

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ



УДК 330.15+502.2+504.53+574.2/36/46+581.5/6+631.421/427+633.14+911.9

Поступила: 03.08.2026

Принята к публикации: 13.09.2026

Опубликована: 15.09.2026

Биовосстановление постпирогенных почв с помощью биоорганического удобрения (при выращивании злаковых)

П. П. Свидченко¹, М. В. Ларионов²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

¹ e-mail: Paviel135@yandex.ru

² e-mail: m.larionow2014@yandex.ru

Аннотация. В России ежегодно происходит от 13 до 40 тысяч лесных пожаров, при этом среднегодовой показатель составляет 24,62 тысячи случаев. Площадь земель, охваченных огнём, варьируется от 0,5 до 2,5 миллионов гектаров. Почва, как ключевой элемент биогеоценоза, особенно чувствительна к таким воздействиям. Пожары не только непосредственно разрушают структуру почвы через пиролиз, но и оказывают косвенное влияние: изменяют эдафические условия, нарушают микробиологические и биохимические процессы и меняют равновесие в экосистеме. Это сказывается на гранулометрическом составе, физико-химических и химических свойствах грунта, а также на процессах трансформации органики, что, в свою очередь, влияет на развитие растительности.. Применение препарата NAGRO показывает положительные результаты, в частности, в отношении углеводно-гидролитических и оксидоредуктазных ферментов. Для достижения и поддержания долгосрочного положительного эффекта необходимо регулярное использование препарата NAGRO. Зачастую сельхозпроизводителям приходится возделывать зерновые на постпирогенных почвах. Это является серьёзной экологической и хозяйственной проблемой. Поэтому биовосстановление посредством использования биоудобрений является перспективным. В нашем случае исследования проведены на примере отечественного препарата NAGRO. В экспериментальных вариантах рассматривались основные показатели развития и хозяйственные признаки зерновых на примере озимой ржи.

Ключевые слова: пожары, почвенный покров, озимая рожь, ферментативная активность, ферменты, последствия возгорания, биоудобрение, биоремедиация, рекультивация почв, экологическая безопасность

DOI: <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2026-2-37-57>



Submitted: 03.08.2026

Accepted: 13.09.2026

Published: 15.09.2026

Bioremediation of post-pyrogenic soils using bioorganic fertilizer (when growing cereals)

Pavel P. Svidchenko¹, Maxim V. Larionov²

^{1,2} Russian Biotechnological University (ROSBIOTEC'H University)

¹ e-mail: Paviel135@yandex.ru

² e-mail: m.larionov2014@yandex.ru

Abstract. In Russia, there are between 13,000 and 40,000 forest fires annually, with an average of 24,620 fires per year. The area affected by fires ranges from 0.5 million to 2.5 million hectares. Soil, as a key element of the biogeocenosis, is particularly sensitive to such impacts. Fires not only directly destroy soil structure through pyrolysis, but also have indirect effects, such as altering edaphic conditions, disrupting microbiological and biochemical processes, and altering the balance of the ecosystem. This affects the granulometric composition, physical, chemical and chemical properties of the soil, as well as the processes of organic matter transformation, which in turn affects the development of vegetation.. The use of NAGRO shows positive results, in particular, in relation to carbohydrate-hydrolytic and oxidoreductase enzymes. To achieve and maintain a long-term positive effect, it is necessary to use NAGRO regularly. Often, agricultural producers have to cultivate grain crops on post-pyrogenic soils. This is a serious environmental and economic problem. Therefore, bioremediation through the use of biofertilizers is a promising approach. In our case, the research was conducted using the domestic product NAGRO. The experimental variants examined the main indicators of grain development and economic characteristics using winter rye as an example.

Key words: fires, soil cover, winter rye, enzymatic activity, enzymes, effects of ignition, biofertilizer, bioremediation, soil remediation, environmental safety

DOI: <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2026-2-37-57>

Введение

Природные пожары наносят урон не только флоре и фауне, но и почвенному слою. Почва – сложная биокосная система, нуждающаяся в постоянном поступлении питательных веществ. После пожара она теряет основной источник материала для самовосстановления из-за уничтожения растительного покрова. Без естественной защиты в виде растений верхний слой грунта становится подвержен эрозии (водной и ветровой), а также другим негативным факторам. Это приводит к трансформации его структуры, морфологии и свойств.

Воздействие огня на почву – многофакторный процесс, зависящий от: характеристик самого пожара; особенностей растительности; рельефа местности; изначальных свойств почвы.

После пожара в почве ускоряется минерализация органики, меняется таксономическое разнообразие микробиома в верхних и нижних горизонтах. Механизмы восстановления почвенного слоя после возгорания изучены недостаточно полно.

Биодоброения представляют собой средства для очистки грунта от загрязнителей (тяжёлых металлов, химических отходов) за счёт деятельности микроорганизмов. Они могут:

- разлагать вредные вещества (биоремедиация);
- стимулировать рост растений (биостимуляция).

Однако эффективность таких препаратов зависит от множества факторов: выбора штаммов микроорганизмов, условий окружающей среды, методики внесения. Часто наблюдается разрыв между результатами лабораторных тестов и практическим применением в полевых условиях [17].

В данном исследовании анализируется потенциал биоремедиации и биостимуляции для восстановления почв после пожаров, рассматриваются их ограничения и сравниваются подходы, применяемые в разных странах [8].

Объекты и методика исследований

Экспериментальные исследования проводились в «Ботаническом саду Южного федерального университета, являющемся крупнейшим ботаническим садом и территорией растениеводческих экспериментов и наблюдений в степной климатической зоне Российской Федерации. Данный объект активно используется для мониторинга агроэкосистем и окружающей среды, включая почвенный покров и культивируемые растения» [2, 7, 10, 16, 20].

Почвенный покров участка представлен черноземами обыкновенными карбонатными, среднemosными,

тяжелосуглинистого механического состава. Подобные черноземы занимают значительную часть территории юга Российской Федерации и характеризуются высокой агрономической ценностью, являясь одними из наиболее плодородных почв в мире [2, 10, 16, 17].

В исследовании Свидченко П. П. было проведено исследование с такими объектами как: зерновая культура на примере ржи, почвенные ферменты (каталаза, пероксидаза, инвертаза, уреазы, фосфатаза) и биопрепаратом NAGRO.

Цель эксперимента заключалась в создании большого искусственного очага возгорания с определённым количеством горючего материала и последующем разделении выезженной площади на равные части, поле чего обрабатывались биопрепаратами для восстановления почвы. Для обработки применялся 0,2% раствор препарата NAGRO. Контрольная группа участков была обработана водой.

Результаты исследований и их обсуждение

NAGRO

«Нагро» (NAGRO) представляет собой комплексное биоорганическое средство, являющимся одновременно гербицидом, удобрением, фунгицидом, инсектицидом и иммуномодулятором-адаптагеном.

Относится к препаратам, применяемым в выращивании экологически чистых

продуктов питания, о чём имеет сертификат Евросоюза (единственное из производимых в России). Проходил всестороннюю проверку в условиях всех климатических зон планеты: Бразилия, Вьетнам, Турция, Иордания, Сербия, Саудовская Аравия, Пакистан и все страны ЕС. Первое, что бросается в глаза при ознакомлении со свойствами препарата – его универсальность. Уже при знакомстве с составом обеих форм NAGRO можно обратить внимание на взаимоисключающие, казалось бы, вещества. Но в том-то состоит секрет нано-разделения молекулярных функций, что совмещается несовместимое [13, 16].

В исследовании Свидченко П. П. отмечаются следующие преимущества препарата:

- Создаётся система с ресурсосберегающими и высокопроизводительными подходами, рационально используются минеральные и органические удобрения.
- Уменьшается использование ядохимикатов вплоть до полного отказа от них.
- Не истощается земля, почвенное плодородие поддерживается на необходимом уровне, а влияние природно-климатических рисков на экономику существенно снижается.

– Содержание полезных веществ в конечной продукции существенно увеличивается, а содержание пестицидов в неё снижается и даже стремится к нулю.

– Создаётся высокобелковая кормовая база.

– Из-за введения препаратов, не только тормозящих развитие бактериальных и грибковых патологий, но и благотворно влияющих на живую ткань (сульфаниламиды и мелитин) употребляющие такие корма животные реже болеют.

Урожайность зерна ржи сорта Влада в вариантах опыта за три года исследования варьировала от 2,41 до 3,94 т/га и в среднем составила 2,91–3,37 т/га (табл. 3), сорта Тетра короткая соответственно 2,41–3,94 и 3,0–3,38 т/га [14, 16].

В среднем за период исследования выявлено увеличение урожайности на всех вариантах опыта по сравнению с контролем.

Превышение урожайности по опытным вариантам относительно контроля варьировало у сорта Влада в пределах 0,20–0,66 т/га (на 7–20 %), у сорта Тетра короткая – 0,19–0,51 т/га (7–15 %). Наибольшую урожайность обеспечили посевы, обработанные биоорганическим удобрением «НАГРО», у сорта Влада по варианту три: обработка семян биоэнергетиком, 1-я обработка по вегетации – биоэнергетик в фазу кущения весной, 2-я обработка – универсальное в фазу колошения; у сорта Тетра короткая по варианту два: обработка семян биоэнергетиком, 1-я обработка по вегетации – универсальное + биоэнергетик в фазу кущения весной, 2-я обработка – универсальное в фазу колошения. При этом у сорта Влада урожайность достигала 3,37 т/га, превосходя контроль на 0,66 т/га (на 20 %), у сорта Тетра короткая соответственно 3,38; 0,51 т/га (15 %) [14, 16]..

Таблица 1 Урожайность озимой ржи при различных режимах применения биоудобрения «NAGRO», тонн на гектар

Table 1 Yield of winter rye under different modes of application of NAGRO biofertilizer, tons per hectare

Вариант опыта	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее 2015–2017 гг.	Отклонение (+/-) относительно контроля	
					т/га	%
Сорт Влада						
Контроль	2,05	3,36	2,72	2,71	-	-
I	-	3,61	2,56	3,09*	+0,38	12
II	-	3,64*	2,85*	3,25*	+0,54	17
III	-	3,94*	2,80*	3,37*	+0,66	20
IV	2,59*	3,58	2,68	2,95	+0,24	8
V	2,41	3,67*	2,77	2,95	+0,24	8
VI	2,55*	3,39	2,80*	2,91	+0,20	7
НСР05	0,50	0,27	0,07	0,28	-	-
Сорт Тетра короткая						
Контроль	2,37	3,41	2,84	2,87	-	-
I	-	3,81*	2,86	3,34*	+0,47	14
II	-	3,77*	2,98*	3,38*	+0,51	15
III	-	3,94*	2,70	3,32*	+0,45	14
IV	2,41	3,72*	2,87	3,00	+0,19	4
V	2,70*	3,83*	2,83	3,12	+0,25	8
VI	2,63*	3,60	3,04*	3,09	+0,22	7
НСР05	0,22	0,31	0,11	0,38	-	-

За годы исследования себестоимость производства озимой ржи сорта Влада варьировалась от 3,17 до 3,67 ГДж/т зерна и была ниже, чем у контрольного варианта (3,93 ГДж/т зерна) (см. таблицу 4). Наиболее экономически эффективным оказался вариант опыта три, где себестоимость была минимальной — 3,17 ГДж/т, а коэффициент полезного действия посева составил 10,11.

Производство зерна сорта Тетра короткая также показало хорошие результаты. Себестоимость по вариантам опыта изменялась от 3,16 до 3,56 ГДж/т зерна, а самая низкая была зафиксирована на посевах по варианту два — 3,16 ГДж/т (КПД посева 10,12), что значительно лучше контрольного варианта с себестоимостью 3,71 ГДж/т (КПД посева 8,62).

Таблица 2 Эффективность использования энергии при возделывании озимой ржи при разных способах применения биоорганического удобрения «NAGRO», 2015–2017 гг.

Table 2 Energy efficiency in the cultivation of winter rye using different methods of applying the NAGRO bioorganic fertilizer, 2015–2017

Вариант опыта	Сорт			
	Влада		Тетра короткая	
	Энергетическая себестоимость, ГДж/т зерна	Биоэнергетический коэффициент (КПД) посева	Энергетическая себестоимость, ГДж/т зерна	Биоэнергетический коэффициент (КПД) посева
Контроль	3,93	8,14	3,71	8,62
I	3,45	9,27	3,20	10,02
II	3,29	9,73	3,16	10,12
III	3,17	10,11	3,21	9,96
IV	3,62	8,85	3,56	9,00
V	3,62	8,84	3,42	9,35
VI	3,67	8,73	3,45	9,27

Несколько затратнее относительно наиболее рентабельных вариантов опыта посевов изучаемых сортов, но также имеющие преимущество по сравнению с контролем, были варианты у сорта Влада – один и два, у сорта Тетра короткая – один и три. В условиях Кузнецкой лесостепи (Кемеровская область) при возделывании озимой ржи на фоне применения биоорганического удобрения «NAGRO» выявлено увеличение урожайности относительно контроля у сорта Влада на 7–20 %, у сорта Тетра короткая на 7–15 % [13, 14, 16].

В исследовании Свидченко П. П., что: «чернозём обыкновенный обладает свойствами, схожими с чернозёмом типичным, однако характеризуется менее

интенсивным процессом гумусонакопления, что приводит к быстрому снижению содержания гумуса с увеличением глубины. В гумусовом горизонте чернозёма обыкновенного при тяжёлом гранулометрическом составе содержится 5–8% гумуса, а при лёгком — 4–5%. Почва отличается хорошей микро- и макроструктурой, нейтральной реакцией и высокой ёмкостью поглощения, составляющей приблизительно 40–55 моль/100 г почвы, а также хорошо насыщенным основаниями поглощающим комплексом. Выраженная водопрочная структура обеспечивает оптимальный воздушно-водный режим» [16].

Методология эксперимента заключалась в создание крупного костра с

заранее определённым количеством горючего материала. Кострище было разделено на равные по площади участки, которые затем подверглись обработке биопрепаратами для восстановления почвенного плодородия.

По завершении модельного эксперимента на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета (ЮФУ) была проведена серия лабораторных анализов. В ходе этих исследований изучалась ферментативная активность почвы главных ферментов таких как: каталаза, инвертаза и пероксидаза, а также посев азотобактерий. Кроме того, были проведены микробиологические анализы методом почвенных комочков для оценки микробиологических характеристик почвы.

Каталаза

Каталаза — это фермент, который встречается в клетках большинства живых организмов, включая бактерии и растения.

Основная функция каталазы — катализировать разложение перекиси водорода на воду и молекулярный кислород. Перекись водорода образуется в процессе дыхания и различных биохимических реакций, связанных с окислением органических веществ. Высокая реакционная способность перекиси водорода приводит к образованию синглетного кислорода, который

инициирует неконтролируемые окислительные процессы. Основная функция каталазы заключается в нейтрализации перекиси водорода, предотвращая её вредное воздействие на живые организмы.

Определение активности каталазы проводилось по методу, разработанному А. Ш. Галстяном в 1978 году [10].

Активность каталазы в каштановых и черноземных почвах возрастает сразу после пожара, что связано с восстановительными процессами в почвенной системе и их стремлением восстановить запасы кислорода. Однако через год после пожара наблюдается значительное снижение активности каталазы, достигающее 82%. Со временем, в верхних слоях почвы (0–20 см), уровень активности фермента приближается к исходным значениям, что указывает на начало естественного процесса восстановления через два года после пожара [10].

Инвертаза

Инвертазы принадлежат к группе гликозидгидролаз, которые гидролизуют сахарозу по β -фруктофуранозидной связи.

Активность инвертазы остаётся стабильной и демонстрирует четкую зависимость от различных факторов. Исследования А.Ш. Галстяна (1974) показали, что инвертазная активность связана с активностью других почвенных

карбогидраз. Уровень инвертазы снижается по мере углубления в почвенный профиль и положительно коррелирует с содержанием гумуса [7].

Инвертаза играет важную роль в разложении сахарозы на глюкозу и фруктозу. Анализ динамики изменения активности инвертазы на протяжении трех лет показал прямую зависимость активности фермента от содержания гумуса в почвах [17].

После воздействия огня наблюдается снижение активности инвертазы, что подтверждается исследованиями ферментативной активности выщелоченного чернозема [4].

Активность инвертазы варьируется по почвенному профилю. Наибольшая активность отмечается в верхнем слое выщелоченного чернозема при пирогенном воздействии, а затем снижается с глубиной. Это связано с тем, что верхние слои содержат больше органических остатков, являющихся продуктами разложения, которые уменьшаются по мере углубления [8].

Пероксидаза

Для определения пероксидазной активности в почве используются полифенолы, такие как пирогаллол и гидрохинон, в качестве акцепторов кислорода. Под воздействием кислорода и

пероксидазы полифенолы окисляются, превращаясь в хиноны.

Активность пероксидазы определяется по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловой (1986) [10].

В дерново-подзолистых почвах после пожара через год наблюдается снижение активности всех ферментов, включая фосфатазу, примерно на 14,9%. Однако через еще один год активность восстанавливается до исходного уровня [4].

Пероксидаза играет ключевую роль в преобразовании гумусовых веществ, окисляя их с помощью кислорода, выделяемого в процессе жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Исследование показало, что активность этого фермента восстанавливается через 14 лет после пожара в дерново-подзолистых почвах [9].

Высокий уровень активности пероксидазы также свидетельствует о негативных процессах в почве, где разложение гумусовых веществ преобладает над их синтезом [1].

При анализе влияния низовых пожаров на активность ферментов было выявлено, что активность большинства ферментов снижается, за исключением инвертазы, которая, наоборот, увеличивается на горях лишайниковых сосняков [6].

Азотобактер

Для культивирования азотобактера используется, например, среда Эшби, не

содержащая маннита и агара. В чашку Петри помещают 3 грамма почвы, а затем с помощью пипетки Пастера по каплям добавляют дистиллированную воду для получения пастообразной консистенции [10].

Увлажненную почву тщательно перемешивают. Затем из увлажненной почвы отбирают 40–50 комочков диаметром приблизительно 3–4 мм. Чашку Петри, полностью заполненную средой Эшби, размещают на трафарете, совмещая края чашки с контуром трафарета. Подготовленные комочки почвы размещают в чашке Петри в узлах трафарета [10].

В ходе анализа образцов, взятых сразу после модельного опыта в 2020 году и не подвергшихся воздействию биологически

активных препаратов, было обнаружено значительное снижение активности каталазы, инвертазы и уреазы. Самые низкие показатели активности наблюдались у каталазы и уреазы на участке №1. Активность инвертазы снизилась на 80% по сравнению с контрольными образцами, а каталазы — на 94–96%.

Проверка результатов за 2022 год включала взятие пяти серий черноземных образцов почвы. Первая серия — образцы с контрольной территории, не подвергшейся пирогенному воздействию. Вторая серия образцов отбиралась с участков постпирогенного чернозема. Третья серия образцов — участки с постпирогенным черноземом при добавлении NAGRO.

Таблица 3 Анализ изменений биологической активности контрольного участка

Table 3 Analysis of changes in the biological activity of the control area

Показатель	Октябрь 2020	Май 2021	Октябрь 2021	Май 2022
Каталаза (мл O ₂ /г/мин)	13,3	10,7	9,0	8,4
Инвертаза (мл глюкозы/г/ 24 часа)	54,2	10,5	57,4	9,1
Пероксидаза (мг 1,4-п-бензохинона/г/ 30мин)	-	128,6	62,3	86,5
Азотобактер, % обрастания	-	97,8	100,0	19,0

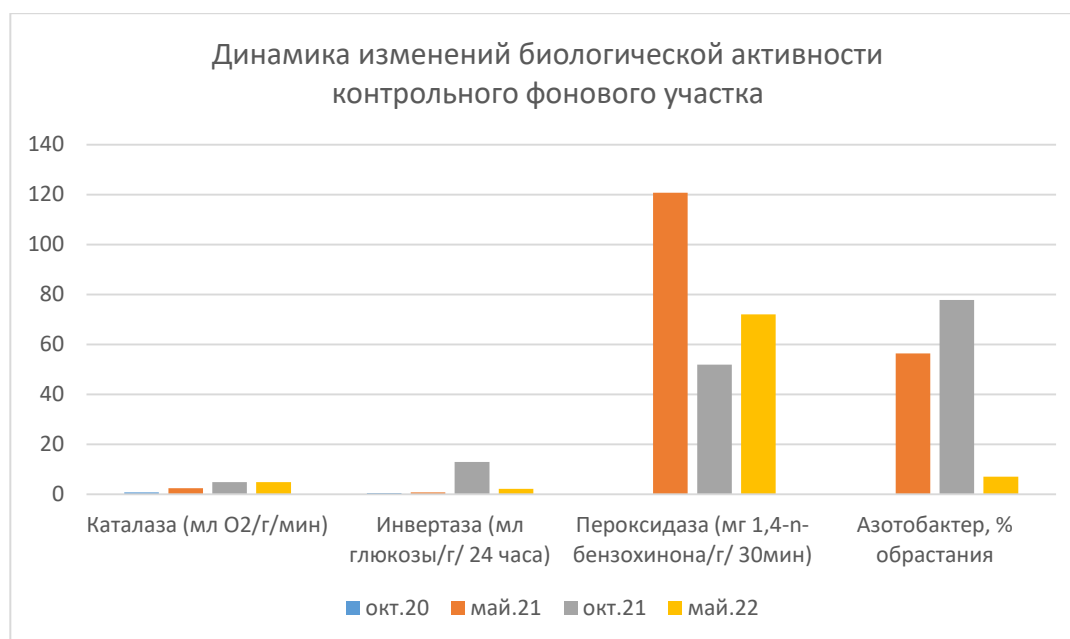


Рисунок 1. Изменения биологической активности контрольного участка

Figure 1. Changes in the biological activity of the control area

В таблице 4 приведены средние значения, полученные в результате исследований ферментативной активности почвы после воздействия огня. Наименьшее отрицательное влияние огонь оказал на численность азотфиксирующих микроорганизмов. При этом активность пероксидазы не снизилась значительно из-за высоких температур, в отличие от активности каталазы и инвертазы, которая уменьшилась на 79-98%. Графически зависимость представлена на Рисунке 1.

Таблица 4 Изменения биологической активности после пирогенного воздействия

Table 4 Changes in biological activity after pyrogenic exposure

Показатель	Октябрь 2020	Май 2021	Октябрь 2021	Май 2022
Каталаза (мл O ₂ /г/мин)	4,7	2,3	4,0	4,2
Инвертаза (мл глюкозы/г/ 24 часа)	3,5	0,3	15,5	2,4
Пероксидаза (мг 1,4-п-бензохинона/г/ 30мин)	-	125,5	50,6	79,1
Азотобактер, % обростания	-	67,6	94,2	21,0

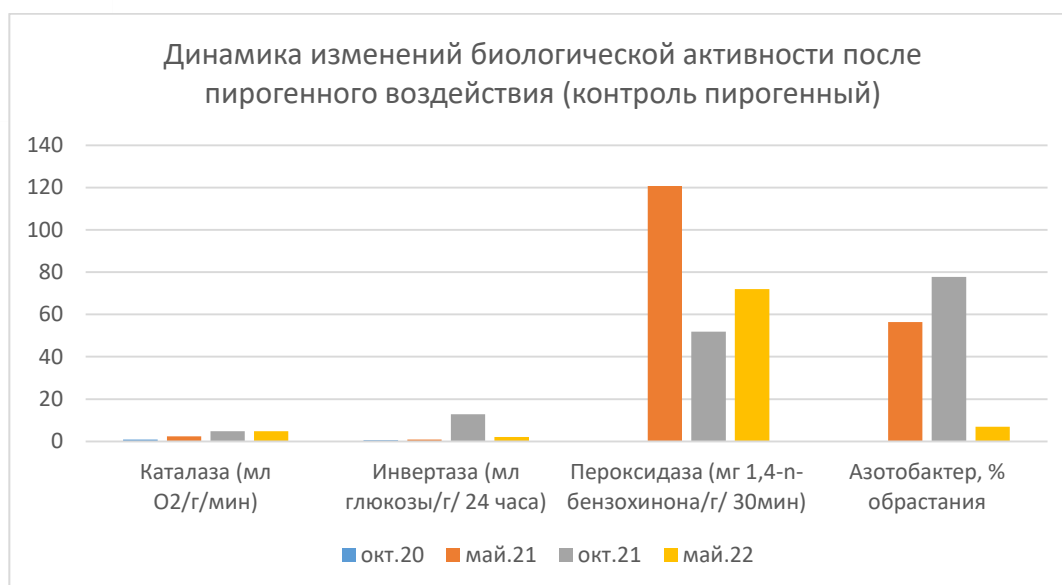


Рисунок 2. Изменения биологической активности после пирогенного воздействия (контрольная группа)

Figure 2. Changes in biological activity after pyrogenic exposure (control group)

Таблица 5 Динамика биологической активности после обработки постпирогенной почвы раствором NAGRO

Table 5 Dynamics of biological activity after treatment of post-pyrogenic soil with NAGRO solution

Показатель	Октябрь 2020	Май 2021	Октябрь 2021	Май 2022
Каталаза (мл O ₂ /г/мин)	0,6	2,1	4,7	4,8
Инвертаза (мл глюкозы/г/ 24 часа)	0,3	2,4	18,3	3,9
Пероксидаза (мг 1,4-п-бензохинона/г/ 30мин)	-	126,1	54,1	79,2
Азотобактер, % обростания	-	62,2	67,1	5,0

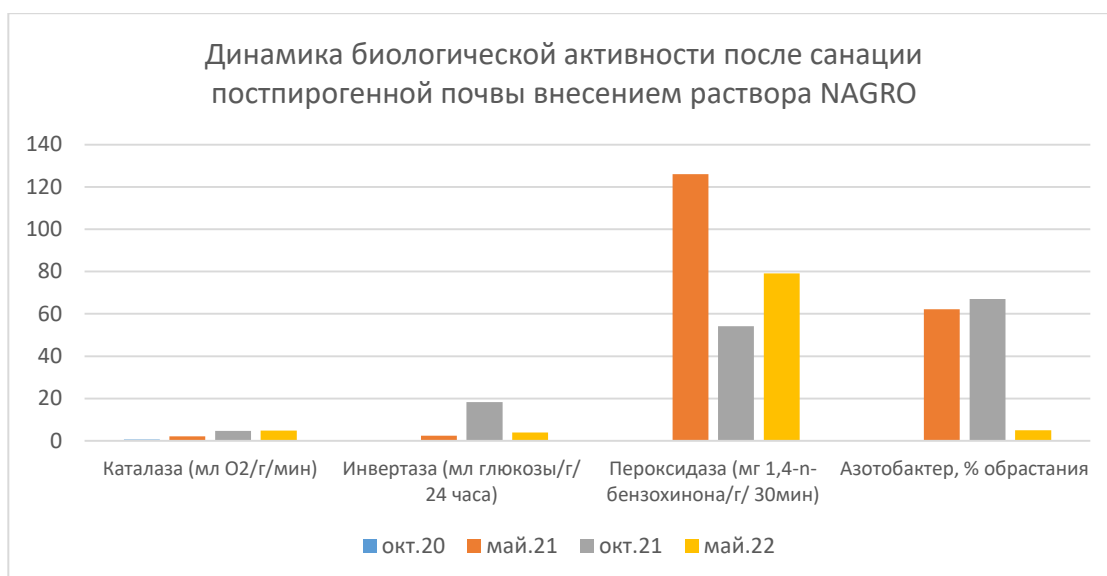


Рисунок 3. Динамика биологической активности после санации постпирогенной почвы внесением раствора NAGRO

Figure 3. Dynamics of biological activity after sanitation of post-pyrogenic soil by application of NAGRO solution

После добавления в почву NAGRO наблюдалось кратковременное повышение активности инвертазы и фосфатазы. Кроме того, через год после эксперимента нормализовалась активность ферментов класса оксидоредуктаз.

Каталаза (фермент, разлагающий перекись водорода)

В контрольном фоновом участке активность каталазы снизилась с 13,3 мл O₂/г/мин (октябрь 2020) до 8,4 мл O₂/г/мин (май 2022), что отражает естественные сезонные колебания. После пожара (контроль пирогенный) активность резко упала до 4,7 мл O₂/г/мин (октябрь 2020), а к маю 2021 года снизилась до 2,3 мл O₂/г/мин — на 82,8% относительно фона. К маю 2022

года наблюдалось частичное восстановление до 4,2 мл O₂/г/мин. На участке с NAGRO начальная активность была крайне низкой (0,6 мл O₂/г/мин), но к октябрю 2021 года выросла до 4,7 мл O₂/г/мин, что выше, чем в контроле после пожара. Это указывает на стимулирующее действие NAGRO. инициирующее восстановление каталазной активности.

Инвертаза (фермент, гидролизующий сахарозу)

В фоновом контроле активность колебалась от 54,2 мл глюкозы/г/24 часа (октябрь 2020) до 9,1 мл глюкозы/г/24 часа (май 2022). После пожара активность инвертазы упала до 3,5 мл глюкозы/г/24 часа (октябрь 2020) и достигла минимума

0,3 мл глюкозы/г/24 часа к маю 2021 года. К маю 2022 года она частично восстановилась до 2,4 мл глюкозы/г/24 часа. При добавлении NAGRO начальная активность была крайне низкой и составляла 0,3 мл глюкозы на грамм в сутки. К маю 2021 года она увеличилась до 4,7 мл кислорода на грамм в минуту, что выше контрольных значений после пожара. Это свидетельствует о положительном влиянии NAGRO на активность инвертазы, способствуя её восстановлению.

Пероксидаза (фермент, участвующий в окислении гумусовых веществ

В контрольном варианте эксперимента активность фермента варьировалась от 128,6 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин в мае 2021 года до 86,5 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин мая 2022 года. После пожара активность пероксидазы снизилась, но оставалась относительно высокой (125,5 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин в мае 2021). В мае 2022 года она составила 79,1 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин. При использовании NAGRO динамика была схожа с контролем после пожара. В октябре 2021 года повысилась до 54,1 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин и частично восстановилась уже к маю 2022 года (79,2 мг 1,4-п-бензохинона/г/30 мин).

Азотобактер (азотфиксирующие микроорганизмы)

В контрольном фоне процент прорастания азотобактер снизился с 97,8% (май 2021) до 19,0% (май 2022). После теплового стресса снизился с 67,6% (май 2021) до 21,0% (май 2022). При внесении NAGRO процент прорастания азотобактер вырос до 62,2% (октябрь 2021), но к маю 2022 года резко снизился до 5,0%. Это может свидетельствовать о временном стимулировании азотфиксаторов с последующим истощением ресурсов.

Следует добавить, что, данная исследовательская работа, включая все компоненты и объекты исследований, проводилась и в последующие годы (2023-2025 гг.), с минимальными отличиями от представленных средних арифметических данных (менее 2,5-4,5%).

Таким образом, проведенные исследования и рассмотренные агроэкологические процессы указывают на целесообразность использования биоорганического удобрения для повышения активности ферментов и микроорганизмов в почвах, а также для повышения продуктивности и устойчивости ржи (и других злаковых культур). Объективно требуется большее внимание уделять возможностям органического – биологического – земледелия, что является совокупным фактором биовосстановления и биозащиты почв, устойчивого

хозяйствования и экологической безопасности.

Выводы

В результате моделирования последствий пожара выявлено существенное воздействие пирогенных факторов на экологические характеристики и ферментативную активность чернозема, который является ключевым биокосным и экономическим ресурсом для зернового хозяйства в степных районах России.

Активность каталазы снижается на 79–98%, инвертазы – на 80–99% сразу после пожара. Обилие азотфиксирующих микроорганизмов (азотобактер) уменьшается на 30–80% в зависимости от срока наблюдения. Пероксидазная активность менее чувствительна к пожару, что может быть связано с её участием в разложении обугленных остатков.

Применение препарата NAGRO демонстрирует положительный эффект, особенно в отношении углеводно-гидролитических и оксидоредуктазных ферментов: наблюдается кратковременный рост активности инвертазы — в экспериментах зафиксировано увеличение показателя в 61 раз за первый год (с 0,3 до 18,3 мл глюкозы/г/24 часа). Частичное восстановление ферментативной активности каталазы в октябре 2021 г. (с 0,6 до 4,7 мл O_2 /г/мин), что соответственно 8

раз превышает изначальное значение. Выравнивается динамика другого фермента из класса оксидоредуктаз (пероксида).

Однако препарат NAGRO оказывает менее выраженное влияние на обилие азотфиксирующих микроорганизмов. Так в мае 2021 г. показатель составлял 62,2% обрастания, а к маю 2022 г. он снизился до 5,0%, что указывает на его неэффективность и необходимость дополнительных мер для восстановления азотфиксирующей микрофлоры.

Положительное воздействие препарата носит кратковременный характер. Так в мае 2022 г. активность инвертазы снизилась до 3,9 мл глюкозы/г/24 часа (–78,7 % к пиковому значению октября 2021 г.). Активность каталазы стабилизировалась на уровне 4,8 мл O_2 /г/мин, что значительно ниже контрольных значений фонового участка (8,4 мл O_2 /г/мин за май 2022 г.). Следовательно для поддержания биологической активности необходима повторяя обработка.

Сертификат Европейского Союза, выданный комиссией ECOAGROS, подтверждает возможность применения данного удобрения на территории ЕС, включая почвы, используемые для экологического земледелия. В соответствии с ГОСТ, NAGRO классифицируется как вещество 4 класса опасности (малоопасные вещества), что свидетельствует о его

низком токсическом потенциале для человека, животных, насекомых и растений.

Отсутствие государственной регистрации обусловлено тем, что NAGRO не подпадает под действие Федерального закона №109-ФЗ "О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами" (согласно письму Россельхознадзора №ФС-АС-3/11757). Это стало возможным благодаря снижению содержания химических компонентов в составе удобрения, что позволяет оптимизировать использование минеральных удобрений и минимизировать применение или отказаться от ядохимикатов, тем самым снижая химическую нагрузку на почвенные и водные ресурсы.

NAGRO обладает способностью раскислять почву, повышать её плодородие,

увеличивать подвижность фосфора, содержание обменного калия и азота. Кроме того, удобрение способствует восстановлению биопродуктивного потенциала почвы, в том числе при рекультивации нефтезагрязнённых участков.

Исследования показали, что продукция, выращенная с применением NAGRO, соответствует предельно допустимым концентрациям (ПДК) нитратов. Это подтверждает её экологичность и гигиеническую безопасность для потребления. В работе рассмотрен пример органического земледелия, направленного на биовосстановление и биозащиту почв при выращивании зерновых культур.

Сведения об авторах

Свидченко Павел Павлович – аспирант ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»; E-mail: Paviel135@yandex.ru

Ларионов Максим Викторович – профессор ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»; E-mail: m.larionow2014@yandex.ru

Information about the authors

Pavel P. Svidchenko – Postgraduate Student of the Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH University); E-mail: Paviel135@yandex.ru

Maxim V. Larionov – Professor of the Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH University); E-mail: m.larionow2014@yandex.ru

© Дубенок Н. Н., Лебедев Д. А., 2025

Для цитирования: Свидченко П. П., Ларионов М. В. Биовосстановление постпирогенных почв с помощью биоорганического удобрения (при выращивании злаковых) // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral», No 2/2026. <https://doi.org/10.55186/2658-3569-2026-2-37-57>, EDN: UTXSWO

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Е.Р. и др. (2020). Биологические свойства почв антропогенно-нарушенных бореальных лесов Приамурья //Международный научно-исследовательский журнал. – №. 5-1 (95). – С. 162-167.
2. Азаренко (Мясникова) М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. (2020). Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период // Почвоведение. № 11. С. 1412-1422.
3. Голощапова, Ю.Ю. (2012). Влияние пожара на органическое вещество темно-серых лесных почв / Ю.Ю. Голощапова, Н.А. Калинин // Омский научный вестник. – №1. – С. 217- 220.
4. Горбунова Ю.С. (2013). Трансформация состава и свойств почв лесостепи под влиянием лесных пожаров: дис. – диссертация Воронеж, 2013. С. 4-15.
5. Горбунова Ю.С., Девятова Т. А., Румянцева И. В., Сычева Е.В. (2012). Динамика ферментативной активности чернозема выщелоченного в условиях интенсивного техногенного воздействия // Вестник российских университетов. Математика. №6. 1550 С.
6. Гуняженко И.В. (1972). Изменение микрофлоры и активности ферментов после пожара в почве сосновых насаждений разных типов леса. – 82 С.
7. Даденко Е.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. (2014). Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню // Почвоведение. №6. С. 724-733.
8. Девятова Т.А., Горбунова Ю. С. (2012). Изменение ферментативной активности почв в черноземе выщелоченном при пирогенном воз-действии // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – №. 2. – С. 136-143.
9. Завалишин С.И., Карелина В. С., Орлов А.В., Бабина А.Д., Черемнова Т. Ю. (2018). Морфологическое строение и биохимический потенциал пирогенных почв Приобских боров Алтайского края // Вестник АГАУ. №12. С. 28 – 34.
10. Казеев К. Ш. И др. (2020). Оценка влияния разных факторов пирогенного воздействия на биологические свойства чернозема // Почвоведение. – 2020. – №. 11. – С. 1372-1382.
11. Казеев К.Ш., Одабашян М.Ю., Трушков А.В., Колесников С.И. (2020). Оценка влияния разных факторов пирогенного воздействия на биологические свойства чернозема // Почвоведение. № 11. С. 1372-1382.
12. Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашян М.Ю., Колесников С.И. (2020). Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. № 7. С. 901-910.
13. Крончев Н.И. и др. (2014). Влияние препарата Нагро на урожайность яровой пшеницы в условиях Ульяновской области //Международный научно-исследовательский журнал. – №. 2-2 (21).
14. Пинчук Л. Г. (2018). Урожайность озимой ржи при применении биоорганического удобрения "Нагро" / Л. Г. Пинчук, А. В. Пьяных // Вестник Красгау. – № 6(141). – С. 7-11.
15. Пинчук Л. Г., Белоус И. О., Аланкина Д. Н. (2017). Оценка влияния биоорганического удобрения Нагро на урожайность пшеницы в Кузнецкой лесостепи // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике. – С. 371-375.
16. Свидченко П.П. Биоремедиация нарушенных пожарами почв // Экология и природопользование : тематический сборник. Вып.20 / отв. ред. К.Ш. Казеев ;

Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2023. С. 79-80.Тяги, М., да Фонсека, М.М.Р. и де Карвалью, С.С.С.Р. (2011). Стратегии биоаугментации и биостимуляции для повышения эффективности процессов биоремедиации. Биодegradация 22, 231-241.

17. Фомина Н.В. (2008). Особенности ферментативных процессов почв лесных питомников Красноярского края //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – №. 2. – С. 135-142.

18. Черникова М. П., Мясникова М. А., Казеев К. Ш. (2014). Сравнительная

характеристика показателей ферментативной активности почв Персиановской и Приазовской степей //Ecology and biology of the soil. – С. 610-613.

19. Trushkov A.V., Odabashyan M.Y., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. (2019) Changes in Physical Properties and Content of Total Organic Carbon in Postagrogenic Soils // Indian Journal of Ecology. 46(3). P 529-534.

20. Li Q. et al. (2022). Organic fertilizer activates soil beneficial microorganisms to promote strawberry growth and soil health after fumigation //Environmental Pollution. – Т. 295. – С. 118653

REFERENCES

1. Abramova E.R. et al. Biological properties of soils of anthropogenically disturbed boreal forests of the Amur region // *International Research Journal*. - 2020. - No. 5-1 (95). - P. 162-167.
2. Azarenko (Myasnikova) M.A., Kazeev K.Sh., Ermolaeva O.Yu., Kolesnikov S.I. Changes in vegetation cover and biological properties of chernozems in the post-agrogenic period // *Soil Science*. 2020. No. 11. P. 1412-1422.
3. Goloshchapova, Yu.Yu. The influence of fire on the organic matter of dark gray forest soils / Yu.Yu. Goloshchapova, N.A. Kalinenko // *Omsk Scientific Bulletin*. – 2012. – №1. – P. 217- 220.
4. Gorbunova Yu.S. Transformation of the composition and properties of forest-steppe soils under the influence of forest fires: diss. – dissertation Voronezh, 2013. P. 4-15.
5. Gorbunova Yu.S., Devyatova T.A., Rumyantseva I.V., Sycheva E.V. Dynamics of enzymatic activity of leached chernozem under conditions of intensive technogenic impact // *Bulletin of Russian Universities. Mathematics*. 2012. №6. 1550 P.
6. Gunyazhenko I.V. Changes in microflora and enzyme activity after a fire in the soil of pine plantations of different forest types. – 1972. 82 p.
7. Dadenko E.V., Myasnikova M.A., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biological activity of ordinary chernozem during long-term use for arable land // *Soil Science*. 2014. No. 6. Pp. 724-733.
8. Devyatova T.A., Gorbunova Yu.S. Changes in the enzymatic activity of soils in leached chernozem under pyrogenic influence // *Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. – 2012. – No. 2. – Pp. 136-143.
9. Zavalishin S.I., Karelina V.S., Orlov A.V., Babina A.D., Cheremnova T. Yu. Morphological structure and biochemical potential of pyrogenic soils of the Ob pine forests of Altai Krai // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2018. No. 12. pp. 28–34.
10. Kazeev K.Sh. et al. Assessment of the influence of various factors of pyrogenic impact on the biological properties of chernozem // *Soil Science*. – 2020. – No. 11. – pp. 1372–1382.
11. Kazeev K.Sh., Odabashyan M.Yu., Trushkov A.V., Kolesnikov S.I. Assessment of the influence of various factors of pyrogenic impact on the biological properties of chernozem // *Soil Science*. 2020. No. 11. pp. 1372–1382.
12. Kazeev K.Sh., Trushkov A.V., Odabashyan M.Yu., Kolesnikov S.I. Post-agrogenic changes in enzymatic activity and organic carbon content of chernozem during the first 3 years of fallow soil // *Soil Science*. 2020. No. 7. pp. 901-910.
13. Kronchev N.I. et al. Effect of the Nagro preparation on the yield of spring wheat in the Ulyanovsk region // *International Research Journal*. - 2014. - No. 2-2 (21).
14. Pinchuk L.G. Yield of winter rye with the use of the bioorganic fertilizer "Nagro" / L.G. Pinchuk, A.V. P'yanykh // *Vestnik Krasgau*. - 2018. - No. 6 (141). – P. 7-11.
15. Pinchuk L. G., Belous I. O., Alankina D. N. Evaluation of the influence of the bioorganic fertilizer Nagro on wheat yield in the Kuznetsk forest-steppe // *Current trends in agricultural production in the global economy*. – 2017. – P. 371-375.
16. Tyagi, M., da Fonseca, M. M. R. and de Carvalho, C. C. C. R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the efficiency of bioremediation processes. *Biodegradation* 22, 231-241 (2011).
17. Fomina N. V. Features of enzymatic processes in soils of forest nurseries of Krasnoyarsk Krai // *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. – 2008. – No. 2. – P. 135-142.
18. Chernikova M. P., Myasnikova M. A., Kazeev K. Sh. Comparative characteristics of enzymatic activity indicators in soils of the Persianovskaya and Azov steppes // *Ecology and biology of the soil*. - 2014. - P. 610-613.

19. Trushkov A. V., Odabashyan M. Y., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. Changes in Physical Properties and Content of Total Organic Carbon in Postagrogenic Soils // Indian Journal of Ecology. 2019. 46(3). P. 529-534.

20. Li Q. et al. Organic fertilizer activates soil beneficial microorganisms to promote strawberry growth and soil health after fumigation // Environmental Pollution. - 2022. - Vol. 295. - P. 118-653