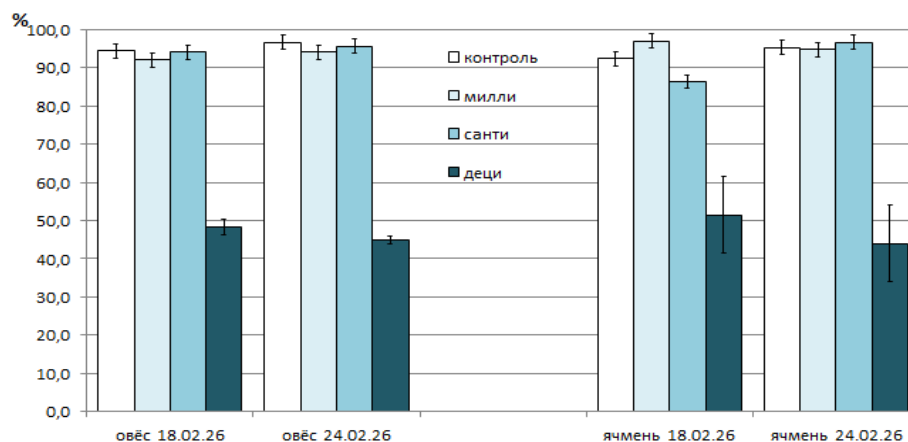


Рис. 3. Дозовая зависимость энергии прорастания семян злаков под влиянием бальзамической пихтовой пасты  
Dose-dependent effects on the germination rate of cereal seeds under the influence of balsam fir paste

Из рисунка 3 видно, что при двух градациях разбавления (милли- и санти-) независимо от вида зерновой культуры семена имеют энергию прорастания, сопоставимую с контролем. В деци-диапазоне наблюдался эффект фитотоксичности: снижение энергии прорастания состави-

ло в двух экспериментах для зерновок овса 46 и 48 % ( $p < 0,05$ ), для зерновок ячменя – 50 и 43 % ( $p < 0,05$ ). Таким образом, при использовании БПП в агротехнике необходимо использовать дозовый диапазон не ниже санти-уровня.

Сила роста всходов отображена на рисунке 4.

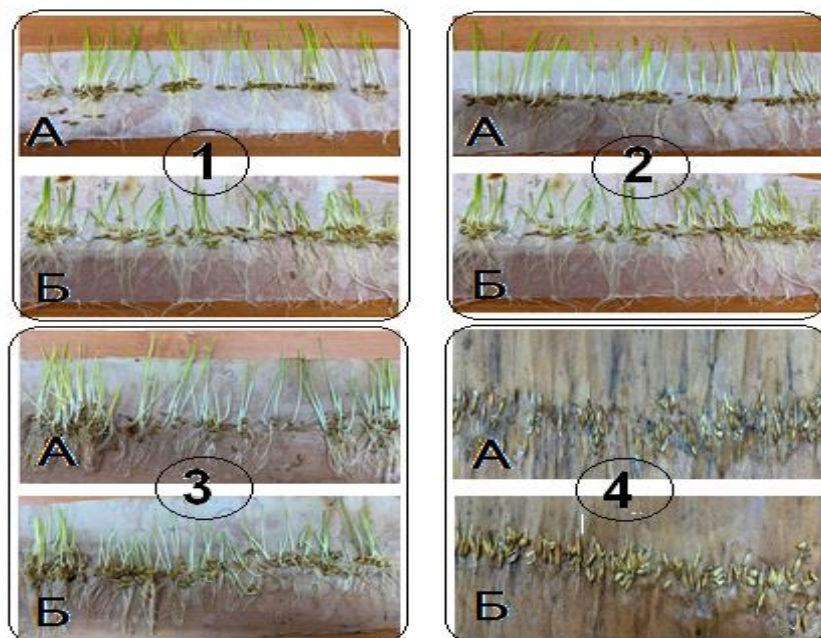


Рис. 4. Сила роста всходов ячменя и овса под влиянием различных доз БПП:  
А – ячмень; Б – овес; 1 – контроль (вода); 2 – миллидоза; 3 – сантидоза; 4 – децидоза  
Growth force of barley and oat seedlings under the influence of different doses of BFP:  
A – barley; B – oats; 1 – control (water); 2 – millidose; 3 – centidose; 4 – decidose

Из приведенных на рисунке 4 данных видно, что вегетационная активность проростков снижается в обратной зависимости от доз БПП. Си-

ла роста оценивалась по морфометрическим показателям проростков, результаты отображены на рисунке 5.

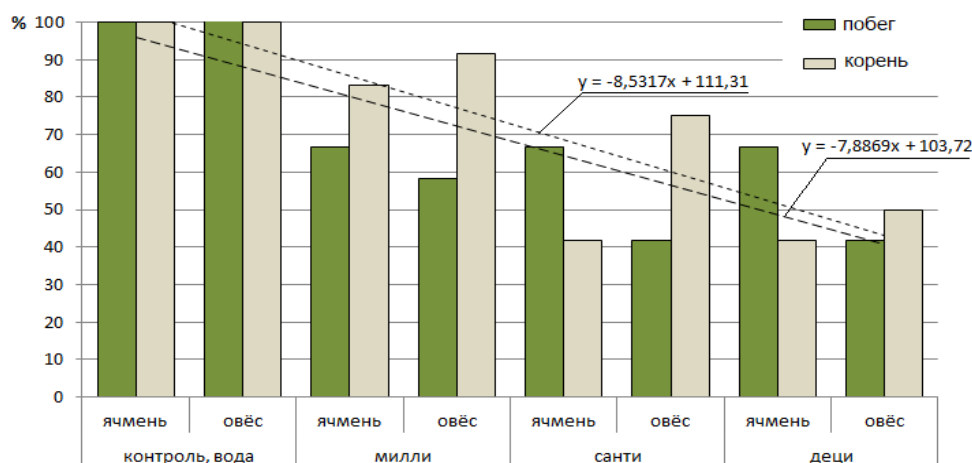


Рис. 5. Дозовая зависимость и линии трендов морфометрии вегетативных частей всходов под влиянием БПП  
Dose dependence and trend lines of morphometry of vegetative parts of seedlings under the influence of BFP

Из рисунка 5 и приведенных уравнений трендов видно, что сила роста убывает обратно пропорционально при возрастании дозовых градаций БПП от «милли» к «деци» с сопоставимой скоростью, на что указывают близкие значения угловых коэффициентов уравнений. В дозовой области «милли» среднее значение показателей вегетативных частей составляло 75 %, «санти» – 56 % и «деци» – 50 %. Таким образом, судя по морфометрическим показателям, физиологич-

ному диапазону развития проростков соответствуют дозы БПП на порядок ниже (милли), чем для энергии прорастания (санти), тогда как область доз «деци» можно характеризовать как фитотоксичную.

#### Биологическая активность БПП в модели дрожжевой манометрии

Результаты исследования зависимости дрожжевого дыхания от различных доз бальзамической пихтовой пасты отображены на рисунке 6.

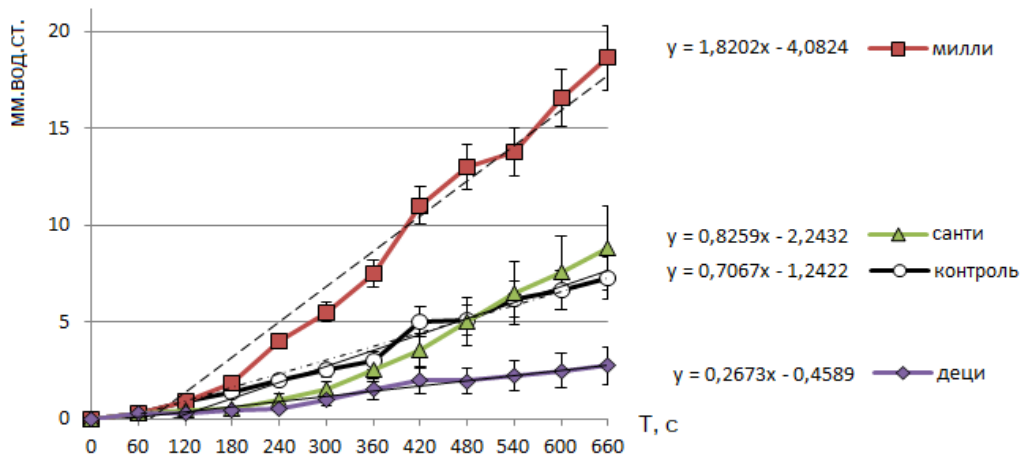


Рис. 6. Влияние бальзамической пихтовой пасты на дыхательную активность дрожжей  
Influence of balsam fir paste on the respiratory activity of yeast

Из рисунка 6 и приведенных уравнений трендов видно, что скорость продукции углекислого газа в дрожжевой модели линейно зависит от количества БПП. Судя по величине угловых коэффициентов, метаболическая активность дрожжевых клеток под влиянием доз градации «милли» в 2,6 раза превосходит соответствующую величину в контроле, тогда как газообразующая активность дрожжей под влиянием дозы «санти» достоверно не отличалась от контроля, а под влиянием дозы «деци» была в 2,3 раза ниже. Таким образом, результаты эксперимента с использованием дрожжевой модели хорошо согласуются с результатами морфометрии вегетативных частей проростка, указывающими, что миллидозы БПП способствуют более высокой скорости метаболических реакций в биосистемах.

#### Антиоксидантная активность БПП в модели Фентона

Результаты оценки антиоксидантной активности БПП на различных дозовых интервалах

приведены на рисунке 7, из которого следует, что при разбавлении препарата в дозовом диапазоне 1 : 10...1 : 80 наблюдается эффект практически полного подавления свободнорадикальной продукции (рис. 7, А). Регистрируемый уровень светосуммы под влиянием БПП составлял величину от 98 % (кратность разбавления – 1 : 10) до 94 % (кратность разбавления – 1 : 80) (рис. 7, Б). Эффект ингибирования свободнорадикальной продукции можно расценить как токсичный. Свободные радикалы (активные формы кислорода, АФК) в физиологических дозах являются биохимическими регуляторами метаболизма. Полное прекращение их продукции не свойственно биосистемам. Опасной является лишь избыточная продукция АФК, когда антиоксидантные системы не успевают восстанавливаться и нарушение баланса приводит к окислительному стрессу. В такой ситуации необходимы экзогенные антиоксиданты, снижающие продукцию АФК в интервале от 20 до 80 %.

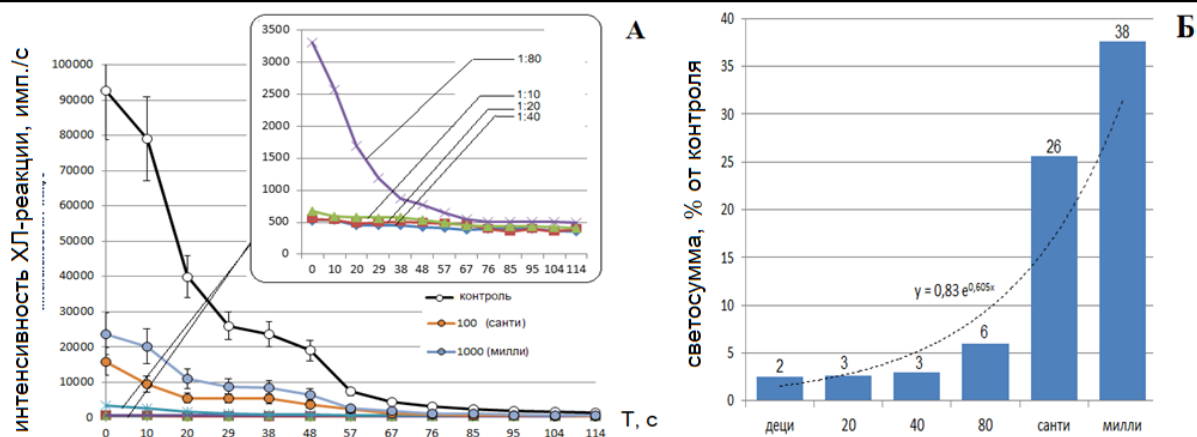


Рис. 7. Дозовая зависимость и линия тренда антиоксидантной активности бальзамической пихтовой пасты в модели Фентона:

А – интенсивность продукции свободных радикалов; Б – светосумма ХЛ-реакции  
 Dose dependence and trend line of antioxidant activity of balsam fir paste in the Fenton model:  
 А – intensity of free radical production; Б – light sum of the CL reaction

На рисунке 7, Б видно, что под влиянием препаратов БПП при кратности разбавления санти- (снижение на 74 %) и милли- (снижение на 62 %) наблюдалось снижение продукции АФК, которое укладывалось в «коридор» физиологических значений. Таким образом, при использовании бальзамической пихтовой пасты регуляторный эффект в биосистемах без риска нарушения гомеостаза можно прогнозировать при кратности разбавления пасты не ниже 1 : 1000.

### Заключение

1. Химический анализ бальзамической пасты пихтовой показал, что материал является концентратом эссенциальных соединений органической и неорганической природы, содержит минеральные вещества с потенциальной адаптогенной активностью. В составе БПП присутствуют ультрамикроэлементы в сочетаниях, необходимых для функционирования антиоксидантных механизмов в биосистемах агроценозов. По набору и содержанию микроэлементов БПП превосходит характеристики таких агротехнических материалов, как торф и вермикулит. Высокое содержание биологически активных компонентов позволяет использовать бальзамическую пасту при кратности разбавления не ниже чем в 100 раз.

2. В модели герминации была выявлена обратная зависимость между энергией прорастания и дозовым диапазоном БПП. В отличие от доз «милли» и «санити», под влиянием дозы «деци» наблюдалось снижение энергии прорас-

тания для зерновок овса 46...48 %, для зерновок ячменя – 43...50 %. Сила роста также обратно пропорционально убывала от градации «милли» к «деци». В дозовой области «милли» средняя величина вегетативных частей относительно контроля составляла 75 %, «санити» – 56 % и «деци» – 50 %. Физиологическому диапазону развития проростков соответствовали дозы БПП на порядок ниже («милли»), чем для энергии прорастания («санити»), тогда как область доз «деци» можно характеризовать как фитотоксичную.

3. В модели дрожжевой манометрии скорость продукции углекислого газа линейно зависела от дозы БПП. Судя по величине угловых коэффициентов, рассчитанных по линии тренда, метаболическая активность дрожжевых клеток под влиянием доз градации «милли» в 2,6 раза превосходила соответствующую величину в контроле, тогда как газообразующая активность дрожжей под влиянием дозы «санити» достоверно не отличалась от контроля, а под влиянием дозы «деци» была в 2,3 раза ниже. Это означало, что «милли»-диапазон БПП способствовал наиболее высокой скорости метаболических реакций в биосистемах.

4. Результаты измерения антиоксидантной активности позволили выявить интервал эффективных доз бальзамической пихтовой пасты. Под влиянием препаратов БПП в дозовом диапазоне «деци» (1 : 10; 1 : 20; 1 : 40; 1 : 80) достигалось практически полное торможение продукции активных форм кислорода (АФК) в модели Фентона

(снижение на 94...98 %), что соответствует деструктивным нарушениям гомеостаза. Под влиянием препаратов БПП в дозовых диапазонах «санти» и «милли» наблюдалось снижение избыточной продукции АФК на 74 и 62 % соответственно, что укладывается в «коридор» физиоло-

гичных значений и соответствует регуляторному влиянию антиоксидантов.

5. По химическому составу БПП превосходит характеристики таких агротехнических материалов, как торф и вермикулит, с учетом того, что областью эффективных доз применения бальзамической пасты является милли-диапазон.

### Список источников

1. Зырянов М.А., Медведев С.О., Мохирев А.П. Повышение ресурсного потенциала древесного сырья // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2024. № 4. С. 193–201. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-193-201.
2. Валеев К.В., Зиятдинова Д.Ф., Сафин Р.Г. Обзор исследований в области извлечения биологически активных веществ из хвойных пород древесины // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 4. С. 159–164. DOI: 10.18324/2077-5415-2024-4-159-164.
3. Чернобровкина Н.П., Егорова А.В., Робонен Е.В., и др. Синтетические и природные регуляторы роста растений для выращивания семян древесных пород // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2025. № 3. С. 20–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-3-20-51.
4. Горбылева Е.Л., Боровский Г.Б. Биостимуляторы роста и устойчивости растений терпеноидной природы и другие биологические соединения, полученные из двойных пород // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. № 4. С. 32–41. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-4-32-41.
5. Степень Р.А., Воронин В.М., Соболева С.В. Биологически активные вещества древесной зелени пихты и область их применения // Хвойные бореальной зоны. 2017. Т. XXXV, № 3-4. С. 120–124.
6. Хуршайнен Т.В., Терентьев В.И., Скрипова Н.Н., и др. Химический состав отходов переработки хвойного сырья // Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 233–239. DOI: 10.14258/jcprm.2019014264.
7. Лесовская М.И. Антиоксидантная активность цианогенного растительного сырья // The Scientific Heritage. 2020. № 55-1. С. 37–41. EDN: OEBTBD.
8. Плеханова И.О., Золотарёва О.А., Тарасенко И.Д. Применение методов биотестирования при оценке экологического состояния почв // Вестник Московского университета. 2018. Серия 17. № 4. С. 36–45.
9. Гаранин А.А., Громова О.А., Богачева Т.Е. Экспериментальные модели старения // Фармакокинетика и фармакодинамика. 2024. № 4. С. 17–21. DOI: 10.37489/2587-7836-2024-4-17-21. EDN: VMQTRD.
10. Чевычелов А.П., Захарова О.Г. Фосфатное сырье Якутии и возможности его использования в качестве удобрений и мелиорантов // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 80–83. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-014.
11. Оразгельдиева Д., Эсенов Я., Баядова Т. Химический состав гуминовых кислот торфов // IN SITU. 2023. № 10. С. 74–76.
12. Бастаева Г.Т., Несват А.П., Лявданская О.А., и др. Перспективность использования почвогрунтов на основе компостов в городском озеленении // Известия ОГАУ. 2022. № 6. С. 30–37. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-30-37.
13. Очилов С.У.У., Алланиязов Д.О., Каландарова Ф.К.К., и др. Физико-химические свойства и минералогическая характеристика вермикулита Тебинбулакского месторождения // Universum: технические науки. 2025. № 12. С. 59–63. DOI: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21485.
14. Савинова А.А., Фалынскова Н.П. Биогенные элементы в окружающей среде и в живых организмах // Инновационная наука. 2021. № 5. С. 25–28.
15. Машрыков А., Сапаров С., Какарова С., и др. Роль минеральных веществ в питании растений // Символ науки. 2024. № 5-2-2. С. 65–67.
16. Касумова А.А., Бадалова Ж.М., Гусейнова К.Х. Изучение влияния природного ингибитора на активность о-дифенолоксидазы // Вестник науки. 2025. № 9. С. 696–714.

17. Городничева Е.А., Крылов А.А. Окислительный стресс, активные формы кислорода. антиоксидантная система клеток // Вестник науки. 2024. № 1. С. 840–845.
18. Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Суслов А.А., и др. Торф – основа для производства нового высокоэффективного органоминерального комплекса Геотон // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2018. № 3. С. 24–28.
19. Маслов С.Г., Инишева Л.И., Шукина К.Е. Исследование состава торфов верхового болота // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 238–232. DOI: 10.14258/jcprm.201803762.
20. Новоселова Е.С. Содержание и распределение тяжелых металлов (цинка, меди, свинца и кадмия) в торфяных почвах осушенных болот Кировской области // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2024. Vol. 9. DOI: 10.21685/2500-0578-2024-3-5.
21. Пироговская Г.В. «Умные» удобрения // Наука и инновации. 2020. № 5. С. 28–32. DOI: 10.29235/1818-9857-2020-5-28-32.

## References

1. Zyryanov MA, Medvedev SO, Mokhirev AP. Increasing the resource potential of wood raw materials. *Russian Forestry Journal*. 2024;4:193-201. (In Russ.). DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-193-201.
2. Valeyev KV, Ziatdinova DF, Safin RG. Review of research in the field of extraction of biologically active substances from coniferous wood species. *Systems. Methods. Technologies*. 2024;4:159-164. (In Russ.). DOI: 10.18324/2077-5415-2024-4-159-164.
3. Chernobrovkina NP, Yegorova AV, Robonen EV, et al. Synthetic and natural plant growth regulators for growing seedlings of tree species. *Russian Forestry Journal*. 2025;3:20-51. (In Russ.). DOI: 10.37482/0536-1036-2025-3-20-51.
4. Gorbyleva EL, Borovsky GB. Growth and stability biostimulators for plants containing terpenoids and other biologically-active compounds. *Proceedings of universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2018;4:32-41. (In Russ.). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-4-32-41.
5. Stepen RA, Voronin VM, Soboleva SV. Biologicheski aktivnyye veshchestva drevesnoy zeleni pikhty i oblast ikh primeneniya. *Conifers of the boreal area*. 2017;35(3-4):120-124. (In Russ.).
6. Khurshkaynen TV, Terentyev VI, Skripova NN, et al. Khimichesky sostav otkhodov pererabotki khvoy-nogo syrya. *Khimiya rastitelnogo syrya*. 2019;1:233-239. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019014264.
7. Lesovskaya MI. Antioksidantnaya aktivnost tsianogennogo rastitelnogo syrya. *The Scientific Heritage*. 2020;55-1:37-41. (In Russ.). EDN: OEBTBD.
8. Plekhanova IO, Zolotaryova OA, Tarasenko ID. Application of Biotasting methods at assessment ecological state of Soils. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2018;17(4):36-45. (In Russ.).
9. Garanin AA, Gromova OA., Bogacheva TE. Experimental models of Aging. *Pharmacokinetics and Pharmacodynamics*. 2024;17-21. (In Russ.). DOI: 10.37489/2587-7836-2024-4-17-21. EDN: VMQTRD.
10. Chevychelov AP, Zakharova OG. Phosphate raw materials of Yakutia and possibility of its use as fertilizers and ameliorants. *Agrochemical herald*. 2021;5:80-83. (In Russ.). DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-014.
11. Orazgeldiyeva D, Esenov YA, Bayadova T. Khimichesky sostav guminovykh kislot torfov. *IN SITU*. 2023;10:74-76. (In Russ.).
12. Bastayeva GT, Nesvat AP, Lyavdanskaya OA, et al. The prospects of using compost-based soils in urban landscaping. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;6:30-37. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-30-37.
13. Ochilov SUU, Allaniyazov DO, Kalandarova FK, et al. Physical and Chemical properties and mineralogical characteristics of vermiculite of tebinbulak field. *Universum: technical sciences*. 2025;12:59-63. (In Russ.). DOI: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21485.
14. Savinova AA, Falynskova NP. Biogenic elements in the environment and in living organisms. *Innovation science*. 2021;5:25-28. (In Russ.).
15. Mashrykov A, Saparov S, Kakarova S, et al. Role of mineral substances in plant nutrition. *Symbol of science: international scientific journal*. 2024;5-2-2:65-67. (In Russ.).

16. Kasumova AA, Badalova ZHM, Guseynova KK. Studying effect of natural inhibitor on o-diphenol oxidase activity. *Science bulletin*. 2025;9:696-714. (In Russ.).
17. Gorodnicheva EA, Krylov AA. Cellular antioxidant system. *Science bulletin*. 2024;1:840-845. (In Russ.).
18. Ratnikov AN, Sanzharova NI, Suslov AA, et al. Peat as a basis for the production of a new highly efficient organo-mineral complex geoton. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2018;3:24-28. (In Russ.).
19. Maslov SG, Inisheva LI, Shchukina KE. Issledovaniye sostava torfov verkhovogo bolota. *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 2018;3:238-232. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.201803762.
20. Novoselova ES. Content and distribution of heavy metals (zinc, copper, lead and cadmium) in peat soils of drained marshes of the Kirov Region. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2024;9:89-95. (In Russ.). DOI: 10.21685/2500-0578-2024-3-5.
21. Pirogovskaya GV. Smart fertilizers. *The Science and Innovations*. 2020;5:28-32. (In Russ.). DOI: 10.29235/1818-9857-2020-5-28-32.

Статья принята к публикации 27.04.2026 / The article accepted for publication 27.04.2026

Информация об авторах:

**Марина Игоревна Лесовская**, профессор кафедры технологии и управления качеством продукции агропромышленного комплекса, доктор биологических наук

**Людмила Васильевна Плеханова**, доцент кафедры технологии и управления качеством продукции агропромышленного комплекса, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

**Marina Igorevna Lesovskaya**, Professor, Department of Technology and Quality Management of Agricultural Products, Doctor of Biological Sciences

**Lyudmila Vasilyevna Plekhanova**, Associate Professor, Department of Technology and Quality Management of Agricultural Products, Candidate of Agricultural Sciences

