

4. Рогоулькин И. В. Особенности организации и развития регионального продовольственного рынка на примере Воронежской области // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14. – №. 12. – С. 7403-7420.
5. Россельхозцентр [Электронный ресурс] / Рейтинг 10 сортов (гибридов) лидеров с.-х. культур по объемам высева в Российской Федерации в 2024г. Доступно по адресу: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/tsentralnyy-okrug/moskva/rejting-10-sortov-gibridov-liderov-s-kh-kultur-po-obemam-vyseva-v-rossiyskoy-federatsii-v-2024-g/> (дата обращения 16.11.25).

## **БИОУГЛЕРОД (БИОЧАР) КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПЛОДородИЯ И УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ПОЧВ**

*Битенёва Софья Ефимовна, студент 1 курса Института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [so.biteneva@gmail.com](mailto:so.biteneva@gmail.com)*

*Морозова Александра Кирилловна, студент 1 курса Института агробιοтехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [smkaggo@gmail.com](mailto:smkaggo@gmail.com)*

*(Научный руководитель – Ефимов Олег Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой, кафедра почвоведения, геологии и ландшафтоведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [efimov@rgau-msha.ru](mailto:efimov@rgau-msha.ru))*

*Аннотация: целью настоящей статьи является изучение, анализ и сравнение последних исследований в области биоуглерода (биочара). Актуальность обусловлена возможностью биочара восстанавливать деградированные почвы, повышать урожайность культур. В результате работы получено подтверждение того, что биоуглерод обладает уникальными физико-химическими свойствами в отношении плодородия почвы.*

*Ключевые слова: биоуглерод, пиролиз, секвестрация, ремедиация, агрегаты.*

Биоуглерод имеет высокий потенциал при использовании в сельском хозяйстве. Его уникальные свойства вносят свой вклад в повышение качества и плодородия почв, а также улучшение экологической обстановки планеты.

Авторы научной статьи Института сельскохозяйственных наук университета (Чандигарх, Индия) определили биочар (биоуглерод) как продукт, похожий на древесный уголь, получаемый путем пиролиза в среде с низким содержанием кислорода при температурах от 300 до 1000°C с использованием органической биомассы (например, сельскохозяйственных остатков, навоза и бытовых отходов) в качестве исходного материала [1].

Авторы другой статьи из Университета Сельского Хозяйства и Технологий (Азад, Индия) добавляют, что помимо основных компонентов (углерод, водород и кислород), биочар может также содержать макроэлементы,

такие как азот, фосфор и калий. Однако, согласно позиции авторов научной статьи «Последние достижения в применении биочара для очистки воды и сточных вод», общий состав и характеристики биочара зависят от выбора исходного материала и процесса производства [2]. Данное исследование дополняет первую работу, доказывая, что состав биоуглерода не определён строго, ведь наличие тех или иных компонентов зависит от исходного материала, из которого был изготовлен биочар.

Учёные из Государственного Калифорнийского Политехнического Университета провели 8-летнее исследование процессов разложения биоугля, полученного из *злаковых*, в ходе которого был применен метод анализа стабильных изотопов углерода  $^{14}\text{C}$  на уровне отдельных соединений. Результаты показали довольно медленную скорость разложения: биочар терял лишь  $7 \cdot 10^{-4}$  % своего содержания углерода в день при оптимальных условиях. Это означает, что для снижения содержания углерода всего на 1 % потребуется почти 400 лет.

В еще одном исследовании того же университета ученые изучали время нахождения биоуглерода, полученного из *эвкалипта ивового*, пиролизованного при  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а затем внесенного в почву при её температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Результаты исследования показали долговечность данного типа биоугля: расчетный средний срок пребывания углерода составил от 732 до 1061 года.

Данные, полученные в ходе обоих исследований, убедительно свидетельствуют о способности биоугля выступать в качестве стабильного поглотителя углерода.

Поскольку биочар является перспективным удобрением, вызывает интерес его влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. При сравнительном анализе эффектов от биочара, полученного при  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на растения ячменя и пшеницы, и биочара, полученного при  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , достоверные различия между характеристиками растений были зафиксированы для показателей биомассы и длины корня (растения ячменя демонстрировали более высокие значения), что коррелирует с анализом, произведенным в отношении контрольных образцов [3].

В результате проведенных Воронежским государственным лесотехническим университетом им. Г.Ф. Морозова исследований установлено, что использование биочаров в качестве сорбентов приводит к достоверному и доказанному снижению гербицидного воздействия, стимулирует активную жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и оказывает положительное влияние на рост и развитие растений и сельскохозяйственных культур.

В ходе упомянутых выше исследований было выявлено, что комбинированный биоуглерод из осадков сточных вод и древесных опилок обладает наилучшими характеристиками, так как его состав представлен не

только высоким содержанием органического вещества (ОСВ), но и дополнен минеральной составляющей древесных опилок [5].

Вариант	Время разложения, сут	
	на 50 %	на 90 %
Контроль (почва, обработанная гербицидом)	25	90
Биочар:		
ОСВ	12	23
ОСВ и древесные опилки	7	18
древесные опилки	15	26

Рисунок 1. Интенсивность разложения гербицида в почве при внесении биоуглерода

Для изучения влияния органического вещества (гумуса) почвы на стабильность биоугля по сравнению с легко разлагаемыми органическими добавками учёными Государственного Калифорнийского Политехнического Университета было проведено комплексное исследование.

Результаты показали, что применение биочара, произведенного при низкой температуре пиролиза (< 350 °С), увеличивает скорость минерализации органического азота до  $\text{NH}_4^+$  по сравнению с биоуглем, произведенным при 550 °С. Следовательно, при использовании такого биочара процесс разложения органических азотосодержащих веществ ускоряется.

Доступность калия (К), полученного из биочара, для растений будет зависеть от нескольких физико-химических факторов, таких как растворимость соединений калия в воде и/или растворе с высокой ионной силой, а также свойства самой почвы, такие как текстура, обменная емкость, рН и содержание воды. Биочары, произведенные из 14 видов тропических растительных отходов, содержали 3,5–51 г/кг общего калия, при этом содержание водорастворимого калия было в пределах 0,4–30 г/кг.

В 90-дневных инкубационных экспериментах в кислых почвах, дополненных биоуглем из остатков четырех культур, наблюдалось повышение рН почвы и обменных оснований, а также снижение обменного  $\text{Al}^{3+}$ , особенно при использовании биоугля из остатков бобовых культур [4]. Внесение биочара демонстрирует заметное улучшение роста растений и урожайности на кислых почвах.

## Список литературы

1. Himanshi Nirmala, Yachna Sood. Potential of Biochar in Improving Soil Fertility and Carbon Sequestration. 24.05.2025. URL: [https://www.researchgate.net/publication/392068985\\_Potential\\_of\\_Biochar\\_in\\_Improving\\_Soil\\_Fertility\\_and\\_Carbon\\_Sequestration](https://www.researchgate.net/publication/392068985_Potential_of_Biochar_in_Improving_Soil_Fertility_and_Carbon_Sequestration) (Дата обращения: 07.11.2025)
2. Xiaoqing Wang, Zizhang Guo, Zhen Hu, Jian Zhang. Recent advances in biochar application for water and wastewater treatment: a review. 19.05.2020. URL: [https://www.researchgate.net/publication/341492974\\_Recent\\_advances\\_in\\_biochar\\_application\\_for\\_water\\_and\\_wastewater\\_treatment\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/341492974_Recent_advances_in_biochar_application_for_water_and_wastewater_treatment_a_review) (Дата обращения: 08.11.2025)
3. Влияние биочара из куриного помета на микроорганизмы и растения / Г. Ш. Галиева, П. А. Курынцева, П. Ю. Галицкая [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2021. – Т. 163, № 2. – С. 221-237. – DOI 10.26907/2542-064X.2021.2.221-237. – EDN MDQGM. (Дата обращения: 18.11.2025)
4. Duo Wang, Peikun Jiang, Haibo Zhang, Wenqiao Yuan. Biochar production and applications in agro and forestry systems: A review. 25.07.2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720312870> (Дата обращения: 12.11.2025)
5. Брындина, Л. В. Восстановление почвы от гербицидного загрязнения с помощью биочара из осадков сточных вод и древесных опилок / Л. В. Брындина, О. В. Бакланова // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 32-37. – DOI 10.18412/1816-0395-2021-6-32-37. – EDN SBEBTZ. (Дата обращения: 18.11.2025)

## РОЛЬ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР В ИЗМЕНЕНИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

*Болушева Дарья Андреевна, студентка I курса Института Агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [bolushevadasha@yandex.ru](mailto:bolushevadasha@yandex.ru)*

*Рязанова София Максимовна, студентка I курса Института Агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [sorhikoryazanova@gmail.com](mailto:sorhikoryazanova@gmail.com)*

*(Научный руководитель – Мартынова Полина Николаевна, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [lina.martynova25@mail.ru](mailto:lina.martynova25@mail.ru))*

*Аннотация: В работе рассматривается неоднозначная роль пропашных культур в трансформации почвенного плодородия. Проанализировано их негативное влияние на агрофизические показатели (разрушение структуры, уплотнение пахотного слоя), что*