

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.4>

## ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ИЗ СГОРЕВШЕЙ ДРЕВЕСИНЫ

Научная статья

Черкасова Н.Г.<sup>1,\*</sup>, Черкасов Л.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7993-2449;

<sup>1,2</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (5hat[at]bk.ru)

### Аннотация

В публикации представлены результаты исследований, направленных на решение двух стратегических задач, первая из которых это экологизация сельского хозяйства за счет увеличения процента использования в растениеводстве органических удобрений, и вторая – вовлечение в этот процесс некондиционной древесины, оставшейся после лесных пожаров. Автором дано обоснование и доказана целесообразность предлагаемых решений. Проведен сравнительный анализ изменения химического состава древесины хвойных и лиственных пород до и после воздействия на нее открытого огня. Основным видом органического удобрения рассматривается древесная зола, показано изменение её основных товарных характеристик в определенном временном промежутке, с учётом необходимости добычи обгоревшей древесины, изъятия из неё золы, подготовки золы как удобрения и поставки непосредственным потребителям. Зола способствует улучшению качества и структуры грунта, так как известна своими полезными свойствами и богатым минеральным составом. А улучшенный за счёт этого воздухообмен в грунте благотворно влияет на иммунитет растений.

**Ключевые слова:** обугленная древесина, зола древесная, органические удобрения, сельское хозяйство, химический и компонентный состав.

## PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS FROM BURNT WOOD

Research article

Cherkasova N.G.<sup>1,\*</sup>, Cherkasov L.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-7993-2449;

<sup>1,2</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation

\* Corresponding author (5hat[at]bk.ru)

### Abstract

The publication presents the results of research aimed at solving two strategic problems, the first of which is the ecologization of agriculture by increasing the percentage of organic fertilizers used in crop production, and the second – the involvement of substandard wood left after forest fires in this process. The author has substantiated and proved the feasibility of the proposed solutions. A comparative analysis of changes in the chemical composition of coniferous and deciduous wood before and after exposure to open fire has been carried out. Wood ash is regarded as the main type of organic fertilizer, the change of its main commodity characteristics in a certain time interval is demonstrated, taking into account the necessity of extraction of burnt wood, removal of ash from it, preparation of ash as fertilizer and delivery to direct consumers. Ash helps in improving the quality and structure of the soil as it is known for its beneficial properties and rich mineral composition. The improved air exchange in the soil has a favourable effect on the immunity of plants.

**Keywords:** charred wood, wood ash, organic fertilizer, agriculture, chemical and component composition.

### Введение

Необходимость проведения данных исследований обосновывается несомненным преимуществом органических удобрений перед минеральными по таким направлениям влияния как: изменение структуры почвы, улучшение её воздухо- и влагопроницаемой способности, снижение плотности. Рассматриваемая, в частности, древесная зола может служить источником фосфора, магния, кальция и карбоната калия, что также позволяет использовать ее как добавку к органическим гидропонным растворам.

Отбор образцов древесины для исследований проводился на территории леса, расположенного в непосредственной близости к г. Уяр, на территории которого в мае 2022 года произошёл страшный пожар, охвативший город и пригородные территории. На месте пожарища образовалось большое количество обугленной и заваленной древесины, наличие которой сохраняло опасность повторного возгорания за счёт способности древесины к тлению. Когда древесина обугливается на существенную глубину, углистый слой становится экранирующей защитой для древесины, находящейся под ним, в результате чего, для обеспечения теплового потока, необходимого для образования летучих продуктов, требуются более высокие температуры поверхности, то есть продолжается тление.

Кроме того, обугленную древесину, при правильном подходе, можно вовлечь во вторичную переработку за счёт изменения её химических свойств и компонентного состава, происходящих под воздействием тепловой нагрузки.

Разложение древесины термогравиметрическим анализом показало, что различные компоненты древесины распадаются с выделением летучих компонентов при различных температурных режимах: гемицеллюлоза при 200-

260°C, целлюлоза при 240-350°C, лигнин при 280-500°C [9]. При этом состав летучих компонентов изменяется в зависимости от выхода углистого остатка, что зависит от вида древесной породы, подвергнутой горению.

### Методы и принципы исследования

На рассматриваемой территории преобладают смешанные леса, что и потребовало рассматривать в исследовании как хвойные, так и лиственные породы.

Как показывают результаты исследований, воздействие пожаров на древесину различных пород неодинаково [1]. При этом наиболее стойкими к воздействию открытого огня считаются хвойные древесные породы, в отличие от лиственных.

Для эксперимента выбраны такие породы, как береза и сосна. Первичные исследования направлены на изучение изменения компонентного состава выбранных пород после пожара. Использовалась древесина деревьев, попавших под воздействие пожара, пробы отбирались через 3, 4 и 5 месяцев после трагедии (август, сентябрь, октябрь 2022 года). По статистике, достаточно от трех до шести месяцев, чтобы установить характер изменений, произошедших в древесине после пожара.

Для изучения золы хвойных и лиственных пород выбирались средние сегменты ствола по высоте от 0,5 до 1,0 м от уровня земли, одного размера по диаметру окружности ствола. При этом выбирались наиболее обугленные стволы. Временные промежутки составили август, сентябрь и октябрь, так как данного времени достаточно для понимания изменения исследуемых показателей во времени при условии, что обугленная древесина подвергается воздействию атмосферных осадков в естественных условиях.

Исследуемые параметры золы, учитываемые при ее подготовке в качестве удобрения: влажность золы, зерновой состав, насыпная плотность.

Исследования влажности золы проводились в соответствии с ГОСТ 8735, насыпной плотности по ГОСТ 9758, зернового состава по ГОСТ 12536.

### Основные результаты

Зернистость золы зависит от породного состава, что объясняется микроскопическим строением древесины хвойных и лиственных пород, подверженности разрушению волокон при воздействии открытого огня, способности поддерживать тление. Как видно на рис. 1, зерна золы лиственных пород больше, так как, как было сказано выше, древесина лиственных пород меньше обугливается, а древесина хвойных пород лучше и дольше поддерживает горение за счёт наличия смоляных ходов. Но самое важное, это то, что зерна золы любых пород, подвергаясь воздействию ветровой нагрузки, разрушаются, уменьшаясь в размерах. Это может повлиять на возможность добычи золы и ее транспортабельность.

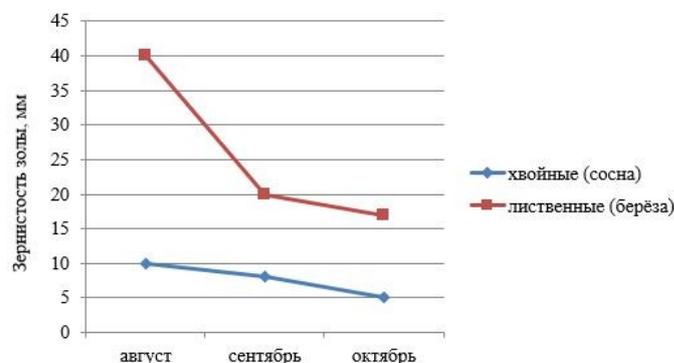


Рисунок 1 - Динамика изменения зернистости золы в зависимости от породного состава древесины и времени воздействия атмосферных осадков

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.4.1>

На рис. 2 можно наблюдать закономерное увеличение влажности золы при ее длительном нахождении на открытом пространстве. Важно, что показатели влажности при этом находятся в пределах нормативных значений, предъявляемых к древесной золе как к удобрению.

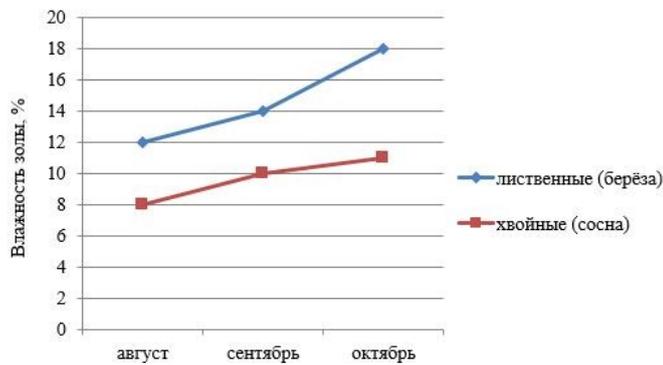


Рисунок 2 - Динамика изменения влажности золы  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.4.2>

Особым показателем, учитываемым при изъятии золы из естественных условий её образования, а также при транспортировке и последующей подготовке как удобрения, является насыпная плотность. Исходя из сведений, представленных на рис. 3, можно сделать вывод о соответствии насыпной плотности золы обеих пород нормативным требованиям.

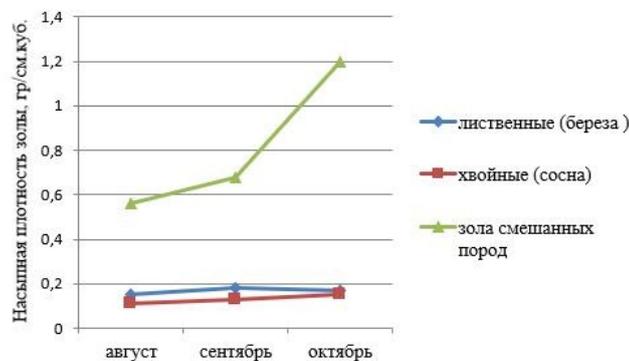


Рисунок 3 - Динамика изменения насыпной плотности золы  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.38.4.3>

Но наиболее весомое значение имеет высокая насыпная плотность золы смешанных пород. Это обеспечит облегчение добычи золы, так как не придется проводить отдельную добычу золы хвойных и золы лиственных пород. Кроме того, полезный выход древесной золы смешанных пород, а также компонентный состав будет усилен, что придаст особую заманчивость этой категории золы как удобрению для сельскохозяйственных культур.

### Обсуждение

Сосна является более огнестойкой породой, чем пихта, ель и кедр [2]. На структурные изменения в её древесине влияют: термическое разложение, продолжительность воздействия высокой температуры, избыточное парциальное давление, образованное вскипанием воды [6], [7].

Компонентный состав древесины меняется при нагревании, приводящем к возникновению неблагоприятных химических реакций, усиливающихся и протекающих в присутствии влаги. С повышением температуры, в первую очередь, подвергаются изменению запасные вещества, находящиеся в сердцевинных лучах и древесной паренхиме, а также вещества, находящиеся в полостях клеток: эфиры, масла, смолы, красящие вещества, дубильные и другие. Затем следует изменение других составляющих компонентов древесины, находящихся в клеточных стенках [8]. В древесине содержание гемицеллюлозы доходит до 41%, причем в хвойных породах преобладают гексозаны, а в лиственных пентозаны [8].

При нагревании сырой древесины часть веществ древесного комплекса переходит в раствор. Таким образом, очевидно, что гидролитическая деструкция древесины протекает более активно в среде с повышенной температурой и влажностью [9].

В древесине берёзы сосуды располагаются одиночно и собраны в небольшие радиальные группы, равномерно распределенные по всей ширине годичного слоя [3]. В исследовании доказано, что на поперечном разрезе древесины берёзы поврежденной пожаром хорошо заметны изменения формы и структуры сосудов.

Собственные исследования показали, что при воздействии высокой температуры, вода в древесине закипает, образуется пар, что ускоряет процесс гидролиза, в результате которого происходит интенсивное выделение карбоновой кислоты, которая заполняет полости сосудов.

Золообразование, при лесных пожарах, возможно при обугливание древесины, возникающем при пиролизе древесины, так называемой «сухой перегонке древесины» [5].

Губительной и наиболее значимой в развитии пожара является стадия пламенного горения древесины. Уголь, образующийся на поверхности древесины в период пламенного горения, не горит, хотя и находится в накаленном состоянии, так как его горению в этот период препятствует горение газообразных продуктов разложения, в результате чего кислород не имеет доступа к поверхности угля.

В зависимости от внешнего вида угля, образовавшегося при обугливание древесины, зола также имеет отличающиеся характеристики. Наличие рыхлого угля, а чаще всего это хвойные породы [10], говорит о его насыщении фенолом и карбамидом, веществ, образующихся при химических реакциях горения.

Специфическое отличие имеет плотный уголь, образовавшийся при низкотемпературном пиролизе, когда процесс обугливания происходит замедленно и летучие выделяются понемногу, уходя через мелкие трещины и не разрыхляя уголь [10], а значит зола характеризуется высокой летучестью.

### Заключение

Представленные в статье результаты указывают на целесообразность использования обугленной и сгоревшей древесины при пожарах в качестве удобрения за счет улучшенных свойств самой золы и вовлечения некондиционной древесины в сельскохозяйственный оборот.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Косиченко Н.Е. Повреждение микроструктуры ствола сосны после лесного пожара 2010 года на территории Воронежского учебно- опытного лесхоза / Н.Е. Косиченко, С.Н. Снегирёва, А.Д. Платонов, В.В. Чеботарёв // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). — 2012. — № 04(78). — с. 594-604.
2. Залесов С. В. Лесная пироология: учебник / С. В. Залесов // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. — 4-е изд., перераб. и доп. — Екатеринбург, 2021. — 396 с.: ил. — Библиогр.: с. 393.
3. Снегирева С. Н. Изменение структуры древесины березы после повреждения пожаром / С. Н. Снегирева // Лесотехнический журнал. — 2013. — 1 (9). — с. 42-47 .
4. Макаров А.В. Исследование состояния древостоев после повреждения пожаром / А.В. Макаров // Актуальные проблемы лесного комплекса // Под ред. Е.А. Памфилова. Сб. науч. трудов по итогам междунар. науч.- технич. конфер. — Брянск: БГИТА. — 2011. — Выпуск № 28. — с. 111-114.
5. Платонов А.Д. Распределение влаги по стволу дерева после поражения огнем / А.Д. Платонов, Т.К. Курьянова, А.В. Макаров // Лесотехнический журнал. — 2011. — 3. — с. 27-31.
6. Курьянова Т.К. Оценка состояния древостоев после лесного пожара 2010 года на территории УОЛ ВГЛТА / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов, Н.Е. Косиченко и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ. — Краснодар: КубГАУ. — 2011. — №06 (70). — с. 377-387.
7. Макаров А.В. Технические качества древесины пораженной различными видами пожара / А.В. Макаров // Лесотехнический журнал. — 2011. — 4. — с. 14-18.
8. Кротов Л.Н. Исследование процесса комбинированной сушки лиственных пиломатериалов: отчет по хоз. теме / Л.Н. Кротов. — СибТИ. Красноярск. — 1970. — 49 с.
9. Беляев Ю.А. Спутник лесника: справочник / Ю. А. Беляев, Г. М. Зайцев, О. И. Рожков [и др.]. — М.: Агропромиздат, 1990. — 416 с.
10. Бортник Т.Ю. Применение золы органосодержащих отходов в полевом севообороте / Т.Ю. Бортник, О.Г. Долговых, И.М. Леокмцева [и др.] // Плодородие. — 2018. — № 2. — с. 18-22

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Kosichenko N.E. Povrezhdenie mikrostruktury stvola sosny posle lesnogo pozhara 2010 goda na territorii Voronezhskogo uchebno- opytnogo leshoza [Damage to the Microstructure of Pine Trunk after the Forest Fire of 2010 on the Territory of the Voronezh Training and Experimental Forestry] / N.E. Kosichenko, S.N. Snegireva, A.D. Platonov, V.V. Chebotarev // Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU). — 2012. — № 04(78). — p. 594-604. [in Russian]
2. Zalesov S. V. Lesnaya pirologiya: uchebnik [Forest Pyrology: textbook] / S. V. Zalesov // Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forest Engineering University. — 4th ed., revised and supp. — Yekaterinburg, 2021. — 396 p.: ill. — Bibliography: p. 393. [in Russian]
3. Snegireva S. N. Izmenenie struktury drevesiny berezy posle povrezhdeniya pozharom [Changes in the Structure of Birch Wood after Fire Damage] / S. N. Snegireva // Forestry Journal. — 2013. — 1 (9). — p. 42-47 . [in Russian]

4. Makarov A.V. Issledovanie sostojanija drevostoev posle povrezhdenija pozharom [Research of the Stand Condition after Fire Damage] / A.V. Makarov // Actual Problems of Forest Complex // Edited by E.A. Pamfilov. Collection of scientific works on the results of the International Scientific-Technical Conference. Bryansk: BSITA. — 2011. — Выпуск № 28. — p. 111-114. [in Russian]
5. Platonov A.D. Raspredelenie vlagi po stvolu dereva posle porazhenija ognem [Moisture Distribution along the Tree Trunk after Fire Damage] / A.D. Platonov, T.K. Kur'janova, A.V. Makarov // Forest Engineering Journal. — 2011. — 3. — p. 27-31. [in Russian]
6. Kur'janova T.K. Otsenka sostojanija drevostoev posle lesnogo pozhara 2010 goda na territorii UOL VGLTA [Assessment of Stand Condition after a Forest Fire in 2010 on the Territory of UOL VGLTA] / T.K. Kur'janova, A.D. Platonov, N.E. Kosichenko et al. // Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU). — Krasnodar: KubSAU. — 2011. — №06 (70). — p. 377–387. [in Russian]
7. Makarov A.V. Tehnicheskie kachestva drevesiny porazhennoj razlichnymi vidami pozhara [Technical Properties of Wood under the Influence of Various Types of Fires] / A.V. Makarov // Forest Journal. — 2011. — 4. — p. 14-18. [in Russian]
8. Krotov L.N. Issledovanie processa kombinirovannoj sushki listvennichnyh pilomaterialov: otchet po hoz. teme [Research of the Process of Combined Drying of Larch Lumber: report on the economic theme] / L.N. Krotov. — SibTI. Krasnoyarsk. — 1970. — 49 p. [in Russian]
9. Belyaev Yu.A. Sputnik lesnik [A Forester's Companion]: reference book / Y. A. Belyaev, G. M. Zaitsev, O. I. Rozhkov [et al.]. — Moscow: Agropromizdat, 1990. — 416 p. [in Russian]
10. Bortnik T.Yu. Primenenie zoly organosoderzhashchih othodov v polevom sevooborote [Application of Organ-containing Waste Ash in Field Crop Rotation] / T.Yu. Bortnik, O.G. Dolgovykh, I.M. Leokmtseva // Plodorodie [Fertility]. — 2018. — № 2. — p. 18-22 [in Russian]