

Оригинальная статья / Original article
УДК 581.93:502.72(477.75)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма

Валентина Г. Кобечинская, Ольга Б. Ярош , Анатолий В. Ивашов, Валерий Л. Апостолов

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

Контактное лицо

Ольга Б. Ярош, кафедра маркетинга, торгового и таможенного дела ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»; 295024 Россия, Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4.

Тел. +79787340885

Email jarosh.olga@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9663-2528>

Формат цитирования

Кобечинская В.Г., Ярош О.Б., Ивашов А.В., Апостолов В.Л. Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N3. С.37-52. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Получена 20 февраля 2019 г.

Прошла рецензирование 8 апреля 2019 г.

Принята 20 апреля 2019 г.

Резюме

Целью работы является выявление миграции зольных элементов и азота в системе опад-подстилка-почва для лесных биогеоценозов горного Крыма, в том числе и с учетом воздействия пирогенного фактора на сосновые леса из Сосны крымской или Сосны Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* D. Don), занимающей здесь наибольшие площади.

Материал и методы. Исследования проведены в сообществах южного макросклона Главной гряды Крымских гор на территориях Ялтинского горно-лесного и Крымского природного заповедников. С учетом вертикальной поясности был выполнен сравнительный анализ на девяти пробных площадях по миграции химических элементов в системе опад-подстилка-почва. Лесотипологические исследования древостоя, химический анализ растительности, почвенные разрезы и их физико-химические характеристики выполнялись общепринятыми методами.


Результаты. Впервые для данной территории были установлены различия в рядах накопления химических элементов, которые существенно меняются в каждом типе леса и имеют свою специфику, отличающую их по активности миграции.

Выводы. Доказано, что процессы накопления, разложения опада и подстилки являются составными компонентами биологического круговорота органических веществ на заповедных территориях в масштабе крупного ландшафтного комплекса – южного макросклона Главной гряды Крымских гор, поэтому их можно рассматривать как объекты фонового мониторинга. Это позволяет судить об экологических механизмах адаптации, регулирования структуры и функций данных сообществ.

Ключевые слова

заповедник, зольные элементы, азот, опад, подстилка, почвы, пожары.

Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea

Valentina G. Kobechinskaya, Olga B. Yarosh  and Valery L. Apostolov

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Principal contact

Olga B. Yarosh, Department of Marketing, Trade and Customs, V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 21/4 Sevastopolskaya St, Simferopol, Russia 295024. Tel. +79787340885

Email iarosh.olga@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9663-2528>

How to cite this article

Kobechinskaya V.G., Yarosh O.B., Apostolov V.L. Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 3, pp. 37-52. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-37-52

Received 20 February 2019

Revised 8 April 2019

Accepted 20 April 2019

Abstract

Aim. The aim of the research was to identify the migration of ash elements and nitrogen in the leaf litter-soil system for forest biogeocenoses of the Crimean mountains, taking into account the effect of the pyrogenic factor on pine forests of the Crimean Pine or Pallas Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* D. Don) which occupy the largest areas.

Material and Methods. Studies were conducted in the communities of the southern macroslope of the main ridge of the Crimean mountains in the territories of the Yalta Mountain-Forest and Crimean Nature Reserves. A comparative analysis (taking into account vertical zonality) was carried out of the migration of chemical elements in the leaf litter-soil system system at nine sample plots. Forest typological studies of the stand, chemical analysis of vegetation, soil sections and their physicochemical characteristics were carried out by generally accepted methods.

Results. Differences in the series of accumulations of chemical elements were established for this territory for the first time. They vary significantly in each type of forest and have their own specificity that differentiates with regard to migration activity.

Conclusions. It was shown that the processes of accumulation and decomposition of leaf-fall and litter are components of the biological cycle of organic matter in protected areas of a large landscape complex – the southern macroslope of the main ridge of the Crimean mountains and can be considered as providing background monitoring data. This permits us to comprehend the environmental mechanisms of adaptation and the regulation of the structure and functions of these communities.

Key Words

reserve, ash elements, nitrogen, litter, litter, soil, fires.

ВВЕДЕНИЕ

Горные ландшафты имеют свои природные границы, состоят из биогеоценозов, отличающихся по почвенным и гидрогеологическим условиям, по составу древесных пород и продуктивности, по конкретному расположению на местности, в которых происходит непрерывный обмен веществами и энергией, но скорость этих изменений неодинакова [1]. Именно круговорот химических элементов является основой взаимосвязей между отдельными частями в ландшафте, поэтому через познание этих геохимических процессов и механизмов взаимоотношений различных компонентов в нём можно оценить уровень устойчивости данной системы и её адаптации к конкретным условиям среды [2]. В различных географических зонах мира с учётом вертикальной поясности протекает свой биогенный круговорот химических элементов, а уровень его замкнутости в первую очередь определяют антропогенные факторы и меньшую роль в миграции играют абиотические процессы [3; 4]. Проблемы круговорота элементов питания в растительных сообществах различных климатических зон занимают ведущие позиции в биогеоценологических работах [5-7]. Наряду с достаточно подробными исследованиями для различных географических территорий РФ [8] и зарубежных стран [9; 10] имеются единичные публикации, посвящённые данной проблематике для горных травянистых экосистем Крымского полуострова [11; 12]. Также практически не освещёнными вопросами в литературе являются выявления изменений в миграционных потоках химических элементов в системе опад-подстилка-почва под влиянием низовых пожаров в разновозрастных сосновых горельниках по сравнению с контрольными территориями, не затронутыми огнём, для заповедных лесов Крыма [13]. Следует отметить, что по данному вопросу для других регионов мира подобные публикации имеются [14].

Целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа для выявления особенностей в формировании фракционного и химического состава растительного опада, аккумуляции различных элементов в подстилке и почвах лесных экосистем. Это позво-

лило дать оценку распределения элементов питания в лесных биогеоценозах Южного макросклона Главной гряды Крымских гор с учетом высотного распределения сообществ и воздействия пирогенного фактора, что выполнено впервые для данного региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Девять пробных площадей были заложены по Южному макросклону Главной гряды Крымских гор на территориях Ялтинского горно-лесного природного (ЯГЛПЗ) и Крымского природного (Крым. ПЗ) заповедников. Лесотипологические исследования проводились по общепринятым методам [15-17]. Пробные участки закладывались в спелых древостоях при условии не менее 200 деревьев господствующих пород; в приспевающих и средневозрастных – 250 деревьев. Структуру, состав, особенности опада и подстилки изучали на площадках 0,25 м² в десятикратной повторности [18-20]. Типологическая классификация, детализированная для лесов Крыма, дана по работам П.П. Посохова [21] и А.Ф. Полякова, Ю.В. Плугатаря [22]. Химический анализ растительности проводился по методическим руководствам, изложенным в работах [23-24]. Процентное содержание золы определялось методом сухого озоления растительного материала. Также на этих пробных площадях были выполнены почвенные разрезы с отбором образцов и последующим их физико-химическим анализом [25; 26]. Определялось количество оксидов кальция, магния, железа комплексометрическим титрованием, общее содержание азота при мокром озолении – методом Кьельдаля, оксида калия и фосфора – с помощью плазменного фотометра. Все полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики [15]. Ошибка средней величины для данных составила ± 7-10%.

Для репрезентативности данных пробные площади были заложены в наиболее широко представленных лесных формациях, формирующих леса южного бережного склона Главной гряды Крымских гор. Работы велись только на заповедных территориях (табл. 1).

Таблица 1. Типологическая характеристика пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 1. Typological characteristics of test areas in protected areas of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Эдафотоп Edaphotope	Экспозиция Exposure	Высота над у.м. Altitude	Крутизна, град. Slope in degrees	Район исследований, возраст горельников в сосняках Research area, age of fire-damaged pine forest
1.	C ₀	Ю / S	15	20-25	1,5 км к западу от пос. Кастрополь, ЯГЛПЗ 1.5 km west of the village of Kastropol, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve
2.	D ₁	Ю / S	80	20-25	1,5 км к северо-востоку от пос. Форос, ЯГЛПЗ 1.5 km northeast of the village of Foros, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve
3.	B ₁	Ю / S	390	10-15	1,0 км к западу от источника Хоста-Баш ЯГЛПЗ. Контрольная площадь 1 km west of the source of the Khosta-Bash, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Control area

4.	B ₁	Ю / S	436	10-15	1,9 км к западу от источника Хоста-Баш, ЯГЛПЗ. Горельник 35 лет 1.9 km west of the source of the Khosta-Bash, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 35 years ago
5.	B ₁	Ю / S	505	20-25	1,5 км к северу от источника Прохладного, ЯГЛПЗ. Горельник 20 лет 1.5 km north of the source of the Prokhladni, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 20 years ago
6.	B ₁	Ю / S	520	10-15	0,5 км к западу от источника Прохладного, ЯГЛПЗ. Горельник 10 лет 0.5 km west of the source of the Prokhladni, Yalta Mountain-Forest Nature Reserve. Burnt 10 years ago
7.	D ₂	Ю-В / SE	530	15-20	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. запов. Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve
8.	D ₂	Ю-В / SE	610	15-20	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. Заповедник Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve
9.	B ₂	Ю / S	650	25-30	Ущелье Авунда над поселком Гурзуф, Крымский природ. запов. Горельник 5 лет Avund gorge above the village of Gurzuf, Crimean Nature Reserve. Burnt 5 years ago

Они размещаются на склонах с преобладающей крутизной 15-25°, хотя имеются и более пологие участки в районе источника Хоста-Баш в Ялтинском горно-лесном природном заповеднике (ЯГЛПЗ). С учетом вертикальной поясности эдафотопы существенно различаются от очень сухих биотопов (C₀) вблизи моря до свежих (D₂) в бучине ущелья Авунда Крымского природного запо-

ведника (Крым ПЗ). Перепад высот от 15 м – участок №1 до 650 м. над уровнем моря, где находился участок №9.

Лесотаксационная характеристика древостоя пробных площадей (табл. 2) раскрывает особенности состава, структуры, возраста, среднего диаметра и высоты, бонитета, сомкнутости, полноты и типа леса.

Таблица 2. Таксационная характеристика пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 2. Typological characteristics of vegetation of test areas of protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Тип леса Forest type	Тип древостоя Type of stand	Состав насаждения Composition of stands	Средний возраст, лет Average age, years	Средние Medium					Бонитет Bonitet class
					Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Полнота Completeness	Сомкнутость Density		
1.	Очень сухой кеово- можжевельный сугрудок Very dry wild pistachio-juniper sudubrava	Фисташник с можжевель- ником высок. Pistachio with high juniper	6Ф4М _в ед.Д _п	60-80	6,9±0,7	9,7±0,9	0,3	0,4-0,5	IV	
2.	Сухая можжевельново- грабинниковая дубрава Dry juniper- hornbeam oak	Можжевельново- дубово- грабинниковое редколесье Juniper-oak- hornbeam wood- land	5Дп3Мв2Гр	70-80	5,8±0,9	12,2±1,6	0,3	0,3-0,4	IV—Va	

3.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	70-80	18,3±1,2	37,7±4,2	0,6	0,7	III
4.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	60-70 ед.120-140	19,1±1,2	38,9±4,8	0,7	0,7	III
5.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр	60-80 ед.120-160	21,5±1,9	41,6±3,6	0,7	0,7	II-III
6.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	70-80 ед.120-150	19,4±1,7	39,6±2,9	0,7	0,7	II-III
7.	Свежая грабовая дубрава Fresh hornbeam oak	Грабово-дубняк Hornbeam-oak forest	7ГЗДск ед.Я	70-80 ед.100-140	23,5±2,9	42,8±3,3	0,7	0,7-0,8	II-III
8.	Свежая грабовая бучина Fresh hornbeam - beech	Буково-грабняк Beech-hornbeam forest	6Б4Гед. Я	80-90 ед.120-140	21,5±2,1	44,1±3,1	0,8-0,9	0,8-0,9	II
9.	Свежий черно-сосновый сугрудок Dry black pine sudubrava	Сосняк из сосны крымской Crimean pine forest	10 Скр.	60-80 ед.100-150	18,9±1,7	38,1±2,4	0,6	0,6	III

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее распространены в приморской зоне лесные редколесья из можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb), где часто содоминантами являются: фисташка туполистная (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey), дуб пушистый (*Quercus pubescens* Willd.) и граб восточный (*Carpinus orientalis* Mill) (участки №1 и №2). Можжевеловые насаждения из можжевельника высокого отличает сложность и мозаичность их пространственной структуры, что обусловлено пестротой физико-географических условий данной местности и характером ценотического состава редколесий, в которых деревья сильно разрежены. Это создает различия в освещенности, неравномерности распределения подстилки и мощности почв, что, в конечном итоге, ведет к формированию многообразных микроценозов. Площадь можжевеловых редколесий в Крыму незначительна – всего около 4 тыс. га, что в общем балансе лесов составляет менее – 1,7%, но они играют значительную почвозащитную, бальнеологическую, санитарно-гигиеническую, эстетическую и рекреационную роль. На этих исследуемых площадях при удалении от морского побережья с высотой идет перестройка их видового состава, структуры и экотопа. Средний возраст пробных площадей 70-80 лет, сообщества невысокие (5,8-6,9 м), низко полнотные (0,3) и имеют очень низкие показатели бонитета (IV–Va), но их сложение

типично для данных насаждений.

Пирофитные леса только из сосны крымской или Палласова (*Pinus pallasiana* D. Don) образуют в обоих заповедниках хорошо выраженный пояс от 350 м до 800-950 м над уровнем моря и приурочены, в основном, к склонам со скелетными слабо развитыми почвами (на более высоких по абсолютным отметкам местоположениям склонов формируются леса из сосны обыкновенной). Наибольшую площадь из крымскососновых лесов занимают группа ассоциаций *Pineta brachypodiosum*, в которых были заложены пять пробных площадей с перепадом высот от 390 м (участок №3) до 650 м (участок №9). Участок №3 взят в качестве контроля, как не подвергавшийся огню, на остальных во временных границах от 5 до 35 лет были отмечены низовые пожары. Здесь преобладают ассоциации: *Pinetum brachypodiosum (rupestre)*, с увеличением высоты (участок № 9) *P. caricosum (humilis)*. Общая площадь в двух заповедниках этих лесов – 6256 га. Сравнимые участки близки по возрасту – 60-80 лет, причем среди этих сообществ на крутых склонах встречаются деревья и старше (100-150 лет и выше), высота древостоя колеблется от 18,3 до 21,5 м. Это высокополнотные леса (0,7) и только на уч. № 9 этот показатель снижается до 0,6, преобладает древостой II-III бонитета.

Грабово-дубовые леса занимают в заповедниках общую лесопокрытую площадь – 17814 га, состав-

ля от 25,2% в ЯГЛПЗ до 53,54% в Крым. ПЗ, но высокоствольные древостои суммарно по площади крайне незначительны из-за интенсивного режима хозяйствования на этих территориях в прошлом, поэтому они приурочены к малодоступным территориям. В ущелье Авунда на территории Крым. ПЗ была заложена пробная из всех участков – 23,5±2,9 м, возраст от 70 до 80 лет с единичными деревьями до 100-140 лет, сомкнутость крон – 0,7-0,8, бонитет – II-III. Кроме эдификатора древесного яруса граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), содоминантами выступают дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) и единично ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.). Кустарниковый ярус здесь не выражен.

Буковые леса (*Silvae fagetae*) занимают 5500 га площади Крым. ПЗ, причем преобладают спелые и перестойные древостои (79,3%). В данной работе они представлены одной пробной площадью №8 – это свежая грабовая бучина, заложённая на высоте 610 м в ущелье Авунда Крым.ПЗ. Древесный ярус формируют бук обыкновенный (*Fagus sylvatica* L.) в сочетании с грабом обыкновенным с примесью ясеня высокого. Бучина средневозрастная (80-90 лет), основные лесотаксационные показатели этого сообщества наиболее значительные (средний диаметр древостоя – 44,1±3,1 см, полнота и сомкнутость насаждения достигают 0,8-0,9, бонитет – II).

Механический состав почв пробных площадей изменяется от глинисто-песчаной в сторону песчаной фракции с увеличением высот над уровнем моря (табл. 3). Вблизи моря под можжевельно-фисташково-пушистодубовыми древостоями (участки №1 и №2) сформировались почвы коричневые выщелоченные, бескарбонатные, маломощные, малогумусовые (2,87-4,01%), слабо-хрящевые и щебенчатые. Их структура обеспечивает им хорошую воздухо- и водопроницаемость, предохраняет от поверхностного смыва. Почвообразующими породами для этих почв служат продукты выветривания конгломератов и песчаников, а также

глинистых сланцев.

Сосновые леса имеют свою специфику влияния на процесс почвообразования и свойства почв, особенно с учетом огневого воздействия на них и высоты над уровнем моря. Здесь формируются почвы – типичные бурозёмы суглинисто-щебенчатые на карбонатных почвообразующих породах (участки №3 и №6). Цвет их изменяется от бурого до коричнево-бурого в зависимости от содержания гумуса, который колеблется от 9,32% до 2,74%. Они имеют слабоокислую реакцию (рН – 6,7-6,8) при большом количестве поглощённых оснований (участки №5 и №6). На участке № 9, расположенном на высоте 650 м, почвы становятся сильно смытыми с каменисто-щебенчатыми продуктами выветривания глинистых сланцев. По всему профилю заметно включение скелетных частиц. Аккумулятивно-перегонный горизонт имеет мощность до 15 см, содержание гумуса низкое – 4,60%, почвенный профиль не превышает 40-50 см, четко прослеживаются ясные переходы между генетическими горизонтами, отчетливое уплотнение (2,5г/см³) и увеличение мощности горизонта ВМ, свойственное этому типу почв. На этих высотах выпадает достаточное количество осадков (до 700-800 мм/год), хорошие условия для роста древостоя, много опада, в результате разложения которого поступают кислые продукты в почву, поэтому рН здесь снижается до 5,6, т.е. возрастает кислотность.

Исследование почв после низового пожара в сосновых лесах выявило, что пирогенный фактор не изменяет механический состав, мелкозём хорошо оструктурен, в составе скелета преобладает щебень. Показатели плотности твердой фазы почв находятся в пределах контроля. Огонь существенно влияет на содержание гумуса – его количество уменьшается на всех гаях в 2-3 раза, причем нет прямой зависимости от возраста горельников, определяющий фактор – интенсивность огневого воздействия и влияние высоких температур.

Таблица 3. Характеристика отдельных физико-химических свойства почв пробных площадей заповедных территорий южного макросклона главной гряды Крымских гор

Table 3. Characteristics of individual physical and chemical properties of soil sampled in areas of protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Горизонт Horizon	Механический состав Mechanical composition	Плотность твердой фазы, г/см ³ Density solid phase, g/cm ³	рН водной вытяжки pH of water extract	Гумус, % Humus, %
1.	AU ₁	Глинисто-песчаный Clay-sand	2,0	7,0	4,01
	AU ₂	Глинисто-песчаный Clay-sand	2,0	7,0	3,60
	ВМt	Глинистый Clay	2,5	7,0	2,08
	AU	Песчаный Sandy	2,18	6,8	2,87
2.	ВМt ₁	Легкосуглинистый Light loamy	2,20	6,8	2,12
	ВМt ₂	Глинистая Clay	2,50	6,8	1,45
3.	AY	Супесчаный Sabulous	2,1	7,0	9,32

4.	BM	Супесчаный Sabulous	2,2	7,0	6,50
	C	Супесчаный Sabulous	2,4	7,0	4,49
	AY	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	7,0	3,10
	BM	Среднесуглинистый Medium loamy	2,2	6,7	3,32
5.	AY	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	6,8	6,72
	BM	Песчаный Sandy	2,7	7,1	5,20
6.	AY	Легкосуглинистый Light loamy	2,3	6,7	2,74
	BM	Песчаный Sandy	2,5	7,0	2,19
	AY	Легкосуглинистый Light loamy	1,9	7,0	1,75
7.	BM ₁	Среднесуглинистый Medium loamy	2,0	6,9	1,78
	BM ₂	Песчаный Sandy	2,4	7,0	1,30
	AY	Супесчаный Sabulous	2,1	6,0	3,04
8.	BMg ₁	Легкосуглинистый Light loamy	2,2	6,9	1,47
	BMg ₂	Среднесуглинистый Medium loamy	2,3	6,9	1,04
	AY	Песчаный Sandy	2,1	5,6	4,60
9.	BM	Легкосуглинистый Light loamy	2,5	6,0	4,63

Самое значительное снижение гумуса выявлено при устойчивом огневом влиянии на горельниках 10-ти и 35-ти летнего возраста (2,74-3,1%), на 5-ти и 20-летних эти показатели существенно выше (4,6-6,72%), так как здесь отмечался беглый низовой пожар.

Под грабовыми и буковыми фитоценозами развиты бурозёмы на продуктах выветривания бескарбонатных пород и смешанного делювия.

В грабово-дубовом лесу (участок №7) наблюдается увеличение плотности твердой фазы в горизонте AY – 2,1 г/см³, в горизонте BM колебания более значимые – 2,0-2,4 г/см³, но определяющие факторы – высота и крутизна склонов. Малая мощность гумусового горизонта этих бурозёмов приводит к резкому снижению гумуса – 1,7%, они имеют легкосуглинистый механический состав. Реакция почвенного раствора в аккумулятивно-перегнойном горизонте нейтральная.

В грабовой бучине (участок №8), несмотря на признаки оподзоленности, типичные бурозёмы имеют хорошо выраженную структуру, особенно в горизонте AY, который имеет слабокислую реакцию (pH – 6,0), повышаясь с глубиной до 6,9. Эти почвы формируются на глинистых сланцах и на бескарбонатных глинистых продуктах выветривания мергелей. Количество гумуса по профилю резко падает в 3 раза от величины его в горизонте AY – 3,04%, также возрастает и плотность твердой фазы, так как образуется мелкозернистый материал относительно тяжёлого механического состава, поэтому глинистые слои очень плотные с плохой аэрацией. Профиль этих почв содержит значительное количество скелета, достигая в горизонте BMg₁ до 30% от

веса пробы. В результате чего в них периодически происходит оглеение. Эти почвы ежегодно пополняются значительным количеством органо-минеральных веществ благодаря разложению лесной подстилки, поэтому они богаты элементами минерального питания растений, так как в горных территориях особенно активен поверхностный вынос водорастворимых органических соединений [27-29]. Рассмотрим теперь особенности химических свойств почв пробных площадей (табл. 4).

Сумма обменных оснований находится в прямой зависимости от количества глинистой фракции и гумуса, причем основной процент содержания поглощенных оснований приходится на кальций. Почвы южной экспозиции Главной гряды Крымских гор содержат меньше гумуса, чем северные, но отличаются более качественным его составом (Гк: Фк = 0,6-0,75) [13].

Исследуемые участки крайне неравномерно обеспечены подвижными формами азота. В нижнем приморском поясе в очень сухих экотопах аммиачные формы преобладают над нитратными с минимальными величинами на участке №2 – можжевельново-дубово-грабинниковое редколесье. На участках соснового леса с учетом пирогенного фактора выявлено, что сумма обменных оснований с удлинением послепожарного периода уменьшается, хотя соотношение обменных магния и кальция достаточно близки на всех участках, кроме контрольного и 20-летнего горельника. Здесь показатели кальция превышают в два раза содержание в почве магния.

Таблица 4. Характеристика химических свойств почв пробных площадей заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор**Table 4.** Characteristics of chemical properties of soils of test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Горизонт Horizon	Mg/экв. на 100 г почвы Mg/eq per 100 g of soil			Mg/100 г почвы Mg/100 g of soil			
		Сумма обменных оснований Sum of exchange bases	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	AU ₁	31,60	0,12	0,23	4,83	2,41	0,32	50,62
	AU ₂	26,21	следы / traces	0,14	4,51	2,52	0,25	36,32
	BMt	33,26	0,45	0,51	9,10	следы / traces	1,13	нет / no
2.	AU	24,0	0,48	1,02	0,28	следы / traces	1,30	32,26
	BMt ₁	22,52	0,99	1,51	0,02	нет / no	1,90	30,18
	BMt ₂	22,02	0,36	1,64	0,02	нет / no	2,80	22,06
3.	AY	64,51	0,12	0,23	12,20	2,97	1,50	34,70
	BM	66,30	0,10	0,14	14,48	1,03	5,54	34,16
	C	64,52	0,45	0,51	8,27	0,63	4,00	34,00
4.	AY	17,00	0,95	0,96	2,63	1,37	1,25	24,47
	BM	14,00	0,36	0,65	9,64	1,25	1,25	19,43
	AY	56,60	0,48	1,02	10,91	3,94	следы / traces	34,42
5.	BM	18,99	0,98	1,51	6,16	1,62	1,36	31,00
	AY	19,10	0,26	0,34	10,91	0,84	1,25	19,38
	BM	15,70	0,25	0,15	6,15	0,57	следы / traces	16,50
7.	AY	39,36	0,15	1,23	следы / traces	нет / no	1,25	37,18
	BM ₁	40,18	0,23	1,14	следы / traces	нет / no	0,25	36,00
	BM ₂	67,25	0,43	0,33	0,75	нет / no	1,25	9,13
8.	AY	47,30	0,8	1,62	0,93	нет / no	2,54	36,20
	BMg ₁	19,36	0,91	1,80	3,15	нет / no	1,25	33,18
	BMg ₂	25,53	1,36	2,03	0,85	нет / no	1,25	38,00
9.	AY	64,52	0,45	0,51	8,27	0,63	4,00	следы / traces
	BM	56,30	1,15	0,75	5,83	3,32	0,70	следы / traces

Реакция среды в сосняках сдвигается в сторону кислотности, особенно на разновозрастных участках, затронутых пожаром (рН 5,6 на участке №9). Выявлена определенная тенденция снижения элементов питания под влиянием огня. Минимальное содержание нитратного азота, фосфора и кальция отмечено на 10-летнем горельнике (участок №6). Даже спустя 35 лет параметры почвенного покрова на гари (участок №4) по содержанию элементов питания еще далеки от контрольного, особенно по аммиачным формам азота, сумме обменных оснований, содержанию фосфора и калия, только содержание свободных магния и кальция возрастает.

На участке №7 – свежая грабовая дубрава обеспеченность азотом минимальна, но это обусловлено иными факторами. Более легкий механический состав почвы содержит на 10-15% меньше ила, в результате мелкозем находится на поверхности механических элементов. В результате идет быстрое вымывание азота и фосфора, а сумма поглощенных оснований возрастает по профилю почти в 1,7 раз.

Бурозёмы под грабовой бучиной (участок №8), сформировавшиеся на глинистых сланцах, влагоёмки, обладая высокими водорегулирующими свойствами и способны зарегулировать все выпавшие осадки, даже на крутых склонах. В них прослеживается обратная динамика по сумме обменных оснований, которая

снижается с глубиной от 47,30 до 25,53 Mg/экв. на 100 г почвы. Лишь калий имеется в достаточном количестве на участках №7 и №8 (36,20-37,18 мг/100 г почвы), что связано с особенностями подстилающих пород. Вторичные глинистые материалы являются основными источниками этого элемента, освобождающегося в процессе почвообразования.

В целом, распределение элементов питания в почвах с учетом вертикальной поясности не имеет четкой закономерности. Очевидно, в первую очередь, содержание этих веществ зависит от типа растительности и особенностей биологического круговорота веществ, важнейшими звеньями которого являются опад и подстилка [30].

Опад и подстилку мы делили на две части – активную (хвоя, листья, семена, трава, труха) и неактивную (ветви, кора, шишки). Поступление активной фракции ритмично по годам и колебания её массы значительно меньше, чем неактивной. Разложение её происходит быстрее. Наиболее высоки по объёму её запасы (21,3 т/га) на контрольном участке №3 сосняков со значительным снижением этих показателей линейно на разновозрастных гарях. Минимальные величины её отмечены на пятилетнем горельнике (участок №9 – 5,9 т/га) (табл. 5).

Таблица 5. Запасы (т/га) и фракционный состав опада и подстилки (в % от абсолютно сухого веса) на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор**Table 5.** Reserves (t/ha) and fractional composition of leaf-fall/litter (in % of absolute dry weight) in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Запасы опада и подстилки, т/га Reserves of leaf-fall and litter / t/ha	Мощность подстилки, см Litter capacity, cm	Листья Leaves	Хвоя Needles	Ветки Branches	Семена, шишки Seeds, cones	Кора Bark	Мелкие остатки, труха Fine plant, residues
1.	10,0±0,9	3-4	<u>58,1*</u> 44,9	<u>7,4</u> 5,8	<u>9,7</u> 10,9	<u>20,9</u> 21,9	<u>3,9</u> 2,8	<u>Нет / No</u> 13,7
2.	11,3± 0,9	3-5	<u>59,1</u> 47,4	<u>9,7</u> 7,5	<u>10,9</u> 12,4	<u>19,6</u> 12,5	<u>6,7</u> 3,8	<u>Нет / No</u> 16,4
3.	21,3±1,9	4-7	<u>9,2</u> 3,3	<u>74,9</u> 24,9	<u>4,5</u> 1,8	<u>10,2</u> 21,5	<u>1,1</u> 0,4	<u>0,1</u> 48,1
4.	18,5±1,3	3-5	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>58,9</u> 10,4	<u>10,6</u> 5,0	<u>24,2</u> 9,1	<u>6,3</u> 9,5	<u>Нет / No</u> 66,0
5.	13,1±0,9	3-5	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>49,3</u> 3,8	<u>7,4</u> 0,2	<u>25,0</u> 10,4	<u>7,5</u> 6,8	<u>10,8</u> 83,7
6.	8,9±0,6	2-4	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>51,7</u> 8,2	<u>8,0</u> 4,7	<u>18,8</u> 2,4	<u>10,8</u> 4,3	<u>10,7</u> 80,4
7.	11,4±0,8	3-5	<u>69,8</u> 23,1	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>12,8</u> 7,2	<u>9,3</u> 2,8	<u>5,6</u> 2,1	<u>2,5</u> 71,3
8.	16,1±1,2	4-6	<u>73,8</u> 15,2	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>10,5</u> 3,1	<u>9,8</u> 6,4	<u>3,2</u> 1,9	<u>2,7</u> 73,4
9.	5,9±0,4	2-3	<u>Нет / No</u> Нет / No	<u>46,5</u> 5,6	<u>13,4</u> 2,1	<u>4,1</u> 1,3	<u>17,1</u> 6,9	<u>18,9</u> 84,1

Примечание: * в числителе – фракционный состав опада, в знаменателе – фракционный состав подстилки в % от абсолютно-сухого веса.

Note: *Numerator: fractional composition of leaf fall. Denominator: fractional composition of litter in % of absolutely dry weight.

Наиболее высока в процентном отношении активная часть фракций опада и подстилки в нижнем поясе – это редколесья из можжевельника высокого и фисташки туполистной с дубом пушистым (участки №1 и №2), а также в грабово-дубовом лесу (участок №7) и свежей грабовой бучине (участок №8). В опаде этих участков листовая фракция является ведущей, составляя 58,1-73,8%, в подстилке наблюдается обратная тенденция.

Из-за более благоприятных условий влагообеспеченности с подъемом по южному макросклону, деструкция опада идёт более интенсивно, поэтому в подстилке объёмы этой фракции на данных участках резко снижаются с 44,9% до 15,2%. На втором месте по вкладу в формирование подстилки в приморской зоне фракция семян и шишек, которая составляет 19,9-20,9%. С высотой (530-610 м н.у.м.) для грабовой дубравы и грабовой бучины эту позицию в опаде занимает неактивная часть – веточная масса, но с переходом в её многолетнюю подстилку на первое место выходят мелкие остатки и труха, составляя до 71,3-73,4% от ее общего объема. Это объясняется тем, что увеличение неактивной фракции способствует большей доступности элементов питания для развития растений [31].

Анализ распределения опада и подстилки на разновозрастных горельниках в сосняках выявил следующее. Под воздействием огня эти фракции становятся менее однородными (табл. 5). Резко

сокращается фракция хвои, особенно на молодых гарях (участок №9 – 46,5%), соответственно на контроле (участок №3 – 74,6%). Наблюдается прямая связь между возрастом горельника и участием этого компонента в составе опада. В связи с повреждением стволов деревьев огнем, отмечено резкое возрастание роли фракций веток и коры на свежих гарях (13,4% и 17,1%) и существенное снижение их объемов на 35-летнем пожарище (участок №4) – 10,6% и 6,3%, но даже на нём объёмы коры превышают контрольную площадь в пять раз, а фракция веточного опада – в 2,5 раза.

Выявляется еще одна тенденция: после огневого воздействия при низовом пожаре резко возрастает в составе опада фракция семян и шишек с 10-летнего возраста (18,8%), эта динамика сохраняется также на старовозрастных гарях (24,2-25%). На контрольном участке №3 эти компоненты имеют минимальные величины – 10,2%, но в подстилке они наиболее значимы – 21,5%. По соотношению ведущих фракций опада и по его запасам старые горельники схожи с контрольным участком, но на молодых гарях вследствие повреждения подстилки огнем отмечено усиление процессов остепнения. С уменьшением плотности подстилки на горельниках усиливается интенсивность её разложения, в результате доля трухи резко возрастает, достигая максимума на 5-летнем (84,1%) по сравнению с контрольным (48,1%).

На интенсивность разложения и минерализации растительных остатков существенное влияние оказывают не только породный химический состав опада, но гидротермический и водный режим окружающей среды [32; 33].

Усредненные показатели зольности опада и подстилки являются косвенными свидетельствами различий между группами лиственных и хвойных древесных пород [34].

Поэтому растительные остатки горизонтов опада и подстилки по зольным соединениям с учётом состава древостоя значительно различаются между собой (табл. 6). Причем следует отметить, что на горельниках сосняков экотопические условия более жесткие, обусловленные резко изменяющимися гидротермическим и световым режимами.

Общее содержание золы в подстилке на всех участках превышает аналогичный показатель в опаде (табл. 6), что обусловлено более активными процессами ферментации в ней при дополнительном переходе

водорастворимых зольных элементов из верхнего горизонта. Процентное количество золы в анализируемом биогеоценотическом горизонте тесно связано с типом леса. Максимальная величина золы в опаде и подстилке отмечена в можжевельниковых редколесьях южного побережья (участки №1 и №2) от 11,84 до 16,66%, хотя следует также отметить и наивысшие показатели золы в подстилке букового леса до 17,60%, поэтому эти горизонты можно отнести к сверхвысоко-зольным (> 10%). Напротив, пробные площади гарей, включая и контрольный участок соснового леса, по данному параметру можно считать среднезольными (3-6%). Самые минимальные величины золы выявлены на 35-летнем горельнике соснового леса (участок №4) – 2,85-3,93%. Огонь не нарушает эту закономерность, прослеживается превышение зольности подстилки над опадом, за исключением гарей раннего периода. Четко выявляется обратная зависимость между накоплением подстилки горельников (табл. 5) и величиной азотосодержащих веществ (табл. 6).

Таблица 6. Содержание зольных элементов и азота в опаде и подстилке на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор (в % на сухое вещество)

Table 6. The content of ash elements and nitrogen in the leaf-fall/litter in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains (% of dry matter)

№	Зольность Ash content	Ca	Mg	Fe	K	P	N
1.	<u>11,84*</u> 16,38	<u>7,01</u> 9,02	<u>6,10</u> 4,21	<u>6,25</u> 3,40	<u>4,79</u> 7,95	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,85</u> 0,75
2.	<u>15,32</u> 16,66	<u>10,49</u> 7,41	<u>4,29</u> 5,04	<u>1,57</u> 0,27	<u>3,94</u> 4,61	<u>0,28</u> 0,41	<u>1,75</u> 2,30
3.	<u>4,21</u> 6,75	<u>4,01</u> 1,60	<u>4,03</u> 2,02	<u>4,52</u> 3,40	<u>0,02</u> 0,06	<u>0,38</u> 0,09	<u>0,07</u> 0,06
4.	<u>2,85</u> 3,93	<u>1,49</u> 2,62	<u>0,36</u> 1,56	<u>1,19</u> 2,44	следы/ traces следы/ traces	<u>0,27</u> 0,12	<u>2,03</u> 2,50
5.	<u>5,23</u> 4,16	<u>3,56</u> 4,27	<u>2,35</u> 4,81	<u>1,41</u> 1,71	<u>4,50</u> 4,57	<u>0,12</u> 0,17	<u>13,02</u> 14,60
6.	<u>3,73</u> 7,70	<u>0,66</u> 1,61	<u>1,95</u> 2,12	<u>3,40</u> 3,80	<u>4,17</u> 3,67	<u>0,25</u> 0,12	<u>13,59</u> 9,00
7.	<u>8,50</u> 14,71	<u>3,20</u> 2,01	<u>4,80</u> 2,80	<u>1,92</u> 3,42	<u>0,07</u> 0,34	<u>0,13</u> 0,14	<u>0,14</u> 1,02
8.	<u>5,26</u> 17,60	<u>6,90</u> 4,72	<u>4,03</u> 2,32	<u>5,01</u> 2,31	<u>0,03</u> 0,27	<u>0,38</u> 0,15	<u>0,50</u> 0,13
9.	<u>4,00</u> 4,29	<u>4,09</u> 12,17	<u>1,74</u> 2,18	<u>6,25</u> 11,66	<u>6,67</u> 2,33	<u>0,04</u> 0,01	<u>10,55</u> 11,00

Примечание: * в числителе – содержание зольных элементов и азота в опаде, в знаменателе – содержание зольных элементов и азота в подстилке в % на сухое вещество.

Note: * Numerator: content of ash elements and nitrogen in litter fall. Denominator: content of ash elements and nitrogen in litter fall, % of dry matter.

Подстилки разновозрастных гарей сосняков отличаются значительным содержанием поглощённых оснований кальция, магния и железа, составляющих большую часть обменных катионов. Магний совместно с железом регулируют окислительно-восстановительные процессы в биологических системах, поэтому для нормального роста растений необходимо определенное соотношение этих элементов. В опаде на всех горельниках по мере увеличения их возраста снижается содержание железа от 6,25% до 1,19%, так как оно интенсивно выносятся из подстилки в почву, особенно на старовозрастных гарях (участок №4). Показатели магния, напротив, такой четкой динамики не выявляют.

Очевидно, изменения гидротермических условий на молодых гарях стимулируют окислительно-восстановительные процессы, способствуя тем самым усилению биологического круговорота веществ. По мере вымывания подвижных соединений в нижележащие горизонты почвы и роста их потребления развивающимся подростом, содержание элементов питания, особенно нитратного азота, фосфора и калия в нарушенных огнем почвах уменьшается, так и не приблизившись к показателям контрольной площади (участок №3).

Фосфор относится к важнейшим элементам, так как принимает участие в энергетических процессах жизне-

деятельности растений. Важна обеспеченность этим элементом всех биогоризонтов выше нижнего предела его оптимальной концентрации, составляющего 0,20% [23]. По отношению фосфора к азоту также можно судить о направленности энергетических процессов в экосистемах и о большей или меньшей обеспеченности азотного обмена.

По мере перехода от опада к подстилке, содержание фосфора в большинстве лесных фитоценозов южного макросклона понижается, что указывает на вымывание данного элемента. Причем это четко видно при сравнении показателей по горизонтам почвы, опада и подстилки. Самые активные процессы миграции фосфора по профилю биогоризонтов прослеживаются в бучине, далее следует грабовая дубрава и самые интенсивные потери этого элемента из золы отмечены на молодой гари в сосняках. Ряд исследователей [35] считают, что вряд ли происходит значительный вынос его за пределы фитоценоза и необратимое падение трофности местообитания, так как большая его часть поглощается корнями деревьев и травостоем, поэтому фосфор возвращается в экосистему. Это подтверждается и нашими данными. На разновозрастных гарях по мере повышения их возраста интенсивность этих процессов также замедляется. Дефицит влаги в сухих приморских биотопах можжевельников редколесий замедляет процессы разложения подстилки, но здесь хорошо выражен травянистый ярус, перехватывающий элементы питания, в результате почвы этих сообществ обеднены фосфором.

Минеральные формы азота образуются в основном за счет разложения опада. В зависимости от соотношения C:N, условий среды, температуры, влажности, pH, состава гетеротрофов, принимающих участие в деструкции, процесс идет с различной скоростью и не дает одинаковые конечные результаты. Низкое содержание азота в опаде сосны крымской на контроле (0,07%) резко контрастирует со значительными показателями этого элемента на горельниках 5-20-летних (10,55-13,59%) и существенным падением этой величины на 35-летней гари. Это указывает на замедление процессов разложения и минерализации, оказывая существенное влияние на величину аммиачных и нитратных форм азота в почве (табл. 4). После низовых пожаров ускоряется деструкция органических веществ, повышается содержание в подстилке (особенно на молодых горельниках) подвижных форм кальция и железа в 2-3 раза, калия и азота более чем в 10 раз. Все эти факторы благоприятствуют развитию проростков и всходов сосны, поэтому их численность на 15-20 год после огневого воздействия увеличивается в 30 и более раз по сравнению с контролем.

Калий играет большую роль в процессе роста листьев и побегов, перераспределяясь в течение вегетационного периода по дереву. Поэтому содержание его в опаде относительно низкое на всех пробных площадях, кроме молодого соснового горельника (участок №9) – 6,67%. Из растительных остатков этот элемент выносится быстро, особенно интенсивно в сосняках и можжевельников редколесьях (участки №1 и №2), что способствует ускоренному поступлению данного элемента в почву. С учетом того, что глинистые фракции почв имеют его повышенное содержание, то он не вы-

ступает для растений лимитирующим фактором в их развитии на этой территории.

Увеличение доли кальция, а следовательно и снижение соотношения K:Ca повышает устойчивость растений в период острого дефицита влаги в течение вегетационного периода, который характерен для данной климатической зоны. Для грабовой дубравы и бучины превышение кальция в подстилке и опаде очень значительно (3,20-6,90%) по отношению к калию, где отмечены в этих фракциях его минимальные показатели (0,03-0,07%). Для приморской зоны в можжевельников редколесьях этот контраст не так значителен, обеспечивая данным фитоценозам успешную адаптацию к дефициту влаги в период летне-осеннего сезона. Повышенное содержание кальция в опаде и подстилке по сравнению с калием также активизирует и процессы минерализации, что создает более благоприятные условия для работы подстилочных сапрофагов.

Особенности транслокации зольных элементов и азота по рядам накопления элементов в пределах каждого биогоризонта южного макросклона Главной гряды Крымских гор выявили следующие закономерности (табл. 7).

В фисташниково-можжевельников редколесье (участок №1) четко наблюдается увеличение от опада к подстилке содержания Ca и K, снижение показателей Mg и Fe, миграция P и N выражена слабо. В почве ведущие позиции занимают K и N, значимость остальных элементов достаточно низка. Для можжевельново-дубово-грабинникового редколесья (участок №2) выявлено снижение Ca и Fe по биогоризонтам, а в подстилке повышается содержание Mg, K, P и N. В почве ведущие позиции занимает K, P и Ca, минимально поступление Mg, N и Fe.

Для сосняков в системе опад-подстилка четко прослеживается, что чем старше горельник, тем менее интенсивно идет миграция зольных элементов. Динамика распределения транслокации веществ на контроле существенно отличается от разновозрастных гарей. Здесь наблюдается постепенная миграция химических элементов и повышение содержания их в подстилке в убывающем порядке: Fe, Mg, Ca, P, показатели N и K минимальны, напротив в почве на данном участке ведущие позиции имеют K, N и P. На молодой гари (участок №9) в опаде ведущими элементами является N, K, Fe и Ca. Они активно мигрируют в подстилку, резко повышая в ней свои показатели, но последовательность распределения их иная: Ca, Fe, N и K, причем подвижные соединения кальция и железа возрастают по объему в 2-3 раза. Напротив, в почве наиболее высоко содержание N, P и Ca и минимальны показатели K и Mg. На 10-летнем горельнике (участок №6) интенсивнее всего вымывается в почву K, N и P, занимая в ней по содержанию ведущие позиции. Главенствующими химическими элементами по миграции из опада в подстилку здесь являются те же: N, K, Fe, за исключением Mg, который здесь более активен, чем кальций. Отмеченная тенденция сохраняется и на 20-летнем горельнике (участок №5). На пробном участке, пройденном огнем 35 лет назад, распределение в убывающем порядке химических элементов в опаде

следующее: N, Ca, Fe и Mg, при миграции в подстилку минимальна. на первое место выходит Ca, остальные элементы сохраняют свои позиции, значимость здесь P и K

Таблица 7. Ряды накопления химических элементов на пробных площадях заповедных территорий южного макросклона Главной гряды Крымских гор

Table 7. Series of accumulation of chemical elements in test areas in protected zones of southern macroslope of main ridge of Crimean mountains

№	Наименование типа леса Forest type	Высота над ур. м. Altitude	Горизонты Levels	Ряды накопления элементов в пределах каждого фитоценоза Sequence of accumulation of elements within each phytocenosis
1.	Очень сухой кеово-можжевельный сугрудок Very dry kev-juniper sudubrava	15	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Fe > Mg > K > N > P Ca > K > Mg > Fe > N > P K > N > P > Ca > Mg
2.	Сухая можжевельно-грабинниковая дубрава Dry juniper-hornbeam oak forest	80	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Mg > K > N > Fe > P Ca > Mg > K > N > P > Fe K > P > Ca > Mg > N
3.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black-pine subor	390	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Fe > Mg > Ca > P > N > K Fe > Mg > Ca > P > N > K K > N > P > Ca > Mg
4.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	436	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > Ca > Fe > Mg > P > K Ca > N > Fe > Mg > P > K K > N > P > Ca > Mg
5.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	505	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Ca > Mg > Fe > P N > Mg > K > Ca > Fe > P K > N > P > Ca > Mg
6.	Сухая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	520	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Fe > Mg > Ca > P N > Fe > K > Mg > Ca > P K > N > P > Mg > Ca
7.	Свежая грабовая дубрава Fresh hornbeam oak forest	530	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Mg > Ca > Fe > N > P > K Fe > Mg > Ca > N > K > P K > P > Ca > Mg > N
8.	Свежая грабовая бучина Fresh hornbeam-beech	610	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	Ca > Fe > Mg > N > P > K Ca > Mg > Fe > K > P > N K > P > Ca > N > Mg
9.	Свежая черно-сосновая суборь Dry black pine subor	650	опад / leaf fall подстилка / litter почва / soil	N > K > Fe > Ca > Mg > P Ca > Fe > N > K > Mg > P N > P > Ca > Mg > K

Следовательно, ряды накопления химических элементов существенно меняются в сосняках в зависимости от интенсивности огневого воздействия и длительности в них послепожарного периода. Низовые пожары в лесах из сосны крымской приводят к перестройкам в зольном составе опада, подстилки и почв. Они в исследуемом регионе интенсифицируют процессы нитрификации и аммонификации, что ведет к росту минеральных форм азота и калия в изученных биогеоценологических горизонтах, способствуя ускорению процессов гумификации недогоревшего слоя подстилки. Таким образом, можно утверждать о способности популяций сосны крымской к авторегуляции и гомеостазу жизненно важных функций при нарушениях их структуры под влиянием огня. Этот вид сохраняет свои позиции в данном высотном поясе южного макросклона при низовых пожарах любой интенсивности, перестраивая интенсивность своих биогеоценологических процессов в системе опад–подстилка–почва.

В свежей грабовой дубраве (участок №7) при

более благоприятных условиях водообеспеченности из опада в подстилку резко активизируется подвижность Mg, Fe и Ca, показатели которых возрастают в 1,5-2 раза в нижнем биогеоценологическом горизонте, также существенны и значения N, роль K и P невелики. Эти элементы, очевидно, активно вымываются в почву благодаря деструкции подстилочными сапрофитами мертвой органики, что подтверждается динамикой распределения их в почвенном горизонте, где на первое место выходят K, P и Mg и Ca со следами присутствия N.

Для свежей грабовой бучины характерна следующая динамика деструкции органических веществ. В опаде ведущими элементами являются подвижные соединения Ca, Fe, Mg, снижаясь по содержанию в подстилке в 1,5-2,5 раза. Показатели P и N крайне невелики и также сохраняют тенденцию к уменьшению в данной биогеоценологическом горизонте в 2-3 раза, содержание K крайне незначительно. Эти элементы в форме подвижных соединений мигрируют в почву, где отмечено накопление K, P, Ca и N, которые

активизируют процессы формирования гумуса. Поэтому интенсивная миграция по биогоризонтам водорастворимых минеральных соединений и азота является важным фактором биогеоценотической эволюции ландшафтов.

Следовательно, различия в процессах накопления и разложения органических веществ отражаются в морфологии и запасах подстилки для разнообразных типов лесных фитоценозов и зависят в большей степени от состава, структуры, продуктивности и экологических особенностей фитоценозов. Именно они определяют интенсивность и количественные показатели биологического круговорота органических веществ на заповедных территориях в масштабе крупного ландшафтного комплекса – южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Это позволяет судить об экологических механизмах адаптации, регулирования структуры и функций этих сообществ, обеспечивающих водохранимую, климаторегулирующую и почвозащитную функции курортного комплекса Крыма.

ВЫВОДЫ

1. Девять пробных площадей были заложены по Южному макросклону Главной гряды Крымских гор на территориях ФГБУ «Ялтинский горно-лесной природный» и «Крымский природный» заповедников с перепадом высот от 15 м до 650 м над уровнем моря с преобладающей крутизной 15-25° от очень сухих биотопов (C₀) вблизи моря до свежих (D₂) в ущелье Авунда. В приморской зоне под можжевельниковыми насаждениями из можжевельника высокого формируются почвы коричневатые выщелоченные, бескарбонатные, маломощные, малогумусовые, слабо-хрящевые и щебенчатые. Под сосняками из сосны крымской формируются бурозёмы суглинисто-щебенчатые на карбонатных почвообразующих породах, на высоте 650 м они развиты на сильно смытых каменисто-щебенчатых продуктах выветривания глинистых сланцев с четкими переходами между генетическими горизонтами. Под грабовой дубравой формируются типичные бурозёмы смешанного делювия, под бучиной – бурозёмы глеевые на глинистых сланцах и бескарбонатных глинистых продуктах выветривания мергелей с признаками периодического оглеения.

2. Пирогенный фактор не изменяет механический состав почв. Огонь существенно влияет на содержание гумуса – его количество уменьшается на всех гарях в 2-3 раза, причем нет прямой зависимости от возраста горельников, определяющий фактор – интенсивность огневого воздействия и влияние высоких температур.

3. Исследуемые участки крайне неравномерно обеспечены подвижными формами азота. В нижнем приморском поясе в очень сухих экотопах аммиачные формы преобладают над нитратными с минимальными величинами на участке №2 – можжевельново-дубово-грабинниковое редколесье. На участках соснового леса с учетом пирогенного фактора выявлено, что сумма обменных оснований с удлинением послепожарного периода уменьшается, хотя соотношение обменных магния и кальция достаточно близки на всех участках, кроме контрольного. В свежей грабовой дубраве (участок №7) обеспеченность азотом минимальна. Лишь

калий имеется в достаточном количестве на дубраве и бучине, что связано с особенностями состава глинистых подстилающих пород.

4. Четко видно при сравнении показателей по горизонтам почвы, опада и подстилки, что самые активные процессы миграции фосфора по профилю биогоризонтов прослеживаются в бучине, далее следует грабовая дубрава и самое интенсивные потери этого элемента из золы на молодой гари в сосняках. Поэтому после низовых пожаров ускоряется деструкция органических веществ, повышается содержание в подстилке (особенно на молодых горельниках) подвижных форм кальция и железа в 2-3 раза, калия и азота более чем в 10 раз. Все эти факторы благоприятствуют развитию проростков и всходов сосны. Для приморской зоны в можжевельниковых редколесьях этот контраст не так значителен.

5. Ряды накопления химических элементов существенно меняются в каждом типе леса и имеют свою специфику. В зависимости от интенсивности огневого воздействия и длительности в них послепожарного периода низовые пожары в лесах из сосны крымской приводят к перестройкам в зольном составе опада, подстилки и почв. В исследуемом регионе они интенсифицируют процессы нитрификации и аммонификации, что ведет к росту минеральных форм азота и калия в изученных биогеоценотических горизонтах, что способствует ускорению процессов гумификации. Сосна крымская сохраняет свои позиции в данном высотном поясе южного макросклона при низовых пожарах любой интенсивности, перестраивая активность своих биогеоценотических процессов в системе опад-подстилка-почва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. С. 82-97, 138-150.
- 2.Olsen S.R., Sommers L.E. Phosphorus. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA 1982. P. 403-430.
- 3.Pandey N.Ch., Tewari L.M., Joshi G.C., Upreti B.M. Physico-chemical characterization of Oak, Pine and Sal forest soil profiles of Betalghat Region of Kumaun Himalaya // Eurasian J Soil Sci. 2018. V. 7. Iss. 3. P. 261-272. Doi: 10.18393/ejss.435082
- 4.Mehta J.P., Shreshthamani B. Analysis of the physico-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya // Nature and Science. 2014. V. 12. Iss. 11. P. 46-54.
- 5.Дегтярева Т.В., Сутормина Э.Н. Особенности биогеохимии ландшафтов Тебердинского заповедника // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. Т. 2. №3 (13). С. 85-93.
- 6.Дидух Я.П. Растительный покров горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). Киев: Наукова думка, 1992. 256 с.
- 7.Balesdent J., Basile-Doelsch I., Chadoeuf J., Cornu S., Derrien D., Fekiacova Z., Hatté C. Atmosphere-soil carbon

- transfer as a function of soil depth // *Nature*. 2018. V. 559. P. 599-602. Doi: 10.1038/s41586-018-0328-3
8. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: Доля, 2004. 208 с.
9. Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A., Ponette Q. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon // *Science of the Total Environment*. 2016. V. 574. P. 616-628. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.028, 201710
10. Holden S.R., Rogers B.M., Treseder K.K., Randerson J.T. Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire // *Environ. Res. Lett.* 2016. V. 11. N 3. Doi: 10.1088/1748-9326/11/3/035004
11. Кобечинская В.Г., Сволынский М.Д., Мирошниченко А.М. Последствия воздействия пожаров на сосновые леса Ялтинского горно-лесного природного заповедника // *Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование*. Ч.1. Симферополь: Экология и мир. 2005. С. 271-276.
12. Кобечинская В.Г., Отурина И.П., Пышкин В.Б., Решетник Г.Н. Сравнительный анализ миграционных потоков химических элементов в системе растения-почва на крымских яйлах // *Геополитика и экодинамика регионов*. 2014. Т. 10. N 2. С. 584-591.
13. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования // *Научные труды Никитского ботанического сада*. 1967. Т. 38. С. 171-234.
14. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // *Nature*. 2015. V. 528. P. 60-68. Doi: 10.1038/nature16069
15. Лакин Н.А. Биометрия. М.: Высшая школа, 1978. 343 с.
16. Лысысянь М.Е., Сергеева В.С. Основы лесоводства и лесной таксации. Львов: Лесная промышленность, 1990. 220 с.
17. Didion M., Blujdea V., Grassi G., Hernández L., Jandl R., Kriiska K., Lehtonen A., Saint-André L. Models for reporting forest litter and soil C pools in national greenhouse gas inventories: methodological considerations and requirements // *Carbon Management*. 2016. V. 7. N 1-2. P. 79-92. Doi: 10.1080/17583004.2016.1166457
18. Молчанов Е.Ф. Динамика опад в основных растительных ассоциациях заповедника «Мыс Мартыан» // *Научные труды Никитского ботанического сада*. 1984. Т. 93. С. 91-100.
19. Санников С.И. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // *Экология*. 1981. N 6. С. 23-33.
20. Hernández L., Jandl R., Blujdea V.N.B., Lehtonen A., Kriiska K., Alberdi I., Adermann V., Cañellas I., Marin G., Moreno-Fernández D., Ostonen I., Varik M., Didion M. Towards complete and harmonized assessment of soil carbon stocks and balance in forests: The ability of the Yasso07 model across a wide gradient of climatic and forest conditions in Europe // *Science of The Total Environment*. 2017. Iss. 599-600. P. 1171-1180. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.298
21. Посохов П.П. Лесорастительное районирование горного Крыма // *Лесоводство и агролесомелиорация* К.: Урожай. 1969. Вып. 16. С. 105-119.
22. Поляков А.Ф., Плугатарь Ю.В. Лесные формации Крыма и их экологическая роль. Харьков: Новое слово, 2009. С. 220-269.
23. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 2000. 768 с.
24. Qiao Y.F., Miao S.J., Li Y.X., Zhong X. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil // *Plant Soil Environ.* 2018. V. 64. P. 557-563. Doi: 10.17221/492/2018-PSE
25. Jug I., Jug D., Bogunović I., Vukadinović V., Stipešević B., Brozović B. Spatial variability of soil organic matter content in Eastern Croatia assessed using different interpolation methods // *Int. Agrophys.* 2019. V. 33. Iss. 1. P. 31-39. Doi: 10.31545/intagr/104372
26. Lu N., Akujärvi A., Wu X., Liski J. Changes in soil carbon stock predicted by a process-based soil carbon model (Yasso07) in the Yanhe watershed of the Loess Plateau // *Landscape Ecology*. 2015. V. 30. Iss. 3. P. 399-413. Doi: 10.1007/s10980-014-0132-x
27. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1976. С. 23-136.
28. Фирсова В.П., Павлова Т.С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах. М.: Наука, 1983. 164 с.
29. Титлянова А.А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозах. Методическое руководство. Новосибирск: Наука, 1971. 136 с.
30. Xia M., Talhelm A.F., Pregitzer K.S. Fine roots are the dominant source of recalcitrant plant litter in sugar maple-dominated northern hardwood forests // *New Phytologist*. 2015. V. 208. Iss. 3. P. 715-726. Doi: 10.1111/nph.13494
31. Чернобай Ю.Н. Детритные показатели стабильности заповедных лесов Карпат // *Management of Environmental Protection in Forests. VII. Zarządzanie ochroną przyrody w Lasach. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi*. 2014. P. 62-81.
32. Dhillon G.S., Gillespie A., Peak D., Van Rees K.C.J. Spectroscopic investigation of soil organic matter composition for shelterbelt agroforestry systems // *Geoderma*. 2017. V. 298. P. 1-13. Doi: 10.1016/j.geoderma.2017.03.016
33. Coop J.D., Schoettle A.W. Regeneration of Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata*) and limber pine (*Pinus flexilis*) three decades after stand-replacing fires // *Forest Ecology and Management*. 2009. V. 257. Iss. 3. P. 893-903. Doi: 10.1016/j.foreco.2008.10.034
34. Шилов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
35. Xu J.S., Zhao B.Z., Chu W.Y., Mao J.D., Olk D.C., Zhang J.B., Wei W.X. Evidence from nuclear magnetic resonance spectroscopy of the processes of soil organic carbon accumulation under long-term fertilizer management // *European Journal of Soil Science*. 2017. V. 68. Iss. 5. P. 703-715. Doi: 10.1111/ejss.12445

REFERENCES

1. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. *Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnnykh zonakh* [Methods of studying the biological cycle in various natural areas]. Moscow, Mysl Publ., 1978, pp. 82-97, 138-150. (In Russian)

2. Olsen S.R., Sommers L.E. Phosphorus. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy, 1982, no. 9, Madison, WI, USA, pp. 403-430.
3. Pandey N.Ch., Tewari L.M., Joshi G.C., Upreti B.M. Physico-chemical characterization of Oak, Pine and Sal forest soil profiles of Betalghat Region of Kumaun Himalaya. *Eurasian J Soil Sci.*, 2018, vol. 7, iss. 3, pp. 261-272. Doi: 10.18393/ejss.435082
4. Mehta J.P., Shreshthamani B. Analysis of the physico-chemical properties of the soil and climatic attribute on vegetation in Central Himalaya. *Nature and Science*. 2014, vol. 12, iss. 11, pp. 46-54.
5. Degtyarova T.V., Sutormina E.N. Features of Landscapes Biogeochemistry of Teberda reserve. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University]*. 2008, vol. 2, no. 3(13), pp. 85-93. (In Russian)
6. Didukh Ya.P. *Rastitel'nyi pokrov gornogo Kryma (struktura, dinamika, evolyutsiya i okhrana)* [Vegetation cover of the mountainous Crimea (structure, dynamics, evolution and protection)]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1992, 256 p. (In Russian)
7. Balesdent J., Basile-Doelsch I., Chadoeuf J., Cornu S., Derrien D., Fekiacova Z., Hatté C. Atmosphere–soil carbon transfer as a function of soil depth. *Nature*, 2018, vol. 559, pp. 599-602. Doi: 10.1038/s41586-018-0328-3
8. Dragan N.A. *Pochvennye resursy Kryma* [Crimea soil resources]. Simferopol', Dolya Publ., 2004, 208 p. (In Russian)
9. Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A. and Ponette Q. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 574, pp. 616-628. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.028, 201710
10. Holden S.R., Rogers B.M., Treseder K.K., Randerson J.T. Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire. *Environ. Res. Lett.*, 2016, vol. 11, no. 3. Doi: 10.1088/1748-9326/11/3/035004
11. Kobechinskaya V.G., Svolynskii M.D., Miroshnichenko A.M. [Consequences of the impact of fires on pine forests of the Yalta mountain-forest nature reserve] In: *Zapovedniki Kryma: zapovednoe delo, bioraznoobrazie, ekoobrazovanie* [Crimea reserves: conservation, biodiversity, ecological formation]. Simferopol', Ekologiya i mir Publ., 2005, vol. 1, pp. 271-276. (In Russian)
12. Kobechinskaya V.G., Oturina I.P., Pyshkin V.B., Reshetnik G.N. Comparative analysis of migration flows of chemical elements in the system plant – soil on the Crimean Jajly. *Geopolitika i ekodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of regions]. 2014, vol. 10, no. 2, pp. 584-591. (In Russian)
13. Kochkin M.A. [Soils, forests and climate of the mountainous Crimea and the ways of their rational use]. In: *Nauchnye trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Scientific Works of the Nikitsky Botanical Garden]. 1967, no. 38, pp. 171-234. (In Russian)
14. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 2015, vol. 528, pp. 60-68. Doi: 10.1038/nature16069
15. Lakin N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1978, 343 p. (In Russian)
16. Lysysyan' M.E., Sergeeva V.S. *Osnovy lesovodstva i lesnoi taksatsii* [Basics of forestry and forest taxation]. L'vov, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990, 220 p. (In Russian)
17. Didion M., Blujdea V., Grassi G., Hernández L., Jandl R., Kriiska K., Lehtonen A., Saint-André L. Models for reporting forest litter and soil C pools in national greenhouse gas inventories: methodological considerations and requirements. *Carbon Management*, 2016, vol. 7, no. 1-2, pp. 79-92. Doi: 10.1080/17583004.2016.1166457
18. Molchanov E.F. [The dynamics of the litter in the main plant associations of the reserve "Cape Martian"]. In: *Nauchnye trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Scientific Works of the Nikitsky Botanical Garden]. 1984, vol. 93, pp. 91-100. (In Russian)
19. Sannikov S.I. Forest fires as a factor in the transformation of the structure, renewal and evolution of biogeocenoses. *Ekologiya* [Ecology]. 1981, no. 6, pp. 23-33. (In Russian)
20. Hernández L., Jandl R., Blujdea V.N.B., Lehtonen A., Kriiska K., Alberdi I., Adermann V., Cañellas I., Marin G., Moreno-Fernández D., Ostonen I., Varik M., Didion M. Towards complete and harmonized assessment of soil carbon stocks and balance in forests: The ability of the Yasso07 model across a wide gradient of climatic and forest conditions in Europe. *Science of The Total Environment*, 2017, iss. 599-600, pp. 1171-1180. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.298
21. Posokhov P.P. Forest vegetation zoning of the mountainous Crimea. In: *Lesovodstvo i agrolesomeliatsiya* [Forestry and agroforestry]. Kiev, Urozhai Publ., 1969, iss. 16, pp. 105-119. (In Russian)
22. Polyakov A.F., Plugatar' Y.V. *Lesnye formatsii Kryma i ikh ekologicheskaya rol'* [Forest formations of the Crimea and their ecological role]. Kharkov, Novoe slovo Publ., 2009, pp. 220-269. (In Russian)
23. Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape]. Moscow, Astreya Publ., 2000, 768 p. (In Russian)
24. Qiao Y.F., Miao S.J., Li Y.X., Zhong X. Chemical composition of soil organic carbon changed by long-term monoculture cropping system in Chinese black soil. *Plant Soil Environ*, 2018, vol. 64, pp. 557-563. Doi: 10.17221/492/2018-PSE
25. Jug I., Jug D., Bogunović I., Vukadinović V., Stipešević B., Brozović B. Spatial variability of soil organic matter content in Eastern Croatia assessed using different interpolation methods. *Int. Agrophys.*, 2019, vol. 33, iss. 1, pp. 31-39. Doi: 10.31545/intagr/104372
26. Lu N., Akujärvi A., Wu X., Liski J. Changes in soil carbon stock predicted by a process-based soil carbon model (Yasso07) in the Yanhe watershed of the Loess Plateau. *Landscape Ecology*, 2015, vol. 30, iss. 3, pp. 399-413. Doi: 10.1007/s10980-014-0132-x
27. Rodin L.E., Bazilevich N.I. *Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskii krugovorot zol'nykh elementov i azota v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara* [The dynamics of organic matter and the biological circulation of ash elements and nitrogen in the main types of vegetation on the globe]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1976, pp. 23-136. (In Russian)
28. Firsova V.P., Pavlova T.S. *Pochvennye usloviya i osobennosti biologicheskogo krugovorota veshchestv v gornykh sosnovykh lesakh* [Soil conditions and features of the biological cycle of substances in the mountain pine forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983, 164 p. (In Russian)

29. Titlyanova A.A. *Izucheniye biologicheskogo krugovorota v biogeotsenozakh* [Study of the biological cycle in biogeocenoses]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1971, 136 p. (In Russian)
30. Xia M., Talhelm A.F., Pregitzer K.S. Fine roots are the dominant source of recalcitrant plant litter in sugar maple-dominated northern hardwood forests. *New Phytologist*, 2015, vol. 208, iss. 3, pp. 715-726. Doi: 10.1111/nph.13494
31. Chernobai Yu.N. [Detritus indicators of the stability of the protected forests of the Carpathians]. In: Management of Environmental Protection in Forests. VII Zarządzanie ochroną przyrody w Lasach. Rocznik Wyższej Szkoły Zarządzania rodowiskiem w Tucholi, 2014, pp. 62-81. (In Russian)
32. Dhillon G.S., Gillespie A., Peak D., Van Rees K.C.J. Spectroscopic investigation of soil organic matter composition for shelterbelt agroforestry systems. *Geoderma*, 2017, vol. 298, pp. 1-13. Doi: 10.1016/j.geoderma.2017.03.016
33. Coop J.D., Schoettle A.W. Regeneration of Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata*) and limber pine (*Pinus flexilis*) three decades after stand-replacing fires. *Forest Ecology and Management*, 2009, vol. 257, iss. 3, pp. 893-903. Doi: 10.1016/j.foreco.2008.10.034
34. Shilov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of Russian soils]. Smolensk, Oikumena Publ., 2004, 342 p. (In Russian)
35. Xu J.S., Zhao B.Z., Chu W.Y., Mao J.D., Olk D.C., Zhang J.B., Wei W.X. Evidence from nuclear magnetic resonance spectroscopy of the processes of soil organic carbon accumulation under long-term fertilizer management. *European Journal of Soil Science*, 2017, vol. 68, iss. 5, pp. 703-715. Doi: 10.1111/ejss.12445

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Валентина Г. Кобечинская проводила полевые исследования, изложила результаты, их интерпретировала в рукописи статьи. Ольга Б. Ярош проводила в соответствие графический и иллюстративный материал, оформление статьи, редакция. Анатолий В. Ивашов выступил в качестве консультанта по современной номенклатуре почв РФ, написал обзор литературы и выводы. Валерий Л. Апостолов высказал идею исследования, предложил исследовательский алгоритм, написал методы исследования. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Valentina G. Kobechinskaya conducted field research, presented the results, interpreted them in the text of the article. Olga B. Yarosh produced the graphic and illustrative material and the design of the article, and edited the text. Anatoly V. Ivashov acted as a consultant on the modern soil nomenclature of the Russian Federation and wrote a review of literature and conclusions. Valery L. Apostolov developed the research concept, proposed the research structure and wrote research methods. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.