

УДК 630.935.4*338.14

Г. Я. Климчик, П. В. Шалимо, О. Г. Бельчина
Белорусский государственный технологический университет

ОЦЕНКА КОСВЕННОГО УЩЕРБА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В СОСНЯКАХ

В статье рассмотрены вопросы оценки и учета потерь от лесных пожаров. В современных условиях интенсивного техногенного развития, прогрессирующей урбанизации, развития транспортных сетей и массового посещения лесов населением пожарная опасность только возрастает. В настоящее время при оценке ущерба, нанесенного лесными пожарами, учитываются только прямые затраты, что не отражает всей картины убытков. Поэтому необходимость разработки методики оценки потерь от лесных пожаров не вызывает сомнения. Нами предложены шкалы для определения косвенных потерь основных компонентов и лесной подстилки от пожаров в сосняках и методика их расчета.

Ключевые слова: лесной пожар, прямой и косвенный ущерб, эколого-экономические показатели, депонирование углерода.

Для цитирования: Климчик Г. Я., Шалимо П. В., Бельчина О. Г. Оценка косвенного ущерба от лесных пожаров в сосняках // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 1 (276). С. 31–38.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-4.

G. Ya. Klimchik, P. V. Shalimo, O. G. Bel'china
Belarusian State Technological University

ASSESSMENT OF DAMAGE FROM FOREST FIRES IN PINE FORESTS

The article deals with the issues of assessing and accounting for losses from forest fires. In modern conditions of intensive technogenic development, progressive urbanization, the development of transport networks and massive visits to forests by the population, the fire danger will only increase. Currently, when assessing the damage caused by forest fires, only direct costs are taken into account, which does not reflect the whole picture of losses. Therefore, the need to develop a methodology for assessing losses from forest fires is beyond doubt. We have proposed scales for determining indirect losses of the main components and forest litter in pine forests and a method for calculating them from forest fires.

Keywords: forest fire, direct and indirect damage, environmental and economic indicators, carbon sequestration.

For citation: Klimchik G. Ya., Shalimo P. V., Bel'china O. G. Assessment of damage from forest fires in pine forests. *Proceeding of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 1 (276), pp. 31–38 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-4.

Введение. Процесс горения лесных материалов сопровождается потреблением воздуха, необходимого для поддержания пирогенного разложения веществ, выбросом в атмосферу продуктов пиролиза и тепловым излучением. В дымовых газах, пылевых выбросах и других продуктах горения всегда содержатся различные вещества горения и разложения. Все они приводят к загрязнению атмосферы, воды и почвы, что вызывает нарушение экологического баланса и негативные последствия в природной среде. Лесные пожары воздействуют на почву, где на различную глубину сгорает ее плодородный слой и растительность. Возрастает вероятность возникновения процессов эрозии. При этом горит не один вид горючего материала, а целый комплекс компонентов различных комбинаций и влажности. Для них характерна различная пирологическая характеристика, которая включает

пространственную неоднородность, массу, удельную объемную плотность, теплотворную способность, фракционный состав и другие показатели. Это непосредственно влияет на процессы горения, вид и интенсивность лесного пожара.

Общая масса лесных горючих материалов, которые готовы к воспламенению, изменяется во времени в зависимости от состояния отдельных частей насаждения. Древостой оказывает влияние на микроклимат под пологом, задерживает осадки, препятствует проникновению солнечной радиации, снижает скорость ветра, что сказывается на видовом разнообразии растительного покрова и, как следствие, лесных горючих материалов.

В хвойных насаждениях из-за наличия большого количества летучих веществ пожар распространяется стремительно и может повреждать

все насаждение – от почвенного покрова и до вершины основного полога. По мнению различных исследователей [1–7], главными закономерностями распределения того или иного вида горючих материалов по площади являются таксационные, лесоводственные и фитоценологические особенности участков каждого типа леса.

Вид возникшего пожара, его интенсивность и дальнейшее распространение определяются запасами и влажностью горючих материалов, которые исследовались А. А. Молчановым, Н. П. Кубратским, И. В. Гуняженко, И. Э. Рихтером, В. В. Усеной, Г. Я. Климчиком и др. [5–12].

Основная часть. По нашим и другим исследованиям [4–6, 13–15], ключевым показателем, который определяет способность горючего материала к возникновению загорания, является его влагосодержание, зависящее от лесорастительных условий и метеорологических факторов.

В современных условиях глобального потепления климата и урбанизации населения, развития дорожной сети и транспортной оснащённости населения вероятность возникновения лесных пожаров будет только возрастать. Основная причина возгораний – несоблюдение правил пожарной безопасности во время работы и отдыха в лесу. Большинство лесных пожаров приходится на ранневесенний и летний периоды, что связано с массовыми посещениями населением лесов в период активной вегетации весной и во время созревания и сбора грибов и ягод летом.

При проведении первоочередных лесохозяйственных мероприятий по повышению продуктивности повреждённых пожарами древостоев необходимо учитывать особенности их минерального питания и сохранения плодородия почвы.

В лесах Беларуси лесные пожары, как правило, несут характер стихийного бедствия, и представляют собой один из основных путей быстрого возвращения углерода, азота и зольных элементов из экосистемы в атмосферу или в недоступные для этой экосистемы почвенные горизонты.

Поэтому в настоящее время и в Беларуси, и во всех странах мира большое внимание уделяется изучению депонирования углерода, азота и зольных элементов в напочвенном покрове, что обусловлено изменением газового состава атмосферного воздуха в результате хозяйственной деятельности, лесных пожаров и влияния других факторов.

Еще в 1973 г. Н. П. Курбатский отмечал [16, с. 20], что «исследования последствий воздействия огня на лес с практической точки зрения необходимы для определения ущерба от пожаров и обоснования затрат на охрану лесов. В теоретическом аспекте пожары должны рассматриваться как один из важнейших факторов возникновения, формирования и современного состояния лесов и даже как фактор формирования биологических

свойств многих представителей лесной флоры в геологическом прошлом». Он считал, что на основе детальных исследований последствий пожаров необходимо разработать улучшенную методику учета убытков от них.

На современном этапе в связи с успешной разработкой средств прогнозирования пожароопасных ситуаций по-прежнему остаются нерешенными многие экологические вопросы детерминационного характера, не только причины и материалы возгорания в лесах, но и факторы влияния последствий пожаров на биоту и биогеоэдафические свойства, характер изменений биоразнообразия напочвенного покрова, структуру и биоэнергетический потенциал. В некоторых случаях, в связи с интенсивным лесовозобновительным процессом и адаптацией к неблагоприятным внешним факторам, повышается устойчивость лесных сообществ к повторным пожарам. Следствием огневого воздействия являются слепожарные сукцессии древесной и травянистой растительности. Первыми появляются и получают широкое распространение виды, типичные для гарей, занимающие сначала пограничные участки и далее переходящие в пространства выгоревшей территории. Позднее происходит заселение пожарами видами, характерными для нетронутых пожаром коренных лесов.

В связи с тем что лесные почвы сосняков в нижней части профиля и почвообразующие породы имеют легкий гранулометрический состав, зольные элементы будут мигрировать с дождевыми и грунтовыми водами за пределы почвенного профиля, что вызовет снижение ее плодородия и приведет к экономическим и экологическим потерям после прохождения низовых пожаров в основных насаждениях, которые значительно превосходят учитываемый в настоящее время прямой ущерб. С учетом этого сумма потерь, которая является основанием для предъявления виновному в возникновении судебного иска, не должна вызывать сомнения. Поэтому в нее кроме прямых потерь нужно, на наш взгляд, включить и косвенные потери, естественно-экономические показатели которых могут быть учтены и рассчитаны с обеспечением юридически достаточного уровня точности.

Вопросы целостной всесторонней экономико-экологической оценки лесов, синтезирующей все многообразие проявлений данного естественного феномена, на сегодняшний день остаются наименее изученными.

Главная причина отставания разработки данной проблемы состоит в исключительной сложности самого объекта оценки, его многоуровневости и многоаспектности и, как следствие, в трудностях, связанных с проведением подобной оценки обычными способами.

Поэтому возникает необходимость поиска новых научно обоснованных методов оценки потерь на землях лесного фонда. Это даст возможность привлекать разные компоненты леса в рыночные отношения, научно обосновывать их потери.

Но такая методология оценки экологических и социальных функций леса недостаточно разработана. Отсутствует определенная увязка данных функций с реально существующими экономическими и социальными процессами. Не определены соответствующие критерии, которые выражают экологические функции леса экономическими показателями. Это приводит к тому, что разные хозяйственные решения, которые принимаются, не всегда оказываются эффективными.

Изложенные выше обстоятельства свидетельствуют о правомерности экономической оценки на основе суммарных затрат, необходимых для восстановления и выращивания лесных насаждений, которые используются как средства производства в области материального производства и существенно влияют на повышение его эффективности. Сейчас косвенные показатели в целом не учитываются, что не позволяет определить их долю в общественном продукте.

С другой стороны, методика определения комплексных экологических потерь от низовых лесных пожаров должна соответствовать следующим научно-техническим и прикладным требованиям:

1) отличаться простотой практического использования штатными работниками по охране леса, оперативностью и однозначностью определения как прямых, так и косвенных потерь от лесных пожаров;

2) обеспечивать объективную оценку потерь как от одного конкретного пожара, так и от их любой совокупности (комбинации);

3) результаты вычисления комплексных потерь должны быть точными, адекватно восприниматься, и для их оценки должно использоваться минимально-достаточное количество исходной информации.

В то же время современные методики и инструкции по определению потерь от лесных пожаров не позволяют определить общие потери.

Для полноценного использования планируемого подхода необходимо создание многоуровневой и точной базы данных о потерях каждого из элементов в зависимости от таксационных характеристик насаждений, ТУМ и интенсивности пожара.

Количественная оценка параметров нередко бывает трудоемкой, поэтому применяют методы косвенного учета, при которых оценивается не само множество компонентов насаждения, а какая-нибудь их особенность.

Одним из косвенных методов учета напочвенного покрова является определение проективного покрытия. На практике проективное покрытие определяется визуально и выражается в процентах.

Очень часто с косвенными методами совмещают визуальные, которые дополняют друг друга. Примером может служить шкала О. Друде, которая широко применяется при описании живого напочвенного покрова. Эту шкалу можно совместить со шкалой П. Д. Ярошенко, которая дает представление о количестве экземпляров каждого вида на занимаемой площади (табл. 1). По встречаемости в проективном покрытии может быть оценено множество видов в весовом количестве ($\text{кг}/\text{м}^2$ или $\text{т}/\text{га}$) для мохово-лишайникового, травяно-кустарничкового ярусов.

Для учета этих параметров нами предлагается дополнить эту шкалу весовыми показателями, для определения которых были использованы собственные исследования авторов и разработки белорусских и зарубежных ученых [15–18].

Накопление и долевое содержание органических веществ в лесной подстилке, живом напочвенном покрове, подросте и подлеске предусмотрено определять через их массу в абсолютно сухом состоянии. Для установления в насаждении массы этих компонентов, приходящейся на единицу площади, были использованы данные из литературных источников и материалов пробных площадей, заложенных научными сотрудниками кафедры лесоводства БГТУ.

Для характеристики массы лесной подстилки, живого напочвенного покрова, подроста и подлеска, содержания углерода и других химических элементов питания в них при разработке шкал использовались результаты исследований пирологической характеристики лесных горючих материалов В. Г. Нестерова, Л. А. Молчанова, И. В. Гуняженки, Н. П. Курбатского, И. Э. Рихтера, В. В. Усени, Г. Я. Климчика и др. (табл. 1) [3, 6, 14, 19–28].

Анализируя полученные данные можно прогнозировать потери органического вещества, азота и других жизненно необходимых растениям элементов, использовать полученные данные для оценки косвенного ущерба, причиняемого лесными пожарами и пока не входящего в статьи ущерба, учитываемого после прохождения низовых пожаров разной интенсивности.

С учетом весовых показателей массы ярусов живого напочвенного покрова и лесной подстилки, содержания в них углерода, азота и зольных элементов нами определены потери перечисленных элементов при низовых пожарах различной интенсивности и разработаны шкалы (табл. 1–4).

Таблица 1

**Биомасса сухого вещества в живом напочвенном покрове
в зависимости от проективного покрытия**

Множество по Друде	Проективное покрытие по Ярошенко, %	Травянистый ярус		Мохово-лишайниковый ярус	
		запас, т/га	запас углерода, тС/га	масса, т/га	запас углерода, тС/га
Soc (sociales) – растения смыкаются надземными частями, образуя фон	Более 90	6,4	3,2	3,8	1,9
Cop ₃ (copiosae ₃) – растения встречаются в большом количестве	90–70	3,8–5,9	2,43	2,9–3,2	1,53
Cop ₂ (copiosae ₂) – растений очень много	70–50	1,9–4,1	1,50	1,2–3,0	1,05
Cop ₁ (copiosae ₁) – растений довольно много	50–30	0,5–2,1	0,65	0,5–1,8	0,56
Sp (sparsae) – растения встречаются в небольшом количестве	30–10	0,1–1,2	0,33	0,1–0,7	0,2
Sol (solitariae) – редкие экземпляры	Менее 10	0,01–0,2	0,05	0,02–0,2	0,05
Un (unicum) – вид найден в единичном экземпляре	Единично	–	–	–	–

Таблица 2

Запасы лесной подстилки в зависимости от мощности горизонта

Мощность горизонта, см	Запас лесной подстилки, кг/м ²	Средний запас лесной подстилки, т/га
1–2	1,0–1,6	13,0
3–5	3,1–5,3	42,0
5–15	6,2–10,3	82,5
>15	10,5–30,0	402,5

Таблица 3

Биомасса сухого вещества в подросте и подлеске лесного насаждения

Подрост	Количество подроста, тыс. шт./га	Биомасса сухого вещества, т/га	Содержание углерода, тС/га
Очень редкий	<1,0	До 0,5	0,50
Редкий	1,1–2,0	0,6–1,7	1,15
Средний	2,1–8,0	1,5–7,6	4,55
Густой	8,1–13,0	3,8–22,6	13,20
Очень густой	>13,0	15,5–81,0	47,25

Таблица 4

Содержание углерода и элементов питания в сосновых насаждениях

Компоненты лесной экосистемы	Содержание элементов питания					
	С, %	N, %	P, мг/кг	K, мг/кг	Ca, мг/кг	Mg, мг/кг
Лесная подстилка	42,9	1,10	9,03	18,0	37,57	8,39
ЖНП	49,8	2,60	11,23	5,0	75,60	8,74
Подлесок	50,0	1,40	0,05	0,14	0,15	0,03
Подрост (сосна, ель)	50,0	1,12	0,38	2,14	3,31	0,44

Полнота экономической оценки ущерба от лесных пожаров предполагает учет как прямого, так и косвенного ущербов.

Методы и методики определения прямого ущерба в целом достаточно хорошо разработаны, имеют логически выстроенную структуру и заложены в основу юридических и финансовых инструментов расчета величины данного вида ущерба с целью дальнейшего правоприменения.

Что касается косвенного ущерба, то в настоящее время современная практика не разрабо-

тала единого механизма по его расчету. Вместе с тем, опираясь на вышеизложенные расчеты физических потерь части биомассы живым напочвенным покровом и подстилкой вследствие лесного пожара, можно сделать вывод, что весьма существенное снижение либо полное прекращение в них абсорбции углекислого газа самым непосредственным образом влияет на снижение плодородия почв и ухудшение климатообразующих факторов. Последний фактор непосредственно связан с выполнением

взятых на себя Республикой Беларусь обязательств по сокращению выбросов парниковых газов в рамках Парижского соглашения 12 декабря 2015 г., и проведением мероприятий, направленных на сокращение выбросов парниковых газов и увеличение их поглощения, заложенных в государственной программе «Белорусский лес».

Расчет косвенного ущерба от лесных пожаров должен учитывать потери плодородия почв от термического разрушения питательных веществ и существенного ускорения миграции зольных элементов за пределы почвенного профиля. Кроме того, величина косвенных потерь в значительной степени зависит и от интенсивности пожара.

Пожалуй, единственным компенсирующим, но затратным мероприятием в данном случае может быть выполнение указанных потерь внесением в течение определенного временного периода комплекса удобрений и почвоулучшающих добавок на пострадавшей площади.

На основании вышесказанного косвенный ущерб от лесных пожаров (U_k) в целом в лесных насаждениях и в сосняках в частности может быть рассчитан по следующей формуле:

$$U_k = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (C_{it} K_{it} P_{it} S_{it} Q_t),$$

где T – срок действия негативных последствий, которые требуют восстановительных мероприятий (внесения удобрений и почвоулучшающих добавок); N – вид учтенных утраченных ресурсов, которые подлежат исполнению (С, N, P, K, Ca, Mg и др.); C_{it} – количество учтенного i -го вида (С, N, P, K, Ca, Mg и др.) утраченного ресурса, который подлежит исполнению на протяжении t лет, кг/га; K_{it} – корректирующий

(повышающий) коэффициент по действующему веществу (С, N, P, K, Ca, Mg и др.) для утраченного ресурса по компенсирующему его удобрению и/или почвоулучшающей добавке (определяется для каждого случая индивидуально с учетом вида почв и интенсивности пожара); P_{it} – цена удобрения и/или почвоулучшающей добавки по i -му утраченному ресурсу, вносимая на 1 га в t -м году, BYN/кг; S_{it} – площадь, пострадавшая от лесного пожара, га; Q_t – коэффициент дисконтирования (рассчитывается для соответствующего периода с учетом основных макроэкономических показателей в отрасли).

Заключение. В настоящее время остаются актуальными вопросы факторов влияния последствий пожаров (токсичности продуктов горения, плотности дыма, температуры пожара и др.) на древесно-кустарниковую растительность, живой напочвенный покров и другие компоненты леса. Ущерб, наносимый лесным насаждениям в данное время недооценен, так как оценивается только прямой ущерб. По нашему мнению, при расчете потерь, наносимых пожарами лесным насаждениям, следует учитывать и косвенные потери, обоснованные экономическими и юридическими показателями. Сложность комплексной экономико-экологической оценки поврежденного объекта заключается в необходимости создания многоуровневой и точной базы данных о потерях каждого элемента леса. Для этого возникает необходимость разработки методов и методик определения и расчета косвенного ущерба, наносимого пожаром. Предложенные нами составляющие могут наиболее полно показать оценку косвенного ущерба на площади, пострадавшей от пожара, и тем самым отразить нанесенный ущерб в целом с эколого-экономической точки зрения.

Список литературы

1. Овсянников И. В. Противопожарное устройство лесов. М.: Лесная пром-сть, 1978. 112 с.
2. Фуряев В. В., Баранов Н. М. О точности учета количества напочвенных лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. 1972. С. 164–170.
3. Курбатский Н. П. Исследование количества и некоторых свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. 1970. С. 5–58.
4. Шешуков М. А., Стародумов А. М. Влияние некоторых факторов среды на скорость высыхания и увлажнения лесных горючих материалов // Горение и пожары в лесу. 1973. С. 44–55.
5. Митрофанов Д. П. Сравнение пирологических характеристик некоторых лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. 1972. С. 77–102.
6. Костырине Т. В. Исследование пожарного созревания некоторых типов леса на юге Хабаровского края // Проблемы лесной пирологии. 1975. С. 29–42.
7. Софронов М. А. Лесные пожары в горах Южной Сибири. М.: Наука, 1967. 150 с.
8. Гуляженко И. В. Изменение лесного напочвенного покрова в сосняках под влиянием низовых пожаров // Сб. ботан. работ. 1960. Вып. II. С. 50–57.
9. Курбатский Н. П. Проблема лесных пожаров // Возникновение лесных пожаров. 1964. С. 5–51.
10. Курбатский Н. П. Итоги и перспективы исследования природы лесных пожаров // Горение и пожары в лесу. 1973. С. 9–26.
11. Рыхтэр І. Э. Лясная піралогія з асновамі радыёэкалогіі. Мінск: БДТУ, 2006. 396 с.

12. Усеня В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. 206 с.
13. Климчик Г. Я., Рихтер И. Э. Влияние лесных пожаров на древостой сосновых насаждений // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2004. Вып. XII. С. 105–108.
14. Загораемость лесных горючих материалов в сосновых насаждениях / Г. Я. Климчик [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. 2012. Вып. 72. С. 455–461.
15. Особенности пиротехнической характеристики загораемости горючих материалов в сосняках / Г. Я. Климчик [и др.] // Труды БГТУ. 2012. № 1 (148): Лесное хоз-во. С. 90–92.
16. Характеристика лесных пожаров по особенностям их возникновения / Г. Я. Климчик [и др.] // Труды БГТУ. 2013. № 1 (157): Лесное хоз-во. С. 73–75.
17. Климчик Г. Я., Рихтер И. Э., Шалимо П. В. Влияние лесных пожаров на лесные биогеоценозы. Минск: Вассамедиа, 2009. 40 с.
18. Рихтер И. Э., Бахур О. В., Климчик Г. Я. Депонирование углерода в напочвенном покрове сосновых насаждений // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2006. Вып. XIV. С. 130–131.
19. Оценка косвенного вреда от низовых пожаров разной интенсивности / Г. Я. Климчик [и др.] // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2009. Вып. XVII. С. 108–110.
20. Рихтер И. Э., Бахур О. В., Климчик Г. Я. Влияние низового пожара разной интенсивности на текущий прирост, потери азота и зольных элементов в сосняке мшистом // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2006. Вып. XIV. С. 113–115.
21. Климчик Г. Я., Бельчина О. Г. Методология исследования различных компонентов лесного фитоценоза для расчета углеродных потоков // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2019. № 2 (222). С. 43–48.
22. Молчанов А. А. Влияние лесных пожаров на древостой // Труды института леса АН СССР, 1954. Т. XVI. С. 314–335.
23. Климчик Г. Я., Рихтер И. Э., Бахур О. В. Потери органического вещества и азота в сосновых молодняках при различной интенсивности низовых пожаров // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2005. Вып. XIII. С. 55–57.
24. Бойко А. В. Эколого-фитоценотические исследования лесной растительности Налибокской пушчи. Минск: Наука и техника, 1983. 208 с.
25. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 276 с.
26. Гуняженко Н. В. Изменения микрофлоры лесных почв в результате действия огня разной интенсивности // Лесоведение и лесное хозяйство. 1970. Вып. 3. С. 175–181.
27. Рожков Л. Н., Шатравко В. Г. Влияние традиционной лесохозяйственной деятельности на содержание питательных элементов и углеродные потоки в насаждениях *Pineta – Piceeta oxalidosa – pleuroziosa – pteridiosa – myrtillosa* // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 58–65.
28. Некоторые особенности влияния рубок леса на содержание химических элементов в хвойных фитоценозах в условиях Негорельского учебно-опытного и Минского лесхозов / М. В. Юшкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (240). С. 42–51.

References

1. Ovsyannikov I. V. *Protivopozharnoye ustroystvo lesov* [Scaffolding fire fighting device]. Moscow, *Lesnaya promyslennost'* Publ., 1978. 256 p. (In Russian).
2. Furyaev V. V., Baranov N. M. On the accuracy of accounting for the amount of ground-based forest combustible materials. *Voprosy lesnoy pirologii* [Questions of forest pyrology], 1972, pp. 164–170 (In Russian).
3. Kurbatskiy N. P. Investigation of the quantity and some properties of forest combustible materials. *Voprosy lesnoy pirologii* [Questions of forest pyrology], 1970, pp. 5–58 (In Russian).
4. Sheshukov M. A., Starodumov A. M. The influence of some environmental factors on the rate of drying and humidification of forest combustible materials. *Goreniye i pozhary v lesu* [Burning and fires in the forest], 1973, pp. 44–55 (In Russian).
5. Mitrofanov D. P. Comparison of pyrological characteristics of some forest fuels. *Voprosy lesnoy pirologii* [Questions of forest pyrology], 1972, pp. 77–102 (In Russian).
6. Kostyrine T. V. Study of fire maturation of some forest types in the south of the Khabarovsk Territory. *Problemy lesnoy pirologii* [Problems of forest pyrology], 1975, pp. 29–42 (In Russian).
7. Sofronov M. A. *Lesnyye pozhary v gorakh Yuzhnoy Sibiri* [Forest fires in the mountains of Southern Siberia]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 150 p. (In Russian).
8. Gunyazhenko I. V. Changes in forest ground cover in pine forests under the influence of ground fires. *Sbornik botanicheskikh rabot* [Collection of botanical works], 1960, issue II, pp. 50–57 (In Russian).

9. Kurbatskiy N. P. Forest fire problem. *Vozniknoveniye lesnykh pozharov* [The occurrence of forest fires], 1967, pp. 5–51 (In Russian).
10. Kurbatskiy N. P. Results and prospects of research into the nature of forest fires. *Goreniye i pozhary v lesu* [Burning and fires in the forest], 1973, pp. 9–26 (In Russian).
11. Rykhter I. E. *Lyasnaya piralogiya z osnovami radyoekalogii* [Forest pyrology with the basics of radioecology]. Minsk, BSTU Publ., 2006. 396 p. (In Belarusian).
12. Usenya V. V. *Lesnyye pozhary, posledstviya i bor'ba s nimi* [Forest fires, consequences and fight against them]. Gomel, Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus Publ., 2002. 206 p. (In Russian).
13. Klimchik G. Ya., Rikhter I. E. The impact of forest fires on the forest stand of pine plantations. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2004, issue XII, pp. 105–108 (In Russian).
14. Klimchik G. Ya., Usenya V. V., Gordey N. V., Muhurov L. I. Flammability of forest combustible materials in pine plantations. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva* [The problem of forestry and forestry], 2012, no. 72, pp. 455–461 (In Russian).
15. Klimchik G. Ya., Usenya V. V., Soevich F. F., Muhurov L. I. Features of the pyrotechnic characteristics of combustible materials ignitability in pine forests. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1: Forestry, pp. 90–92 (In Russian).
16. Klimchik G. Ya., Usenya V. V., Gordey N. V., Muhurov L. I. Characteristics of forest fires according to the features of their occurrence. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 1: Forestry, pp. 73–75 (In Russian).
17. Klimchik G. Ya., Rikhter I. E., Shalima P. V. *Vliyaniye lesnykh pozharov na lesnyye biogeotsenozy*. [Characteristics of forest fires according to the features of their occurrence]. Minsk, Vassamedia Publ., 2009. 40 p. (In Russian).
18. Rikhter I. E., Bahur O. V., Klimchik G. Ya. Deposition of carbon in the ground cover of pine plantations. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2004, issue XIV, pp. 130–131 (In Russian).
19. Klimchik G. Ya., Rikhter I. E., Bahur O. V., Shalimo P. V. Assessment of indirect damage from ground fires of different intensity. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2009, issue XVII, pp. 108–110 (In Russian).
20. Rikhter I. E., Bahur O. V., Klimchik G. Ya. Influence of a ground fire of different intensity on the current growth, losses of nitrogen and ash elements in a mossy pine forest. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2006, issue XIV, pp. 113–115 (In Russian).
21. Klimchik G. Ya., Belchina O. G. Methodology for the study of various components of forest phytocenosis for calculating carbon fluxes. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry, 2019, no. 2, pp. 43–48 (In Russian).
22. Molchanov A. A. The impact of forest fires on the forest stand. *Trudy instituta lesa AN SSSR* [Proceedings of the Forest Institute of the Academy of Sciences of the USSR], 1954, issue XVI, pp. 314–335 (In Russian).
23. Klimchik G. Ya., Rikhter I. E., Bahur O. V. Losses of organic matter and nitrogen in young pine forests at different intensity of ground fires. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2005, issue XIII, pp. 55–57 (In Russian).
24. Boyko A. V. *Ekologo-fitotsenoticheskiye issledovaniya lesnoy rastitel'osti Nalibokskoy Pushchi* [Ecological and phytocenotic studies of forest vegetation of the Nalibokskaya Pushcha]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1983. 208 p. (In Russian).
25. Molchanov A. A. *Produktivnost' organicheskoy massy v lesakh razlichnykh zon* [Productivity of organic matter in forests of different zones]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 276 p. (In Russian).
26. Gunyazhenko N. V. Changes in the microflora of forest soils as a result of the action of fire of different intensity. *Lesovedeniye i lesnoye khozyaystvo* [Silviculture and forestry], 1970, issue 3, pp. 175–181 (In Russian).
27. Rohzkov L. N., Shatravko V. G. Impact of traditional forestry activities on nutrient content and carbon fluxes in stands *Pineta – Piceeta oxalidosa – pleuroziosa – pteridiosa – myrillosa*. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2019, no. 2, pp. 58–65 (In Russian).
28. Yushkevich M. V., Shyman D. V., Klimchik G. Ya., Bel'china O. G., Klysh A. S. Some features of the influence of forest felling on the content of chemical elements in coniferous phytocenoses in the conditions of the Negorelsky educational and experimental and Minsk forestry enterprises. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 1, pp. 42–51 (In Russian).

Информация об авторах

Климчик Геннадий Яковлевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: les@belstu.by

Шалимо Петр Владимирович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: shalimo@belstu.by

Бельчина Олеся Григорьевна – аспирант кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: belchyna@belstu.by

Information about the authors

Klimchik Gennadiy Yakovlevich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Silviculture. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: les@belstu.by

Shalimo Petr Vladimirovich – PhD (Economics), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Management, Business Technologies and Sustainable Development. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shalimo@belstu.by

Bel'china Olesya Grigor'yevna – assistant lecturer, the Department of Silviculture. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belchyna@belstu.by

Поступила 21.10.2023