

Естественные науки. 2024. № 3(16). С. 57–70.

*Yestestvennyy nauki = Natural Sciences*. 2024; 3 (16): 57–70 (In Russ.)

Научная статья

УДК 613.432

doi 10.54398/2500-2805.2024.16.3.006

**ПОСТПИРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ  
ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ  
АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Данченко Иван Алексеевич<sup>1</sup>✉, Яковлева Людмила Вячеславовна<sup>2</sup>,  
Зотов Егор Сергеевич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия

<sup>2</sup>Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, г. Астрахань, Россия

danchenko-i@vfanc.ru ✉

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию постпирогенных изменений химического состава каштановых почв агролесомелиоративных насаждений Волгоградской области. Результаты исследования показали значительные изменения содержания общего и минерального азота, гумуса, подвижного фосфора и калия в результате воздействия пожара, что влияет на экосистемные процессы и плодородие почвы. Потери органического вещества при пожарах связаны с термическим разложением гумуса. Содержание общего и минерального азота на участках, подвергшихся воздействию пожара, было ниже по сравнению с контрольными участками. Снижение содержания всех форм азота в почве после пожара может привести к его дефициту для растений, что ограничивает их рост и продуктивность на начальных стадиях восстановления. Полученные данные могут быть полезны для разработки рекомендаций по восстановлению и улучшению почвенных ресурсов в условиях агролесомелиорации.

**Ключевые слова:** пирогенез почв, каштановые почвы, Волгоградская область, агролесомелиорация, химический состав почвы, pH, гумус, подвижный фосфор, подвижный калий

**Для цитирования:** Данченко И. А., Яковлева Л. В., Зотов Е. С. Постпирогенное изменение химического состава почв агролесомелиоративных насаждений Волгоградской области // Естественные науки. 2024. № 3 (16). С. 57–70. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2024.16.3.006>.

## POST-PYROGENIC CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF SOILS OF AGRO-FORESTRY IMPROVEMENT PLANTATIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

Danchenko Ivan A.<sup>1</sup>✉, Yakovleva Lyudmila V.<sup>2</sup>, Zotov Egor S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Forestry of the RAS, Volgograd, Russia

<sup>2</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

danchenko-i@vfanc.ru✉

**Abstract.** The article is devoted to the study of post-pyrogenic changes in the chemical composition of chestnut soils of agroforestry plantations in the Volgograd region. The results of the study showed significant changes in the content of total and mineral nitrogen, humus, mobile phosphorus and potassium as a result of fire, which affects ecosystem processes and soil fertility. Losses of organic matter during fires are associated with thermal decomposition of humus. The content of total and mineral nitrogen in areas exposed to fire was lower compared to control areas. A decrease in the content of all forms of nitrogen in the soil after a fire can lead to its deficiency for plants, which limits their growth and productivity at the initial stages of restoration. The data obtained can be useful for developing recommendations for the restoration and improvement of soil resources in agroforestry conditions.

**Keywords:** soil pyrogenesis, chestnut soils, Volgograd region, agroforestry reclamation, soil chemical composition, pH, humus, mobile phosphorus, mobile potassium

**Forcitation:** Danchenko I. A., Yakovleva L. V., Zotov E. S. Post-pyrogenic changes in the chemical composition of soils of agro-forestry improvement plantations of the Volgograd region. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2024; № 3 (16): 57–70. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2024.16.3.006> (In Russ.).

**Введение.** В последние десятилетия влияние пожаров на почвенные экосистемы привлекает повышенное внимание учёных, поскольку возгорание, особенно в зонах агролесомелиоративных насаждений, может существенно изменять химический состав почв, влияя на их продуктивность и устойчивость. Пожары приводят к термическому разрушению органического вещества, выделению питательных элементов и изменению кислотности, что вызывает долгосрочные последствия для восстановления растительности и продуктивности сельскохозяйственных угодий. Особенно актуальным является исследование постпирогенных изменений в условиях Волгоградской области, где почвы, по классификации представленные каштановыми, подвержены значительным колебаниям температуры и влажности, что в сочетании с последствиями пожаров может существенно затруднить процесс восстановления экосистем.

Изучение влияния пожаров на почвенные экосистемы имеет ключевое значение для понимания экосистемных процессов, поскольку возгорание влияет на физико-химические свойства почвы, нарушает микробные

сообщества и меняет биогеохимические циклы питательных веществ. В условиях агролесомелиоративных насаждений, направленных на улучшение свойств почвы и защиту её от эрозии, изучение постпирогенных изменений становится особенно актуальным.

Одним из часто наблюдаемых эффектов пожаров является повышение рН почвы. Это связано с образованием и накоплением золы, богатой основаниями, которая действует как природный известковый материал, уменьшая кислотность почвы и повышая её щёлочность [8]. Российские исследователи [см., например: 7] также отметили, что после пожара рН почвы может увеличиваться, особенно на ранних стадиях, что связано с выбросом кальция и магния. Однако длительность изменений зависит от текстуры почвы и содержания органического вещества.

Пожары приводят к потере азота в почве из-за минерализации органического вещества, особенно в поверхностных слоях [4]. В условиях засушливого климата Волгоградской области, представленного каштановыми почвами, часть азота может быть утрачена, а часть переходит в минеральные формы. Исследователями было подтверждено [1], что минерализация органического азота после пожара происходит особенно интенсивно и приводит к накоплению аммонийного азота в первые месяцы. Однако в дальнейшем уровень нитратного азота уменьшается из-за вымывания и разложения.

После пожара органическое вещество в значительной степени разрушается, что ведёт к снижению содержания гумуса. Это критично для каштановых почв, в которых доля гумуса невелика по сравнению с чернозёмами. Исследования показывают [3], что пожары могут снижать содержание гумуса в 1,5–2,0 раза и таким образом влиять на дальнейшее восстановление микроорганизмов и плодородие почвы.

Пожары могут значительно изменить доступность фосфора и калия в почвах. В краткосрочной перспективе фосфор становится более доступным из-за минерализации органических остатков [12]. Как подтверждают Семёнова и Бондарев [5], подвижные формы фосфора и калия после пожаров увеличиваются, однако эта тенденция временная, так как элементы постепенно вымываются в более глубокие слои или фиксируются в почве.

В условиях агролесомелиорации, направленной на улучшение плодородия и защиту почв от эрозии, последствия пожаров требуют особого внимания. Понимание химических изменений в почве после пожаров в данных условиях необходимо для корректировки методов агролесомелиоративного управления и разработки эффективных стратегий восстановления почвенного покрова. Данная работа посвящена изучению постпирогенных изменений рН, содержания общего и минеральных форм азота, подвижного фосфора и калия, а также гумуса в каштановых почвах Волгоградской области. Анализ этих показателей позволит определить, как быстро восстанавливаются почвы после пожара, и предложить меры для поддержания их плодородия в условиях агролесомелиоративных насаждений.

**Материалы и методы исследований.** Исследование проводилось на почвенном покрове агролесомелиоративных насаждений Волгоградской области, представленном каштановыми почвами, подверженными постпирогенному изменению. Для анализа были взяты почвенные образцы с трёх участков, выбранных с учётом различий в степени воздействия пожара и растительного покрова. В ходе экспериментов проведены химические анализы основных показателей, изменяющихся под воздействием огня, таких как pH, содержание органического вещества, подвижных форм калия и нитратного азота.

Реакцию почвенного раствора измеряли потенциометрическим методом согласно ГОСТ 26423-85. Для анализа содержания органического вещества применялся фотометрический метод в соответствии с ГОСТ 26213-2021. Концентрация подвижного калия определялась методом пламенной фотометрии по ГОСТ Р 54650-2011. Для определения нитратного азота использовался метод капиллярного электрофореза согласно стандарту ПНД Ф 16.1:2:2.3:2.2.69-10. Данный метод позволяет эффективно отделить и количественно измерить нитрат-анионы, что необходимо для оценки изменения содержания минерального азота в почве после пожара. Для анализа хлорид-ионов использовался метод капиллярного электрофореза по стандарту ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.74-2012.

**Результаты и их обсуждение.** Пирогенный фактор, такой как лесные пожары, может оказывать значительное влияние на pH почвы. При сгорании растительности высвобождаются щелочные соединения, такие как карбонаты кальция и калия, которые повышают pH почвы (рис. 1).

В слое 0–10 см значение pH варьировало от 7,3 до 8,1 (контроль, участок № 2–3, 10). После прохождения пожаров наблюдалось подщелачивание почвенного раствора (участок № 2–3, 10).

Пожары сжигают органическое вещество в почве, которое обычно имеет нейтральное значение pH. Сжигание органического вещества приводит к относительному увеличению содержания щелочных соединений и повышению pH, что и наблюдается на графиках (рис. 1).

Пирогенный фактор может несколько повлиять на содержание органического вещества в почве. Содержание органического вещества в слое 0–10 см в контроле варьировало от 5,34 до 10,2 %, тогда как на площадках, подверженных зафиксированному пожару, этот показатель составлял от 3,40 до 6,36 % (рис. 2).

Содержание органического вещества в каштановых почвах в слое 0–10 см составило 5,34–10,2 %. Многие авторы указывают на увеличение содержания углерода в почве вследствие сгорания растительного материала как в лесных, так и степных экосистемах [6; 9–11]. В наших исследованиях на площадках, подверженных пирогенному воздействию, этот показатель составил 3,40–6,36 % (рис. 2).

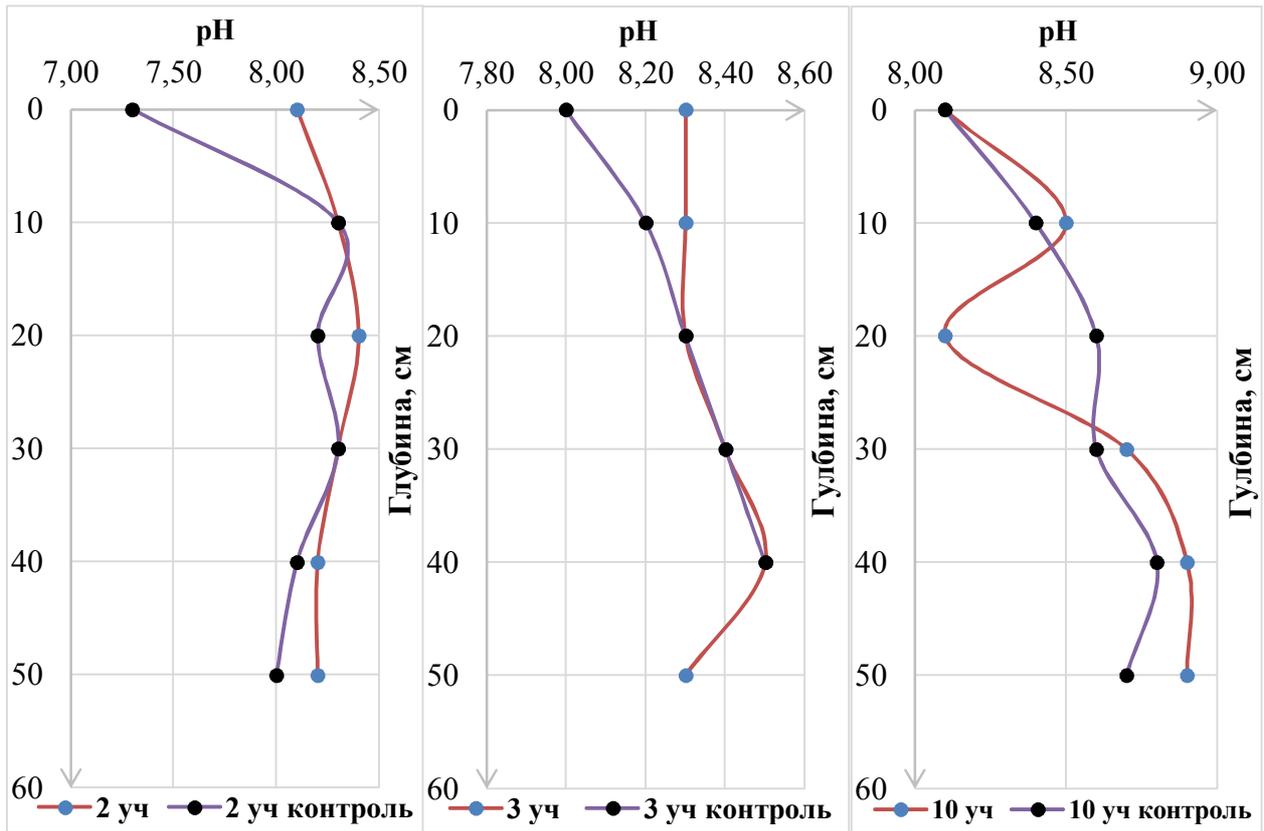


Рисунок 1 — Динамика изменения рН на исследуемых участках

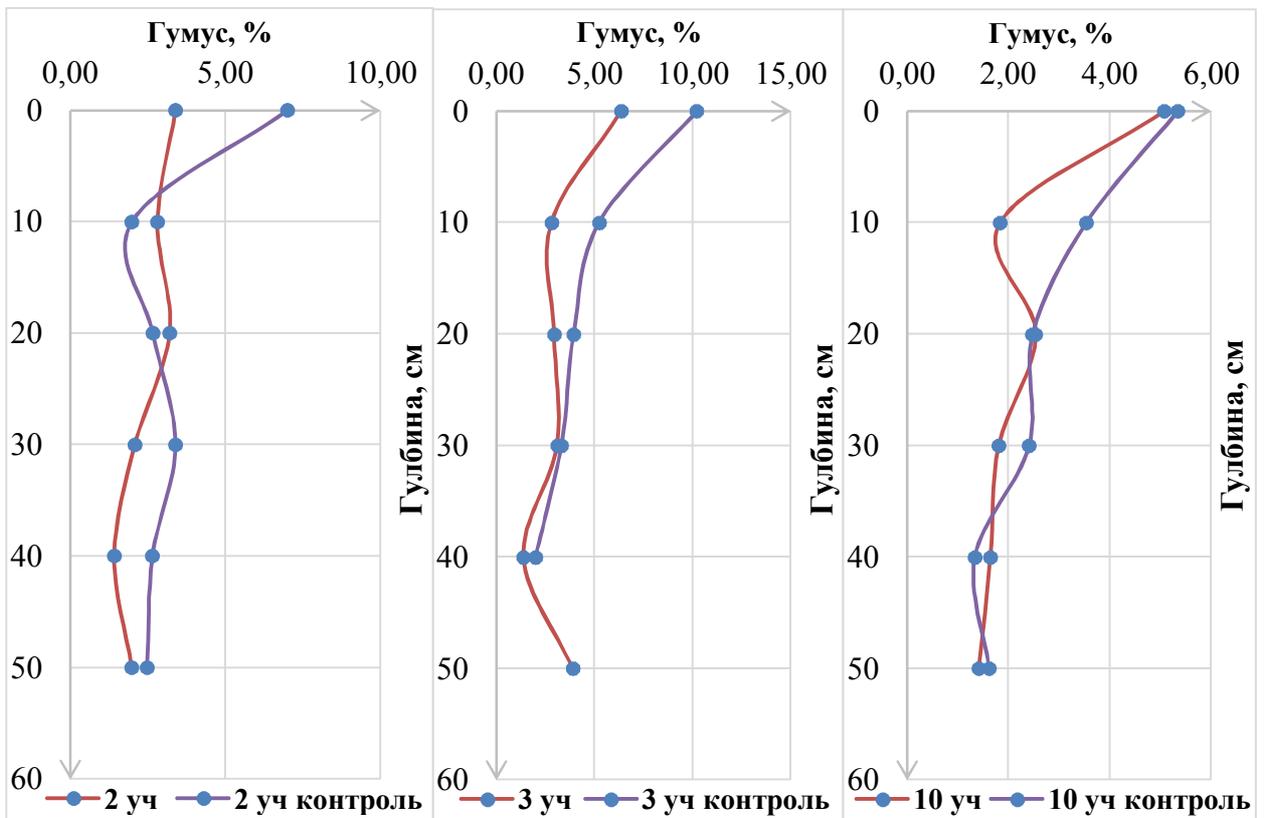


Рисунок 2 — Динамика изменения содержания гумуса на исследуемых участках

Повышение температуры от пожаров может вызвать термическое разложение органического вещества, разрушая его химическую структуру и превращая его в более простые соединения, такие как вода, углекислый газ и зола.

Уменьшение содержания нитратов в почве под действием пирогенного фактора может иметь как положительные, так и отрицательные последствия. С одной стороны, это может привести к снижению риска загрязнения грунтовых вод нитратами. С другой стороны, это может привести к дефициту азота для растений, что может негативно сказаться на их росте и продуктивности.

В слое 0–10 см содержание нитратов в контроле составило 144,0 мг/кг на втором участке, 65,5 мг/кг — на третьем и 86,0 мг/кг — на десятом. На площадках, подверженных пирогенному фактору, эти показатели были равны 38,7, 35,2 и 32,4 мг/кг соответственно (рис. 3).

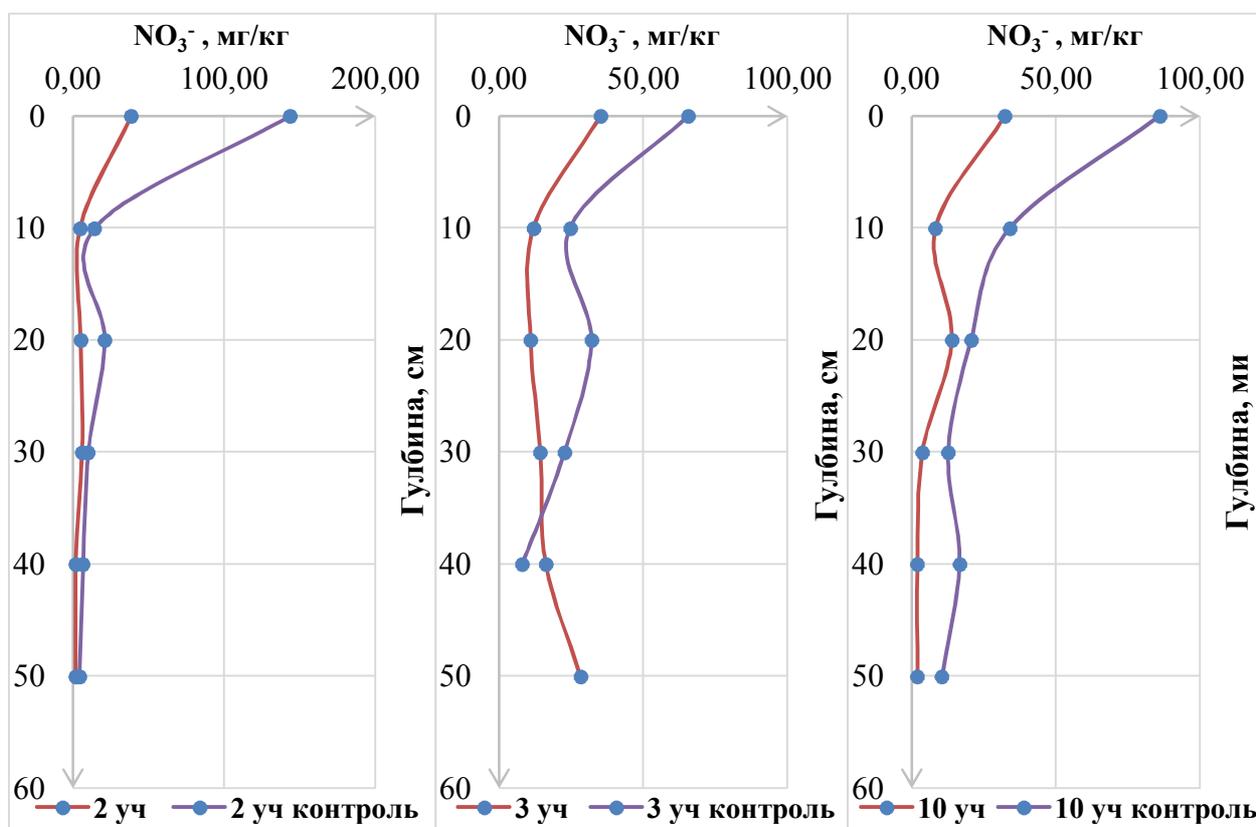


Рисунок 3 — Динамика изменения содержания нитратов на исследуемых участках

На двух из трёх опытных участков прослеживается явное понижение содержания данных соединений. Это происходит по нескольким причинам: высокие температуры, возникающие при пожарах, могут привести к денитрификации, процессу, при котором нитраты преобразуются в газообразные формы азота — оксид азота (NO) и азот (N<sub>2</sub>); эти газы улетучиваются в атмосферу, уменьшая содержание нитратов в почве.

Пожары могут создавать восстановительные условия в почве, что способствует восстановлению нитратов до аммония. Аммоний менее подвижен,

чем нитраты, и может связываться с почвенными частицами, уменьшая его вымывание.

Нитраты могут также улетучиваться в виде аммиака ( $\text{NH}_3$ ) при высоких температурах. Этот процесс происходит в основном в щелочных почвах.

Уголь, образующийся в результате пожаров, обладает высокой адсорбционной способностью. Он может адсорбировать нитраты из почвенного раствора, уменьшая их доступность для растений. На рисунке 4 представлено распределение общего азота (%) по глубине для каждого исследуемого участка по сравнению с контролем.

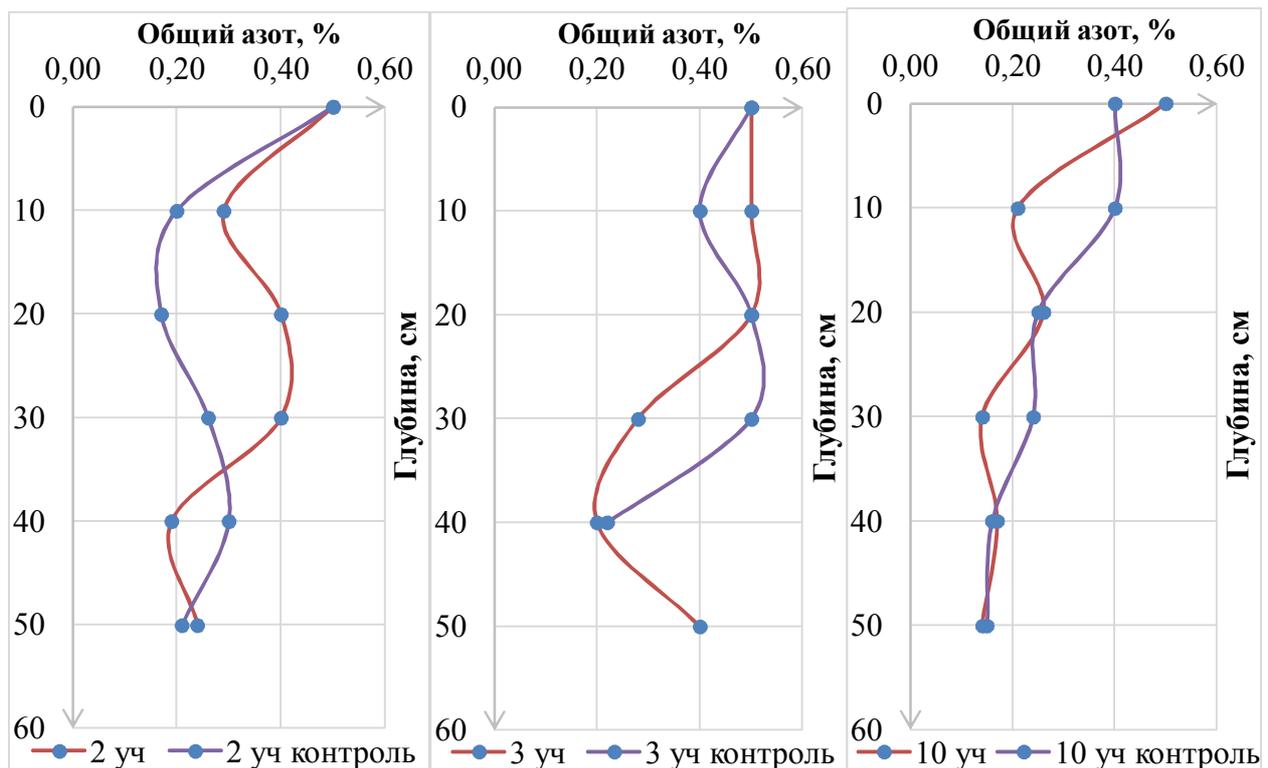


Рисунок 4 — Динамика общего азота на исследуемых участках

Жёлтая линия на каждом графике отражает динамику на контрольных участках, тогда как оранжевая линия — на участках, подвергшихся постпирогенному воздействию.

На всех трёх участках наблюдается снижение содержания общего азота с глубиной, что характерно для почв с накоплением органического вещества в верхних горизонтах.

Участки 2–3 и 10, подвергшиеся влиянию пожара, демонстрируют более высокие концентрации общего азота в верхнем слое (0–20 см) по сравнению с контрольными образцами. Этот эффект особенно выражен на участке 10, где содержание азота в верхних слоях значительно превышает уровень на контрольном участке, что может свидетельствовать о повышенном накоплении органического вещества в результате воздействия огня. На рисунке 5 представлено распределение содержания аммонийного азота на контрольном участке и на участках, подверженных пирогенному фактору.

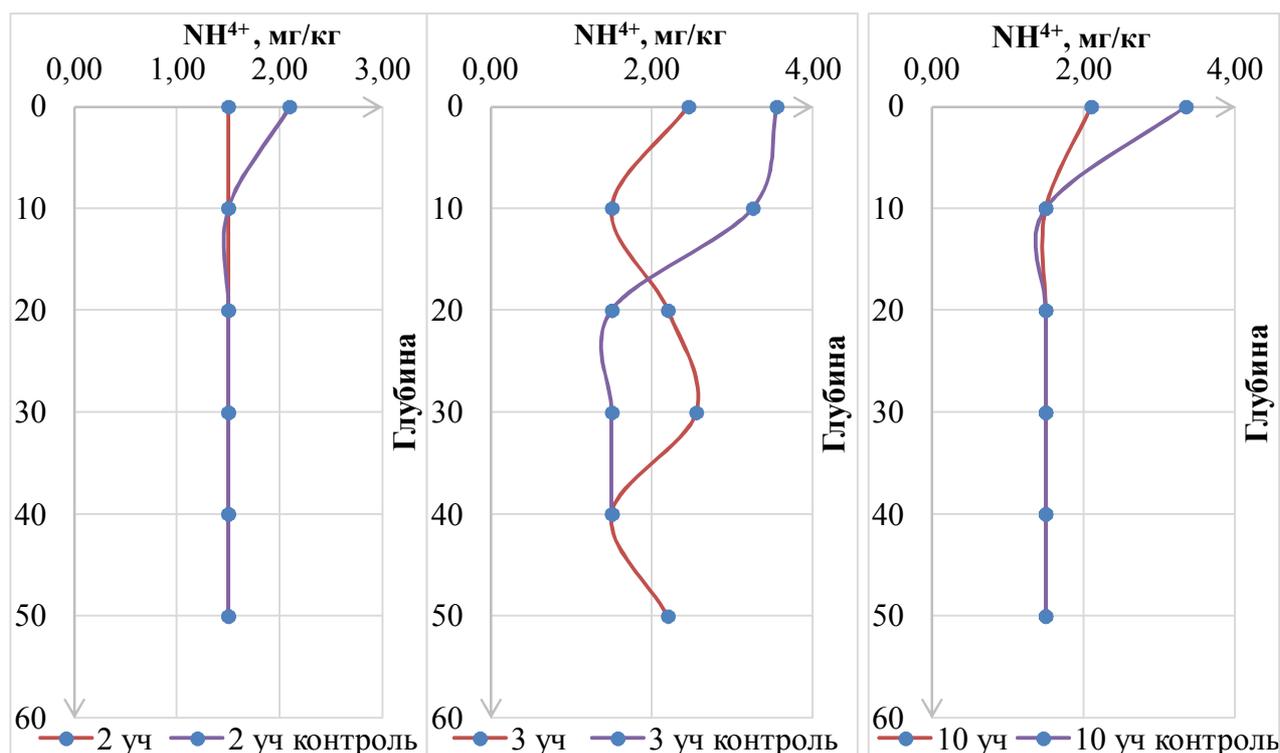


Рисунок 5 — Динамика аммонийного азота на исследуемых участках

На контрольном участке 3 максимальное значение показателя зафиксировано на поверхности и составило 3,55 мг/кг, по мере увеличения глубины содержание аммонийного азота постепенно снижается (от 3,25 мг/кг на 10 см до 1,50 мг/кг на глубине 50 см). Это может указывать на перераспределение вещества на участке 3 после воздействия пожара.

На участке 10 значение показателя остаётся постоянным на всех глубинах (1,5 мг/кг), за исключением поверхности, где оно достигает 2,1 мг/кг. На контрольном участке 10 также наблюдается высокое значение содержания аммонийного азота на поверхности (3,35 мг/кг), вниз по профилю данный показатель снижается и на глубине 50 см содержание аммонийного азота составляет 1,5 мг/кг.

Таким образом, контрольные участки, как правило, характеризуются более высокими значениями показателя на поверхности по сравнению с участками, подвергшимися воздействию. Это может свидетельствовать о потере вещества с поверхности на участках после пожара или его перераспределения в почвенном профиле.

На рисунке 6 представлено распределение подвижного калия в почвенном профиле на контроле и после воздействия пожара.

На участке 2 содержание подвижного калия значительно выше на поверхности (840 мг/кг) и затем резко снижается до 310 мг/кг на глубине 10 см, продолжая колебаться в диапазоне 167–470 мг/кг до глубины 50 см.

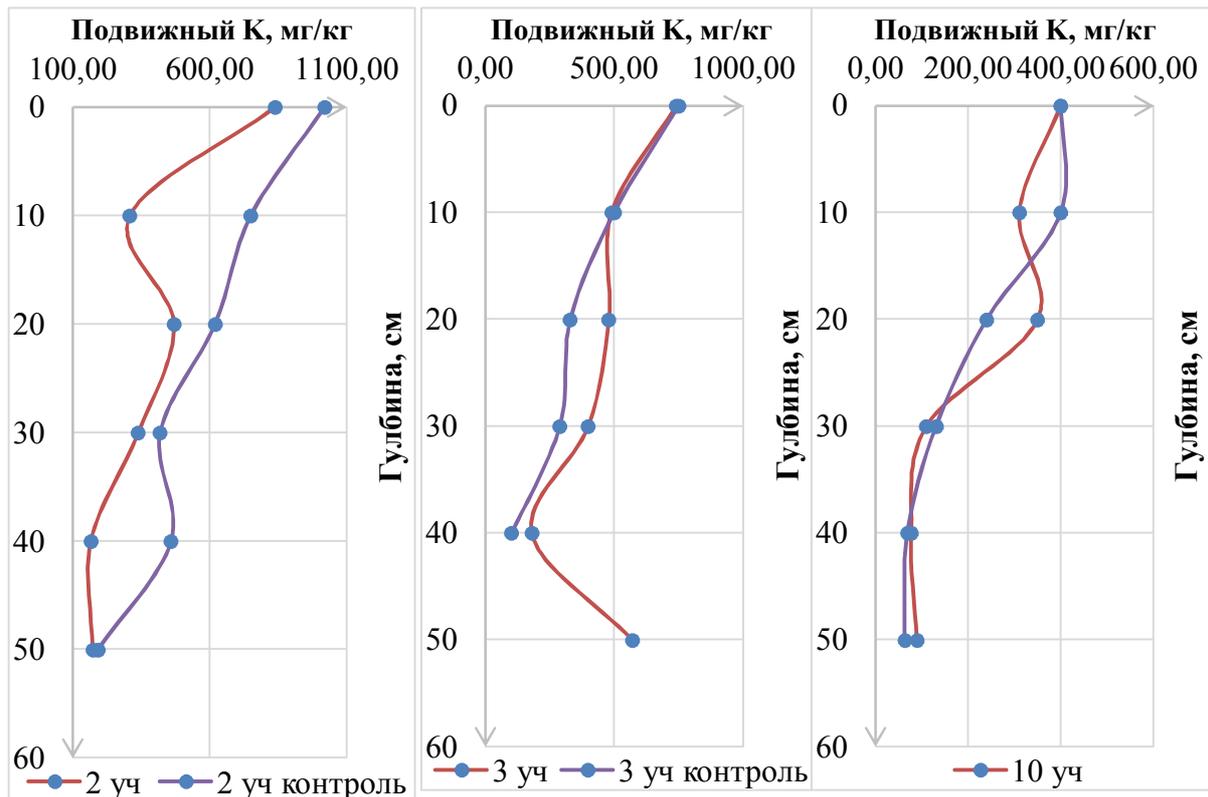


Рисунок 6 — Динамика содержания подвижного калия на исследуемых участках

Контрольный участок 2 характеризуется высокой концентрацией калия на поверхности (1020 мг/кг), которая постепенно уменьшается до 193 мг/кг на уровне 50 см. Разница в содержании калия между участком 2 и его контрольным аналогом особенно заметна на поверхности, что может указывать на перераспределение калия после воздействия пожара.

На участке 3 максимальная концентрация подвижного калия также отмечена на поверхности (740 мг/кг), после чего она плавно снижается до 181 мг/кг на глубине 40 см. Однако на глубине 50 см наблюдается резкий всплеск калия до 570 мг/кг, что может указывать на его миграцию или накопление в нижнем горизонте. На контрольном участке 3 содержание калия на поверхности составляет 750 мг/кг и также снижается с глубиной, достигая 103 мг/кг на глубине 40 см. На этом участке концентрации калия более равномерны по профилю, что может свидетельствовать об отсутствии внешних воздействий.

На участке 10 содержание подвижного калия на поверхности относительно низкое (400 мг/кг) и снижается до минимальных значений (77 мг/кг на глубине 40 см). На контрольном участке 10 концентрации калия на поверхности и на глубине 10 см также составляют 400 мг/кг, после чего постепенно уменьшаются, достигая минимальных значений (63 мг/кг) на глубине 50 см.

В целом на участках, подвергшихся воздействию пожара (2–3 и 10 участки), наблюдается выраженное снижение содержания подвижного калия с глубиной.

Контрольные участки, как правило, показывают более стабильные концентрации калия в верхних слоях и плавное уменьшение в нижних горизонтах. Данные различия могут быть связаны с перераспределением калия в результате воздействия огня и другими почвенными процессами, влияющими на миграцию и доступность калия в почвенном профиле.

На рисунке 7 представлено распределение подвижного фосфора в почвенном профиле на контроле и после воздействия пожара.

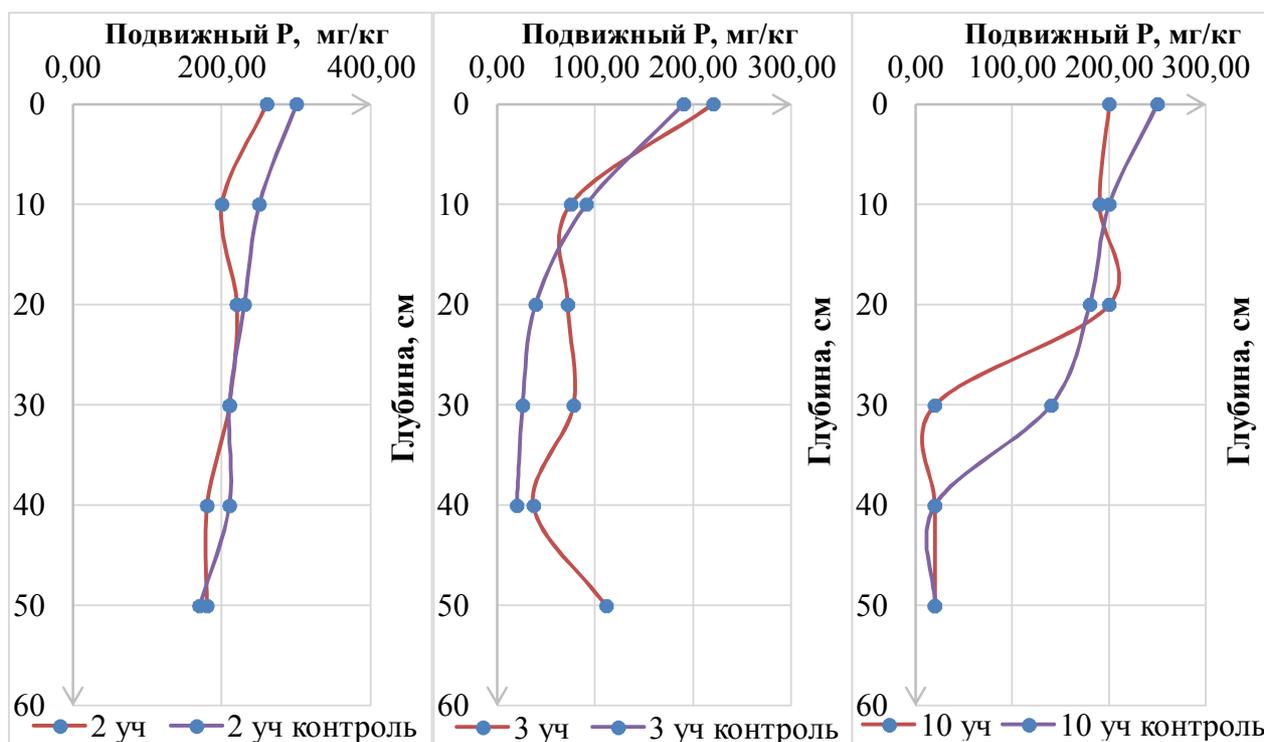


Рисунок 7 — Динамика содержания подвижного фосфор на исследуемых участках

На участке 2 содержание подвижного фосфора на поверхности составляет 260 мг/кг и плавно уменьшается до 180 мг/кг на 40–50 см. Контрольный участок 2 демонстрирует несколько более высокие значения, начиная с 300 мг/кг на поверхности и плавно снижаясь до 170 мг/кг на глубине 50 см. Эти данные могут указывать на более высокое начальное содержание фосфора на поверхности контрольного участка по сравнению с участком, подвергшимся воздействию.

На участке 3 концентрации подвижного фосфора значительно ниже по сравнению с другими участками. Максимальное содержание фосфора наблюдается на поверхности (220 мг/кг), и резко падает до 75 мг/кг на глубине 10 см и продолжает уменьшаться с глубиной, достигая 37 мг/кг на 40 см. На глубине 50 см наблюдается некоторое увеличение до 111 мг/кг, что может свидетельствовать о перераспределении фосфора в почвенном профиле. Контрольный участок 3 показывает аналогичное снижение, начиная с 190 мг/кг на поверхности до 20 мг/кг на глубине 40 см. Этот участок, в отличие от основного, демонстрирует более равномерное распределение фосфора с меньшими колебаниями.

На участке 10 концентрация фосфора на поверхности составляет 200 мг/кг и остаётся относительно стабильной до глубины 20 см. Затем на глубине 30 см значение резко падает до 20 мг/кг и остаётся на этом уровне до конца профиля. Контрольный участок 10, напротив, имеет более высокое начальное содержание (250 мг/кг на поверхности), которое постепенно уменьшается с глубиной, достигая минимальных значений в 20 мг/кг на глубине 40–50 см.

В целом на всех исследуемых участках наблюдается тенденция к уменьшению содержания подвижного фосфора с глубиной, однако величина и характер снижения отличаются. Участки, подвергшиеся воздействию пожара, показывают более резкое снижение фосфора на разных глубинах, что может свидетельствовать о вымывании или перераспределении этого элемента. Контрольные участки демонстрируют более равномерное распределение фосфора по профилю, что может указывать на отсутствие дополнительных факторов, влияющих на динамику его распределения.

**Заключение.** В результате проведённого исследования установлено, что воздействие пирогенного фактора оказывает значительное влияние на химический состав каштановых почв агролесомелиоративных насаждений Волгоградской области. На основе сравнительного анализа контрольных участков и участков, подвергшихся воздействию пожара, были выявлены характерные изменения в содержании макроэлементов, органического вещества и кислотности почвы. Эти изменения существенно влияют на плодородие и устойчивость почв к дальнейшим агролесомелиоративным нагрузкам.

Анализ рН показал, что под воздействием пожара происходит смещение кислотности почвы в щелочную сторону. На глубине до 10 см рН контрольных участков варьировал от 7,3 до 8,1, в то время как на участках, подвергшихся пожарам, наблюдалось повышение рН. Это объясняется высвобождением щелочных соединений в результате сгорания растительности, что может сказаться на микробиологической активности почвы и нарушить процессы минерализации, ограничивая доступность питательных веществ для растений.

Содержание общего и аммонийного азота на участках, подвергшихся воздействию пожара, было ниже по сравнению с контрольными участками. Наибольшие потери азота произошли в форме нитратного азота, содержание которого в верхнем десятисантиметровом слое почвы снизилось в два и более раз на участках, затронутых пожаром. Это может быть связано с процессами денитрификации, которые активизируются при высоких температурах, а также с улетучиванием азота в газообразной форме. Снижение содержания нитратного азота в почве после пожара может привести к дефициту азота для растений, что ограничивает их рост и продуктивность на начальных стадиях восстановления.

Содержание гумуса в пострадавших почвах также существенно снизилось. На контрольных участках уровень гумуса в верхнем слое варьировал от 5,34 до 10,20 %, в то время как на обожжённых участках он составил

от 3,4. до 6,36 %. Потери органического вещества при пожарах связаны с термическим разложением гумуса под воздействием высоких температур. Это приводит к ухудшению структуры почвы, снижению её водоудерживающей способности и плодородия.

Исследование динамики подвижного фосфора показало его снижение на участках, подверженных пожару, по сравнению с контрольными. На начальных этапах восстановления растений дефицит подвижного фосфора может замедлить процессы восстановления биомассы и ограничить доступность фосфора для растений. Аналогичная тенденция наблюдается в содержании подвижного калия: после пожара в верхних слоях почвы его концентрация также снизилась. Это может объясняться вымыванием и перераспределением калия в почвенном профиле под воздействием изменённых условий почвы после пожара.

Таким образом, воздействие пирогенного фактора приводит к существенным изменениям в химическом составе каштановых почв, уменьшая доступность важнейших питательных элементов для растений и снижая уровень органического вещества.

#### **Список литературы**

1. Гончарова, Л. А. Динамика азотного режима почвы после лесных пожаров / Л. А. Гончарова, О. В. Бондаренко // *Аграрная наука*. — 2013. — № 1. — С. 47–52.
2. Горбунова, Ю. С. Влияние пожара на почвенный и растительный покров лесов центрального Черноземья России / Ю. С. Горбунова, Т.А. Девятова, А. Я. Григорьевская // *Аридные экосистемы*. — 2014. — Т. 20, № 4 (61). — С. 76–85.
3. Гусев, Н. В. Влияние пожаров на содержание гумуса и азотный режим почвы / Н. В. Гусев, С. Я. Трофимов, Е. А. Николаева // *Почвоведение*. — 2018. — № 6. — С. 707–713.
4. Данченко, И. А. Влияние пирогенного фактора на почвенный покров Енатаевского района Астраханской области / И. А. Данченко, Л. В. Яковлева // *Естественные науки*. — 2023. — № 2 (11). — С. 38–46.
5. Семенова, А. С. Подвижные формы калия и фосфора в почве после пожаров / А. С. Семенова, А. С. Бондарев // *Аграрная наука*. — 2014. — № 4. — С. 75–78.
6. Старцев, В. В. Почвы постпирогенных лиственничников средней Сибири: морфология, физико-химические свойства и особенности почвенного органического вещества / В. В. Старцев, А. А. Дымов, А. С. Прокушкин // *Почвоведение*. — 2017. — № 8. — С. 912–925.
7. Хананов, Р. Р. Влияние пожара на физико-химические свойства почвы в условиях лесостепи / Р. Р. Хананов, Н. А. Воронкова, Н. Т. Муслимов // *Почвоведение*. — 2007. — № 7. — С. 845–850.
8. Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review / G. Certini. // *Oecologia*. — 2005. — № 143 (1). — P. 1–10.
9. García-Orenes, F. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem / F. García-Orenes, C. Guerrero, A. Roldán, J. Mataix-Solera, A. Cerdà, M. Campoy // *Soil and Tillage Research*. — 2010. — № 109 (2). — P. 110–115.
10. González-Pérez, J. A. The effect of fire on soil organic matter — a review / J. A. González-Pérez, F. J. González-Vila, G. Almendros, H., Knicker // *Environment International*. — 2004. — № 30 (6). — P. 855–870.

11. Pereira, P. Fire effects on soil properties. / P. Pereira, X. Úbeda, D. A. Martin // *Science of the Total Environment*. — 2019. — № 655. — P. 483–494.
12. Raison, R. J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review / R. J. Raison // *Plant and Soil*. — 1979. — № 51 (1). — P. 73–108.

### References

1. Goncharova, L. A., Bondarenko, O. V. Dynamics of the nitrogen regime of the soil after forest fires. *Agrarnaya nauka = Agricultural science*. 2013; 1: 47–52.
2. Gorbunova, Yu. S., Devyatova, T. A., Grigorevskaya, A. Ya. The influence of fire on the soil and vegetation cover of forests in the central Black Earth region of Russia. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2014; 20, 4 (61): 76–85.
3. Gusev, N. V., Trofimov, S. Ya., Nikolaeva, E. A. The influence of fires on the humus content and nitrogen regime of the soil. *Pochvovedenie = Soil Science*. 2018; 6: 707–713.
4. Danchenko, I. A., Jakovleva, L. V. Influence of the pyrogenic factor on the soil cover of the Yenataevsky district of the Astrakhan region. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2023; 2 (11): 38–46.
5. Semenova, A. S., Bondarev, A. S. Mobile forms of potassium and phosphorus in the soil after fires. *Agrarnaya nauka = Agricultural science*. 2014; 4: 75–78.
6. Starcev, V. V., Dymov, A. A., Prokushkin, A. S. Soils of post-pyrogenic larch forests of central Siberia: morphology, physicochemical properties and features of soil organic matter. *Pochvovedenie = Soil Science*. 2017; 8: 912–925.
7. Hananov, R. R., Voronkova, N. A., Muslimov, N. T. The influence of fire on the physicochemical properties of soil in forest-steppe conditions. *Pochvovedenie = Soil Science*. 2007; 7: 845–850.
8. Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*. 2005; 143 (1): 1–10.
9. García-Orenes, F., Guerrero, C., Roldán, A., Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Campoy, M. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*. 2010; 109 (2): 110–115.
10. González-Pérez, J. A., González-Vila, F. J., Almendros, G., Knicker, H. The effect of fire on soil organic matter — a review. *Environment International*. 2004; 30 (6): 855–870.
11. Pereira, P., Úbeda, X., Martin, D. A. Fire effects on soil properties. *Science of The Total Environment*. 2019; 655: 483–494.
12. Raison, R. J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil*. 1979; 51 (1): 73–108.

### Информация об авторах

Данченко И. А. — лаборант-исследователь;  
Яковлева Л. В. — доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой;  
Зотов Е. С. — лаборант-исследователь.

### Information about the authors

Danchenko I. A. — Laboratory Research Assistant;  
Yakovleva L. V. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Department;  
Zotov E. S. — Laboratory Research Assistant.

**Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors**

All authors have made equivalent contributions to publications.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 03.10.2024; одобрена после рецензирования 08.10.2024; принята к публикации 10.10.2024.

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 08.10.2024; accepted for publication 10.10.2024.