

EDN: AVDJVN

УДК 574.2

Edaphic Conditions of *Pineta pityusae* Stands in the Crimean Mountains

Vladimir P. Koba* and Nikita A. Makarov
*Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center RAS
Yalta, Russian Federation*

Received 19.07.2023, received in revised form 20.06.2024, accepted 23.06.2024

Abstract. An important aspect of research addressing the dynamics of growth and development of tree stands and evaluation of their state is analysis of edaphic conditions in which they grow. In mountain landscapes, soil formation and the state of the soil exhibit considerable patchiness and narrowing of the range of natural factors that ensure the formation of an edaphotope and meet the requirements for its development. The aim of the present work was to study the soil in large stands of *Pinus brutia* var. *pityusa* in the Crimean Mountains and to analyze dynamics of its qualitative and quantitative properties. Soil properties were examined in layers of 0...10, 10...20, 20...30, 30...40, and 40...50 cm in sections on sample plots along hypsometric profiles in the largest *P. brutia* var. *pityusa* forests in the districts of Ayazma and Batiliman, on Karaul-Oba Mountain, and in the district of Novyi Svet. The results of the study show that in the western part of the *P. brutia* var. *pityusa* range in the Crimean Mountains, the growing conditions for this species are more favorable, in terms of humus content and soil texture, compared to the eastern part. The least favorable soil conditions were observed in ecotopes on Karaul-Oba. The present study demonstrates that low levels of moisture accumulation and humus content of the soil are limiting factors affecting the growth and development of *P. brutia* var. *pityusa* in the ecotopes of the eastern part of the Crimean Mountains.

Keywords: *P. brutia* var. *pityusa*, stands, profile, soil, edaphic conditions, humus, soil texture.

Citation: Koba V.P., Makarov N.A. Edaphic conditions of *Pineta pityusae* stands in the Crimean Mountains. J. Sib. Fed. Univ. Biol., 2024, 17(2), 134–147. EDN: AVDJVN



Эдафические условия насаждений *Pineta pityusae* Горного Крыма

В. П. Коба, Н. А. Макаров
*Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН
Российская Федерация, Ялта*

Аннотация. При изучении динамики роста и развития, оценке состояния древесных насаждений важное значение имеет анализ эдафических условий их произрастания. В горных ландшафтах процессы почвообразования и состояние почвенной среды характеризуются большой мозаичностью, сужением масштабов оптимальности экологических факторов, обеспечивающих формирование эдафотопов, поддержание стабильности его развития. Целью исследований являлось изучение почвы, анализ динамики ее качественных и количественных характеристик в естественных насаждениях *Pinus brutia* var. *pityusa* Горного Крыма. Оценивали свойства почв послойно (0...10, 10...20, 20...30, 30...40 и 40...50 см), в разрезах, заложенных на пробных площадях по гипсометрическим профилям в местах наиболее крупных массивов лесов *P. brutia* var. *pityusa* (урочища Аязьма, Батилиман, на г. Караул-Оба и урочище Новый Свет). Результаты проведенных исследований показали, что в Горном Крыму в западной части природного ареала *P. brutia* var. *pityusa* почвы по содержанию гумуса и гранулометрическому составу более благоприятны для данного вида, в сравнении с восточной. Пессимальные условия по характеристике почвенных условий наблюдаются в экотопах на г. Караул-Оба. Показано, что низкий уровень влагонакопления и невысокое количество гумуса в почве являются лимитирующими факторами, влияющими на рост и развитие *P. brutia* var. *pityusa* в экотопах восточной части Горного Крыма.

Ключевые слова: *P. brutia* var. *pityusa*, насаждения, профиль, почва, эдафические условия, гумус, гранулометрический состав.

Цитирование: Коба В. П. Эдафические условия насаждений *Pineta pityusae* Горного Крыма / В. П. Коба, Н. А. Макаров // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология, 2024. 17(2). С. 134–147. EDN: AVDJVN

Введение

При изучении динамики роста и развития, оценке состояния древесных насаждений важное значение имеет анализ эдафических условий их произрастания. Структура и состав, влагосодержание почвы во многом определяют специфику формирования лесных фитоценозов, которые, в свою очередь, также оказывают заметное влияние на характеристики эдафотопов (Автономов, 2014; Никифоров, 2018; Дао и др., 2019; Кобечинская и др., 2019; Плугатарь и др.,

2020; Сизых, 2021). Накопление опада, образование лесной подстилки, развитие глубокой корневой системы в больших объемах почвенной среды, биохимические процессы, связанные с формированием ризосферы, при активном влиянии симбиотических компонентов – все это определяет особенности генезиса эдафотопов лесных биогеоценозов. Уничтожение древесного яруса часто приводит к глубокой трансформации эдафических условий (Zhang et al., 2022a, b).

В горных ландшафтах процессы почвообразования и состояние почвенной среды характеризуются большой мозаичностью, сужением масштабов оптимальности экологических факторов, обеспечивающих формирование эдафотопы, поддержание стабильности его развития. С изменением высоты над уровнем моря, крутизны и экспозиции склонов существенно меняются условия произрастания, весь комплекс экзогенных и эндогенных факторов, связанных с процессами почвообразования (Kukarskih et al., 2020; Mohammed et al., 2020; Verrall, Pickering, 2020; Xue et al., 2022). Анализ данных проблем имеет важное значение при изучении биоценозов редких и исчезающих видов растений с целью выявления причинно-следственных связей негативных тенденций сокращения численности и снижения в настоящее время биоэкологических возможностей их успешного роста и развития.

В Горном Крыму одним из природоохранных объектов, который нуждается в пристальном внимании и проведении мониторинговых исследований, являются природные насаждения *Pinus brutia* var. *pityusa* (Steven) Silba. Занимая сравнительно небольшие территории в прибрежной зоне южного макросклона Главной гряды Крымских гор, лесные массивы данного вида все в большей степени подвергаются негативному антропогенному воздействию. На многих участках состояние почвенного покрова претерпевает существенные изменения в связи с увеличением рекреационной нагрузки и, как следствие, усилением эрозийных процессов, которые оказывают непосредственное влияние на изначальные природные характеристики эдафотопы. Изучение эдафических условий в биоценозах *P. brutia* var. *pityusa*, анализ их динамики следует отнести к важнейшим базовым элементам оценки текущего состояния и тенденций развития ее насаждений в Горном Крыму.

Цель исследований – изучение свойств почв Горного Крыма в естественных насаждениях *P. brutia* var. *pityusa*.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в лесных насаждениях *P. brutia* var. *pityusa* прибрежной зоны южного макросклона Главной гряды Крымских гор в 2022 г. С использованием гипсометрических профилей на участках проведения исследований анализировали таксационные характеристики насаждений, применяя метод сплошного перечета на пробных площадях размером 50x50 м (Анучин, 1982). В западной части южного макросклона Главной гряды Крымских гор в урочище Аязма на мысе Айя пробные площади заложены в центральной части лесного массива на высотах 50, 180 и 290 м над ур.м., в урочище Батилиман – на высотах 50 и 120 м над ур.м. В восточной части макросклона на г. Караул-Оба пробные площади приурочены к высотам 40, 70 и 120 м над ур.м., в урочище Новый Свет – 50, 100 и 130 м над ур.м. Все пробные площади расположены на склонах юго-восточной экспозиции с крутизной 10°–15° (рис.).

Отбор проб почв для физико-химических исследований проводили в разрезах полойно – 0...10, 10...20, 20...30, 30...40 и 40...50 см. При полевых и лабораторных исследованиях определяли гранулометрический состав – пипеточным методом (ГОСТ 12536–2014), pH – потенциометрически по ГОСТ 26483–85, гумус – методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91), CaCO₃ – газовольнометрическим методом. Влажность почвы определяли методом горячей сушки (Вадюнина, Корчагина, 1986). Согласно классификации почв России (Шишов и др., 2004), почвы на пробных площадках относятся к отделу структурно-метаморфические почвы, типу – коричневые почвы. Характеристика

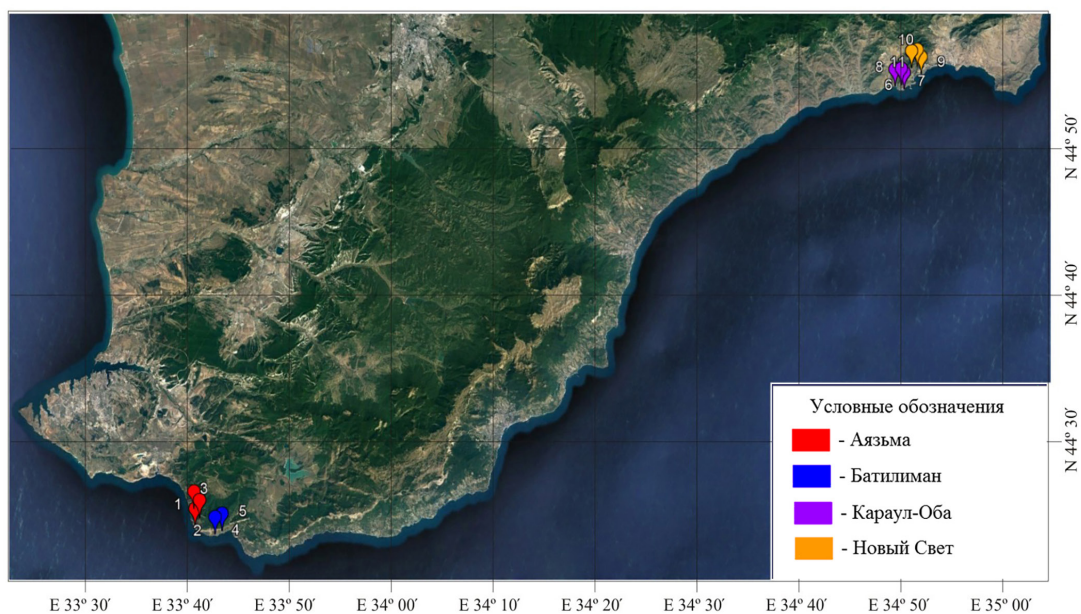


Рис. Схема размещения пробных площадей в экотопах *P. brutia* var. *pityusa* Горного Крыма

Fig. Layout of growth plots in the ecotopes of *P. brutia* var. *pityusa* in the Crimean Mountains

погодных условий в районах проведения исследований дана на основе данных метеорологических станций г. Севастополь и г. Феодосия. Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по методу Г. Т. Селянинова (1937). Статистическая обработка результатов наблюдений выполнена с использованием методов биометрии (Лакин, 1990).

Результаты исследования и обсуждение

На Крымском полуострове условия почвообразования имеют некоторую специфику, которая определяется его расположением на границе умеренного и субтропического климатических поясов, а также на стыке Скифской платформы и геосинклинальной зоны. Значительные площади в Горном Крыму занимают бурые горные лесные почвы. Они сформировались под буковыми, дубовыми, смешанными и сосновыми лесами на верхних, средних и северных нижних частях склонов Главной гряды. Почвообразующей породой

служат продукты выветривания известняков, глинистых сланцев, песчаников, конгломератов. К этой группе отнесены и бурые остепненные почвы, распространенные в лесостепном поясе Горного Крыма. Содержание гумуса в бурых лесных почвах составляет под дубовыми и сосновыми лесами – 6–8 %, под буковыми лесами с травяным покровом – 10–16 %, под низкорослыми лесами – 3–4 %. На открытых склонах размещены маломощные почвы с меньшими запасами питательных веществ (Опанасенко, 2018).

Орографические и климатические различия отдельных частей Главной гряды Крымских гор обуславливают разнообразие почвенно-растительного покрова. В западной части гряды распространены бурые горнолесные почвы, горно-коричневые почвы сухих лесов и кустарников и аллювиальные луговые почвы речных долин и балок (Мощенко и др., 2020; Колесников и др., 2021). На склонах Главной гряды, под широколи-

ственными и сосновыми лесами преобладают бурые горно-лесные почвы, формирующиеся на продуктах выветривания глинистых сланцев, конгломератов и юрских известняков. На безлесных плоскогорных вершинах эти почвы сменяются горно-луговыми черноземовидными почвами. В нижней части южных склонов гряды бурые горно-лесные почвы переходят в красно-бурые и коричневые почвы сухих лесов и кустарников, свойственные области сухого Средиземноморья. Коричневые почвы встречаются также в нижней части гор на юго-западе полуострова (Судницын, 2014; Вернигорова и др., 2018).

Почва в насаждениях мыса Айя характеризуется зернистой структурой, тёмно-коричневым цветом. Почва рыхлая, сильно-скелетная (40–50 % скелета от объёма), скелет представлен известняком и конгломератами. В зависимости от содержания карбонатов в почве они изменяются от среднекарбонатных до сильнокарбонатных. Реакция почвенной среды – щелочная. Гранулометрический состав по почвенному профилю неоднородный, преобладают тяжёлый суглинок и лёгкая глина, в которых доля ила составляет 26 % (табл. 1).

В нижнем поясе (прибрежный пояс) на высоте 50 м над ур.м. средний показатель рН верхнего слоя почвы составляет $8,0 \pm 0,7$ при содержании CaCO_3 $17,5 \pm 1,4$ %. Вниз по профилю щелочная реакция возрастает с увеличением содержания карбонатов. Наиболее высокое количество гумуса присутствует в верхнем слое профиля – в среднем $4,0 \pm 0,4$ %, наименьшее ($1,7 \pm 0,1$ %) – в нижнем, средний показатель по почвенному профилю составляет $2,6 \pm 1,9$ %. Содержание фракции физической глины (диаметр частиц меньше 0,01 мм) варьирует в пределах 50–57 %, при среднем значении по почвенному профилю $53,1 \pm 4,2$ %, для илистой фракции данные по-

казатели имеют соответственно следующие значения – 28–32 % и $30,3 \pm 2,7$ %. Гранулометрический состав определяет физические свойства почв: порозность, влагоёмкость, водопроницаемость, водоподъёмную способность, воздушный и тепловой режимы и др. Для частиц с диаметром больше 0,01 мм характерна высокая водопроницаемость, слабая водоудерживающая и водоподъёмная способность. Пылеватая фракция (диаметр частиц меньше 0,01 мм, но больше 0,001 мм) впитывает влагу медленно, но хорошо ее удерживает и обладает повышенной водоподъёмной способностью. Частицы илистой фракции (диаметр меньше 0,001 мм) имеют плохую водопроницаемость, они способны удерживать большое количество влаги (Качинский, 1958).

В среднем поясе на высоте 180 м над ур.м. содержание гумуса по горизонтам почвенного профиля существенно выше в сравнении с аналогичными показателями почвенного разреза, заложенного в прибрежной зоне. Здесь также заметно выше таксационные характеристики насаждений по высоте и диаметру стволов деревьев (табл. 2). Очевидно, в урочище Аязма в центральной части лесного массива *P. brutia* var. *pityusa* интенсификация процессов формирования и накопления питательных веществ в почве связана с повышением продуктивности насаждений и стабилизацией биогеоценологических условий по уровню водной и ветровой эрозии, подвижками грунта и оползневых процессов. При сравнительно близких показателях рН здесь существенно увеличивается содержание CaCO_3 в почве, средняя величина составила 48,1 %, что более чем в 2 раза выше в сравнении с экотопами нижнего пояса. Очевидно, это обусловлено присутствием в почве фрагментов известняка юрского периода, который характеризуется высокой растворимостью (Lisetskii, Ergina, 2010). Коли-

Таблица 1. Характеристика горно-лесных почв в экотопах западной территории произрастания *P. brutia* var. *pityusa* в Горном КрымуTable 1. Characterization of mountain forest soils in the ecotopes of the western range of *P. brutia* var. *pityusa* in the Crimean Mountains

Местоположение, высота над ур.м., м	Глубина, см	рН	CaCO ₃ , %	Гумус, %	Гранулометрический состав, %	
					Физическая глина	Илистая фракция
M±SE (n=5)						
Аязьма 50	0–10	8,0±0,7	17,5±1,4	4,0±0,4	50,6±3,6	30,4±2,5
	10–20	8,2±0,8	15,0±1,2	3,2±0,3	54,4±3,8	31,3±2,7
	20–30	8,3±0,8	20,0±1,8	2,4±0,2	56,8±3,9	30,9±2,4
	30–40	8,3±0,8	23,7±2,1	1,9±0,2	53,2±3,7	30,2±2,4
	40–50	8,3±0,7	26,2±2,4	1,7±0,1	50,6±3,5	28,8±2,2
Аязьма 180	0–10	8,1±0,7	48,9±3,5	5,7±0,4	55,8±3,9	25,1±2,2
	10–20	8,1±0,8	46,6±3,3	4,2±0,3	50,8±3,2	23,7±2,0
	20–30	8,2±0,7	45,8±3,1	3,3±0,2	60,7±4,0	28,2±2,4
	30–40	8,3±0,7	47,4±3,2	2,6±0,2	52,4±3,9	25,2±2,2
	40–50	8,3±0,6	51,5±3,9	2,8±0,2	47,4±3,5	22,2±1,8
Аязьма 290	0–10	7,9±0,6	14,2±1,0	5,1±0,3	55,4±3,9	23,1±1,9
	10–20	8,0±0,7	12,2±0,9	3,3±0,2	61,0±4,3	25,4±2,1
	20–30	8,1±0,6	11,6±0,9	2,4±0,2	63,0±4,4	29,5±2,6
	30–40	8,1±0,6	10,7±0,8	2,4±0,2	60,0±3,9	29,7±2,7
	40–50	8,1±0,6	10,8±0,8	2,1±0,1	59,9±3,7	29,5±2,5
Батилиман 50	0–10	7,7±0,6	38,9±2,7	6,8±0,5	42,6±2,3	14,6±1,1
	10–20	7,7±0,7	37,1±2,8	4,2±0,4	49,8±2,7	18,2±1,4
	20–30	7,8±0,6	40,0±2,9	3,2±0,3	51,0±3,0	20,2±1,6
	30–40	8,0±0,7	38,7±2,6	2,8±0,2	61,7±4,4	25,0±1,8
	40–50	7,9±0,6	39,8±2,5	2,3±0,2	56,9±3,7	24,2±1,7
Батилиман 120	0–10	8,0±0,8	82,0±7,9	8,6±0,8	25,8±2,3	12,3±1,0
	10–20	8,0±0,7	81,6±7,8	7,5±0,7	28,7±2,5	10,2±0,9
	20–30	8,0±0,7	90,3±8,1	6,9±0,6	39,4±3,3	14,6±1,2
	30–40	8,1±0,8	94,5±8,3	3,7±0,3	39,3±3,5	17,5±1,5
	40–50	8,1±0,8	98,3±8,5	4,9±0,4	35,5±3,1	16,1±1,4

Примечание: Здесь и далее: М – среднее значение; SE – ошибка среднего значения

чество частиц физической глины изменяется незначительно, однако заметно снижается содержание илистой фракции в сравнении с почвой, характеризующей насаждение *P. brutia* var. *pityusa* на высоте 50 м над ур.м.

В древостоях, занимающих верхний пояс Главной гряды, содержание гумуса в почве

несколько снижается, как в целом, так и по отдельным почвенным слоям, средний показатель по профилю составил 3,1±0,3 %, что на 0,6 % меньше аналогичной характеристики для изучаемого массива лесов, расположенного в среднем поясе. На высоте 290 м над ур.м. на фоне заметного снижения карбонатности

почвы наблюдается некоторое уменьшение ее рН. В экотопах данного пояса содержание физической глины в почве увеличивается (средняя величина – $59,9 \pm 4,6$ %), количество частиц илистой фракции имеет промежуточные значения в сравнении с показателями почв под пологом древостоев *P. brutia* var. *pityusa* урочища Аязьма в нижнем и среднем поясах Главной гряды. Анализ специфики гранулометрического состава почв в насаждениях *P. brutia* var. *pityusa* свидетельствует о том, что в нижнем поясе почва отличается высокой водоудерживающей способностью. Это обеспечивает эффективное накопление влаги в холодный период года, когда в Южном Крыму выпадает наибольшая часть годовых атмосферных осадков. В летний период повышенное содержание в почве частиц илистой фракции снижает интенсивность иссушения почвы, в то время как в среднем поясе в результате его уменьшения происходит более активная потеря влаги почвенной среды. При этом следует отметить, что осадки теплового периода года в большей степени влияют

на динамику водного баланса экотопов урочища Аязьма с массивами *P. brutia* var. *pityusa*, расположенными в среднем поясе Главной гряды, по сравнению с нижним, за счет увеличения влагопроницаемости верхних слоев почвы. В верхнем поясе в целом наблюдается повышение эффективности поступления влаги и ее удержания в почвенной среде (табл. 3).

Насаждения *P. brutia* var. *pityusa* в урочище Батилиман претерпели меньшие изменения в течение последних десятилетий в плане ухудшения состояния и трансформации условий произрастания. Это обусловлено тем, что основные процессы деградации древостоев в данном урочище и на примыкающих территориях бухты Ласпи произошли значительно раньше. Последние единичные деревья *P. brutia* var. *pityusa* в прибрежной части бухты Ласпи были отмечены в конце XIX в. В настоящее время в урочище Батилиман *P. brutia* var. *pityusa* формирует сильно изреженные низкопродуктивные насаждения. Почва под их пологом элювиально-делювиальная на известняках, уплотнена, слабоскелетная.

Таблица 2. Таксационные характеристики насаждений *P. brutia* var. *pityusa* Горного Крыма

Table 2. Evaluation of forest stands of *P. brutia* var. *pityusa* of the Crimean Mountains

Месторасположение	Высота над уровнем моря, м	Высота, м	Диаметр ствола, см	Возраст, лет	Полнота
		M±SE (n>200)			
Аязьма	50	$6,9 \pm 0,05$	$19,3 \pm 0,2$	$93 \pm 0,4$	0,5
	180	$8,2 \pm 0,10$	$25,3 \pm 0,6$	$116 \pm 0,3$	0,5
	290	$6,7 \pm 0,02$	$15,3 \pm 0,1$	$87 \pm 0,5$	0,4
Батилиман	50	$6,6 \pm 0,09$	$18,5 \pm 0,3$	$90 \pm 0,4$	0,5
	120	$6,8 \pm 0,04$	$19,2 \pm 0,6$	$93 \pm 0,3$	0,4
Караул-Оба	40	$4,7 \pm 0,05$	$16,2 \pm 0,3$	$81 \pm 0,5$	0,4
	70	$4,5 \pm 0,04$	$20,9 \pm 0,4$	$100 \pm 0,4$	0,4
	120	$5,2 \pm 0,07$	$18,6 \pm 0,4$	$90 \pm 0,6$	0,3
Новый Свет	50	$6,5 \pm 0,06$	$22,6 \pm 0,5$	$106 \pm 0,5$	0,5
	100	$6,4 \pm 0,09$	$23,1 \pm 0,8$	$108 \pm 0,4$	0,5
	130	$6,0 \pm 0,07$	$28,0 \pm 0,7$	$125 \pm 0,4$	0,4

Таблица 3. Влажность почвы (%), $M \pm SE$, $n=5$) в насаждениях *P. brutia* var. *pityusa* Горного Крыма (2022 г., июль)Table 3. Soil moisture (%), $M \pm SE$, $n=5$) in *P. brutia* var. *pityusa* tree stands of the Crimean Mountains (2022, July)

Месторасположение, высота над ур.м., м	Глубина почвенного слоя, см				
	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50
Аязьма					
50	11,2±0,7	10,8±0,6	9,9±0,7	10,5±0,9	9,9±0,9
180	9,1±0,7	7,7±0,6	8,3±0,8	7,3±0,6	7,1±0,7
290	11,5±1,1	12,7±1,8	11,9±1,0	11,2±1,0	10,8±1,1
Батилиман					
50	10,3±1,0	9,9±1,1	9,1±0,9	8,9±1,0	8,7±0,9
120	8,0±0,7	8,6±0,7	7,8±0,7	6,5±0,5	7,2±0,7
Караул-Оба					
40	4,7±0,4	3,3±0,3	4,9±0,5	5,8±0,5	5,0±0,5
70	7,5±0,6	7,6±0,7	9,7±0,8	9,0±0,8	7,5±0,6
120	6,3±0,6	6,5±0,5	7,2±0,7	7,9±0,8	6,2±0,6
Новый Свет					
50	6,7±0,6	7,5±0,7	6,6±0,7	7,1±0,7	5,9±0,5
100	9,5±0,8	9,4±0,9	8,7±0,8	7,4±0,6	6,2±0,6
130	5,8±0,4	5,6±0,5	5,4±0,5	5,2±0,4	5,6±0,5

По гранулометрическому составу – неоднородна. В прибрежной зоне верхние слои почвы среднесуглинистые (42,6±2,3 %), нижние (30...40 см) – тяжелосуглинистые (61,7±4,4 %), среднее содержание физической глины в профиле – 52,4±4,3 %. На высоте 50 м над ур.м. содержание илистой фракции увеличивается вниз по профилю почвы от 14,6 % (0...10 см) до 24,2 % (40...50 см). На высоте 120 м над ур.м. содержание глинистых и илстых частиц в почве заметно снижается, средние показатели по почвенному профилю соответственно 33,7±2,9 % и 14,2±1,2 %. Таким образом, в урочище Батилиман физические свойства почвы по накоплению и удержанию влаги заметно ухудшаются, особенно в верхнем поясе гряды, в сравнении с экотопами урочища Аязьма.

В урочище Батилиман почва сильнокарбонатная, среднее содержание CaCO_3 по профилю в нижнем поясе гряды составляет

38,9±2,7 %, верхнем – 89,3±4,8 %. Реакция почвенной среды щелочная – величина pH варьирует от 7,7 до 8,1, несколько увеличиваясь с глубиной. В древостоях на высоте 50 м над ур.м. содержание гумуса в верхнем слое почвы выше, чем в насаждениях мыса Айя, и составляет 6,8 %. В слое 10...20 см средняя величина данного показателя равна 4,2±0,4 %, что практически совпадает с количеством гумуса (4,2±0,3 %) в аналогичном по глубине залегания слое почвы центральной части массива лесов в урочище Аязьма. В урочище Батилиман в почве верхней части склона количество гумуса заметно выше – его среднее содержание по почвенному профилю составило 6,3±4,7 %. Более высокое содержание гумуса в почве урочища Батилиман – свидетельство того, что в недавнем прошлом на его территории произрастали более продуктивные насаждения, обеспечивавшие достаточно

активное накопление органических веществ в почвенной среде.

В восточной части Горного Крыма на г. Караул-Оба *P. brutia* var. *pityusa* представлена небольшими участками редколесья с низким уровнем видового разнообразия. Данная ситуация наряду с климатическими факторами в значительной степени определяется эдафическими условиями. Почва на склонах г. Караул-Оба слаборазвитая, среднесуглинистая, серого цвета, сильноскелетная (>50 %), структура порошистая, рыхлая, интенсивно пронизана корнями растений. Реакция почвенной среды щелочная. По уровню содержания карбонатов (CaCO_3 , 39,1–64,5 %) – сильнокарбонатная (табл. 4). В нижнем поясе произрастания *P. brutia* var. *pityusa* содержание гумуса в верхнем слое почвы крайне низкое – $1,7 \pm 0,1$ %, вниз по профилю оно увеличивается почти в 2 раза и, начиная с глубины 20 см, достаточно стабильно по слоям почвенного профиля. Низкое содержание гумуса в верхнем слое почвы и обратный градиент изменения его концентрации по профилю почвы до глубины 40 см, в сравнении с другими местами произрастания *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму, свидетельствует о том, что в прошлом в экотопах прибрежной зоны г. Караул-Оба формирование почвы в достаточной степени обеспечивалось поступлением органических веществ, участвующих в образовании и накоплении гумуса. Однако в какой-то исторический момент интенсивность поступления органического вещества существенно сократилась, при этом произошла активизация эрозионных процессов, что определило снижение плодородия и деградацию верхнего слоя почвы. Данные явления с большой вероятностью могут быть связаны с существованием в прошлом на склонах г. Караул-Оба высокопродуктивных насаждений *P. brutia* var. *pityusa*, которые по не вполне ясным причинам претерпели

значительные изменения и в настоящее время здесь полностью утрачены.

В средней части склонов на высоте 70 м над ур.м. изменение количества гумуса в различных слоях почвенного профиля в целом соответствует закономерностям, наблюдаемым на других территориях произрастания *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму: его общее содержание по профилю несколько снижается – среднее значение $2,6 \pm 1,9$ %, что на 0,5 % меньше в сравнении с экотопами других прибрежных участков. Наиболее низкое содержание гумуса в почве древостоев *P. brutia* var. *pityusa* на г. Караул-Оба отмечено на высоте 120 м над ур.м., средний показатель по профилю – $1,3 \pm 1,1$ %, что, очевидно, связано со снижением продуктивности насаждений и активизацией эрозионных процессов.

В пределах гипсометрического профиля на г. Караул-Оба гранулометрический состав почвы характеризуется достаточно невысоким по величине и уровню варьирования доли фракций физической глины и илистых частиц, которые близки к показателям экотопов верхней части склонов урочища Батилиман. Очевидно, это, как и в урочище Батилиман, связано с масштабностью деструктивных процессов, определивших деградацию лесных биоценозов на г. Караул-Оба, одним из следствий которой является глубокая трансформация почвенных условий. Снижение влагонакопления и влагоудержания в почвенной среде в значительной степени лимитируют возможности успешного роста и развития *P. brutia* var. *pityusa* на данных территориях.

В урочище Новый Свет состояние насаждений *P. brutia* var. *pityusa* существенно лучше по сравнению с г. Караул-Оба, хотя они практически вплотную примыкают к селитебным территориям, которые в недавнем прошлом являлись частью природного массива

Таблица 4. Характеристика горно-лесных почв в экотопах восточной территории произрастания *P. brutia* var. *pityusa* в Горном КрымуTable 4. Characterization of mountain forest soils in the ecotopes of the eastern range of *P. brutia* var. *pityusa* in the Crimean Mountains

Местоположение, высота над ур.м., м	Глубина, см	рН	CaCO ₃ , %	Гумус, %	Гранулометрический состав, %	
					Физическая глина	Илистая фракция
					M±SE (n=5)	
Караул-Оба 40	0–10	8,3±0,8	57,1±4,3	1,7±0,1	40,6±3,2	15,8±1,3
	10–20	8,4±0,8	49,3±4,5	3,1±0,2	49,4±3,6	19,6±1,5
	20–30	8,2±0,7	55,7±4,2	3,6±0,3	31,5±2,3	14,0±1,2
	30–40	8,2±0,7	54,8±3,9	3,8±0,3	33,1±2,8	14,2±1,3
	40–50	8,2±0,7	58,1±4,2	3,4±0,3	41,2±3,3	15,7±1,4
Караул-Оба 70	0–10	8,1±0,7	59,9±4,3	3,4±0,3	36,4±3,0	13,9±1,1
	10–20	8,3±0,8	56,2±4,0	2,4±0,2	35,8±2,9	15,2±1,3
	20–30	8,3±0,8	61,2±4,9	2,4±0,2	36,7±3,1	16,5±1,5
	30–40	8,3±0,7	62,5±5,1	2,5±0,2	44,2±3,5	20,6±1,8
	40–50	8,4±0,8	64,5±5,3	2,1±0,2	41,3±3,3	21,2±1,9
Караул-Оба 120	0–10	8,3±0,8	44,1±3,5	1,5±0,1	33,4±2,8	15,7±1,2
	10–20	8,4±0,9	47,5±3,6	1,4±0,1	40,2±3,0	18,1±1,6
	20–30	8,3±0,8	39,1±3,1	1,3±0,1	40,2±3,2	17,7±1,4
	30–40	8,5±0,9	42,0±3,3	1,2±0,1	35,9±2,9	15,4±1,2
	40–50	8,5±0,9	39,9±3,4	1,0±0,1	34,4±2,8	15,8±1,2
Новый Свет 50	0–10	7,8±0,6	15,6±0,9	5,1±0,4	48,6±2,4	24,0±1,9
	10–20	8,0±0,7	16,7±1,2	4,2±0,3	47,0±2,3	22,5±1,8
	20–30	8,1±0,7	25,9±1,8	2,6±0,2	48,8±2,5	21,8±1,7
	30–40	8,1±0,6	21,2±1,7	2,5±0,2	51,7±3,3	22,3±1,6
	40–50	8,2±0,7	13,1±0,9	1,7±0,1	53,2±3,4	22,6±1,9
Новый Свет 100	0–10	7,9±0,7	14,6±1,1	2,3±0,2	49,2±3,1	23,4±2,1
	10–20	7,7±0,7	18,5±1,3	1,8±0,2	61,8±4,3	30,5±2,5
	20–30	7,6±0,8	21,5±1,5	1,2±0,1	69,4±4,9	31,4±2,7
	30–40	7,5±0,7	22,8±1,8	1,5±0,1	66,2±4,7	31,1±2,6
	40–50	7,6±0,8	21,1±1,6	1,2±0,1	62,4±4,4	34,7±2,8
Новый Свет 130	0–10	7,9±0,7	24,6±2,0	3,7±0,3	33,7±2,7	18,1±1,3
	10–20	8,0±0,7	16,2±1,5	2,8±0,3	34,2±2,8	18,2±1,4
	20–30	8,1±0,8	17,9±1,6	2,6±0,2	37,9±3,5	19,0±1,7
	30–40	8,3±0,8	21,7±1,9	2,6±0,2	32,4±3,0	17,5±1,5
	40–50	8,3±0,8	24,2±2,1	2,8±0,3	33,4±3,1	19,5±1,8

P. brutia var. *pityusa*. Почва в урочище Новый Свет слабо мощная, бурого цвета, уплотнённая, тяжелосуглинистая, достаточно обеспечена илистыми частицами, слабо пронизана

корнями растений. В почвенном разрезе чётко выражен слой A0 (мощность до 6 см) в виде полуразложившегося опада хвои. Структура почвы порошисто-зернистая, глубже 30 см

переходит в мелкоореховатую. На глубине ниже 50 см начинает преобладать подстилая материнская порода, представленная глинистым сланцем и конгломератами. Реакция почвенной среды щелочная. Содержание карбонатов в почве, по сравнению с другими местами произрастания *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму, невысокое: по этому показателю почва относится к среднекарбонатной. По содержанию гумуса почвы на высоте 50 и 130 м над ур.м. близки к показателям почв, формирующихся под пологом *P. brutia* var. *pityusa* в нижних и средних поясах урочища Аязьма. Однако в урочище Новый Свет почва на высоте 100 м над ур.м. близка по этому параметру к почвенным условиям верхнего пояса г. Караул-Оба – крайне низкое содержание гумуса по всему почвенному профилю при среднем значении – $1,6 \pm 1,2$ %.

Наиболее вероятной причиной низкого содержания гумуса в почве данного участка может являться активная заготовка древесины *P. brutia* var. *pityusa* в недавнем прошлом. Снижение продуктивности лесного биоценоза и последующее развитие деструктивных процессов оказали негативное воздействие на генезис почвы на этой территории. Следует также отметить, что в настоящее время центральная часть массива лесов *P. brutia* var. *pityusa* в урочище Новый Свет наиболее посещается, здесь плотная, хаотически сформированная дорожно-тропиночная сеть, часто встречаются места от кострищ «пикников выходного дня». Безусловно, это оказывает негативное воздействие не только на древесной, но и состояние почвы. Ее гранулометрический состав отражает физические свойства, характеризующиеся высоким уровнем накопления и удержания влаги. На высоте 50 м над ур.м. эта способность несколько снижается. В верхнем поясе почва по этим параметрам близка к показателям почвы г. Караул-

Оба. Таким образом, наряду с проблемами неорганизованной рекреации, деструктивное воздействие которой в наибольшей степени проявляется в центральной части массива лесов *P. brutia* var. *pityusa* в урочище Новый Свет (в среднем высотном поясе), снижение содержания доли глинистых и илистых частиц в почве может также негативно воздействовать на состояние древостоев в экотопах верхнего пояса.

Анализ специфики почвенных показателей свидетельствует о том, что в западной части природного ареала *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму почвы по содержанию гумуса и гранулометрическому составу более благоприятны для данного вида в сравнении с восточной. На мысе Айя и в урочище Батилиман среднее содержание гумуса по почвенным профилям составило 3,9 %, среднее содержание физической глины – 50,1 %, илистых частиц – 23,4 %. В восточной части распространения насаждений *P. brutia* var. *pityusa* в урочище Новый Свет среднее содержание гумуса в слое почвы 0...50 см – 2,6 %, среднее содержание физической глины – 48,7 %, ила – 23,8 %. Наиболее пессимальные условия по содержанию питательных веществ и гранулометрическому составу почв наблюдаются в экотопах г. Караул-Оба, где среднее содержание гумуса в полуметровом слое почвы составляет 2,3 %, физической глины – 38,3 %, ила – 16,7 %. По данным метеостанций г. Севастополь и г. Феодосия, среднегодовое количество атмосферных осадков в районе западной и восточной части природного ареала *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму составляет 393 мм и 495 мм соответственно. При этом ГТК Селянинова для теплого периода года имеет примерно одинаковые значения: для Севастопольского района – 1,079, для Феодосийского – 1,028. Несмотря на более высокий уровень годовых атмосферных осад-

ков в Феодосийском районе, низкий уровень влагонакопления и невысокое содержание гумуса в почве являются наиболее важными факторами, влияющими на рост и развитие *P. brutia* var. *pityusa* в экотопах восточной части ее распространения в Горном Крыму.

Заключение

В западной части природного ареала *P. brutia* var. *pityusa* в Горном Крыму наблюдаются наиболее благоприятные условия для ее произрастания. На мысе Айя и в урочище Батилиман среднее содержание гумуса в почве составило 3,9 %, среднее содержание физической глины – 50,1 %, илистых частиц – 23,4 %. Относительное увеличение гумуса в почве урочища Батилиман свидетельствует о том, что в недавнем прошлом здесь произрастали более продуктивные насаждения.

Наиболее пессимальные условия по содержанию питательных веществ и гранулометрическому составу почв отмечены в экотопах г. Караул-Оба, где среднее значение гумуса в полуметровом слое почвы составляет 2,3 %, физической глины – 38,3 %, ила – 16,7 %. Низкий уровень влагонакопления и невысокое содержание гумуса в почве оказывают лимитирующее действие на рост и развитие *P. brutia* var. *pityusa* в экотопах восточной части Горного Крыма. Небольшое количество гумуса в почве в центральной части массива лесов урочища Новый Свет, очевидно, связано с проведением в прошлом активной заготовки древесины *P. brutia* var. *pityusa*. Снижение продуктивности лесного биоценоза и последующее развитие деструктивных процессов оказали негативное воздействие на генезис почвы на данных территориях.

Список литературы / References

- Автономов А. Н. (2014) Состав и структура почв склоновых экологических систем экзогенного типа. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 16(1): 35–38 [Avtonomov A. N. (2014) Composition and structure of soil slope ecological systems of exogenous type. *Izvestiya of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk], 16(1): 35–38 (in Russian)]
- Анучин Н. П. (1982) *Лесная таксация*. Москва, Лесная промышленность, 512 с. [Anuchin N. P. (1982) *Forest surveying*. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 512 p. (in Russian)]
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. (1986) *Методы исследования физических свойств почв*. Москва, Агропромиздат, 416 с. [Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. (1986) *Methods for studying the physical properties of soils*. Moscow, Agropromizdat, 416 p. (in Russian)]
- Вернигорова Н. А., Кузина А. А., Моспаненко А. Ф., Казеев К. Ш., Акименко Ю. В., Колесников С. И. (2018) Оценка устойчивости коричневых карбонатных почв Крыма к загрязнению тяжелыми металлами и нефтью. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*, 4(2): 11–18 [Vernigorova N. A., Kuzina A. A., Mospanenko A. F., Kazeev K. Sh., Akimenko Yu. V., Kolesnikov S. I. (2018) Assessment of resistance of brown carbonate soils of the Crimea to pollution by heavy metals and oil. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry* [Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya], 4(2): 11–18 (in Russian)]
- Дао Т. Т. Х., Жигунов А. В., Бондаренко А. С. (2019) Влияние орографических факторов и почвенного плодородия на рост плантаций *Manglietia conifera* Blume в провинции Туенкуанг Республики Вьетнам. *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского институ-*

та лесного хозяйства, 1: 54–67 [Dao T. T. H., Zhigunov A. V., Bondarenko A. S. (2019) The effect of orographic factors and soil fertility on the growth of *Manglietia conifera* Blume plantations in Tuyên Quang province of Vietnam. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute* [Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva], 1: 54–67 (in Russian)]

Качинский Н. А. (1958) *Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения*. Москва, АН СССР, 192 с. [Kachinsky N. A. (1958) *Mechanical and microaggregate composition of soil, study methods*. Moscow, Academy of Sciences of the USSR, 192 p. (in Russian)]

Кобечинская В. Г., Ярош О. Б., Ивашов А. В., Апостолов В. Л. (2019) Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма. *Юг России: экология, развитие*, 14(3): 37–52 [Kobechinskaya V. G., Yarosh O. B., Ivashov A. V., Apostolov V. L. (2019) Features of transformation of organic matter in the forest reserves of the Crimea. *South of Russia: Ecology, Development* [Yug Rossii: ekologiya, razvitie], 14(3): 37–52 (in Russian)]

Колесников С. И., Мощенко Д. И., Кузина А. А., Тер-Мисакянц Т. А., Неведомая Е. Н., Вернигорова Н. А., Казеев К. Ш. (2021) Экологические нормативы содержания тяжелых металлов в бурых лесных почвах Крыма и Кавказа. *Экология и промышленность России*, 25(1): 65–71 [Kolesnikov S. I., Moshchenko D. I., Kuzina A. A., Ter-Misakyants T. A., Nevedomyaya E. N., Vernigorova N. A., Kazeev K. Sh. (2021) Comparative evaluation of the stability of the brown forest soils of Crimea and the Caucasus to pollution with heavy metals. *Ecology and Industry of Russia* [Ekologiya i promyshlennost Rossii], 25(1): 65–71 (in Russian)]

Лакин Г. Ф. (1990) *Биометрия*. Москва, Высшая школа, 352 с. [Lakin G. F. (1990) *Biometrics*. Moscow, Vysshaya shkola, 352 p. (in Russian)]

Мощенко Д. И., Кузина А. А., Колесников С. И., Тер-Мисакянц Т. А., Неведомая Е. Н., Казеев К. Ш. (2020) Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Центрального Кавказа, Западного Кавказа и Республики Крым к загрязнению нефтью. *Экосистемы*, 24: 124–129 [Moshchenko D. I., Kuzina A. A., Kolesnikov S. I., Ter-Misakyants T. A., Nevedomaya E. N., Kazeev K. Sh. (2020) Biodiagnostics of resistance of brown forest soils of the Central Caucasus, Western Caucasus and the Republic of Crimea to oil pollution. *Ecosystems* [Ekosistemy], 24: 124–129 (in Russian)]

Никифоров А. Р. (2018) Биоморфологические особенности облигатных гляреофитов Горного Крыма. *Ботанический журнал*, 103(8): 968–980 [Nikiforov A. R. (2018) Biomorphological features of obligate glareophytes in the mountain Crimea. *Botanical Journal* [Botanicheskii zhurnal], 103(8): 968–980 (in Russian)]

Опанасенко Н. Е. (2018) Освоение скелетных маломощных почв Крыма под сады траншейным способом. *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*, 17: 88–92 [Opanasenko N. E. (2018) Development of Crimea skeletal low-power soils by trenches for gardens. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking* [Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya], 17: 88–92 (in Russian)]

Плугатарь Ю. В., Коба В. П., Новицкий М. Л., Папельбу В. В., Пшеничников Н. А. (2020) Высотная зональность почвенных условий горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма. *Земледелие*, 8: 10–15 [Plugatar Yu. V., Koba V. P., Novitsky M. L., Papelbu V. V., Pshenichnikov N. A. (2020) Elevation zonation of soil conditions of mountain landscapes of the South-Eastern Crimea. *Land Use*, 8: 10–15 (in Russian)]

(2020) Altitudinal zonality of soil conditions in mountain landscapes of the South-Eastern Crimea. *Agriculture [Zemledeleie]*, 8: 10–15 (in Russian)]

Селянинов Г. Т. (1937) Методика сельскохозяйственной характеристики климата. *Мировой агроклиматический справочник*. Ленинград, Москва, Гидрометеорологическое издательство, с. 5–27 [Selyaninov G. T. (1937) Methods of agricultural characterization of the climate. *World agro-climatic reference book*. Leningrad, Moscow, Gidrometeorologicheskoe izdatelstvo, p. 5–27 (in Russian)]

Сизых А. П. (2021) Антропогенная трансформация растительного покрова в районах переходных зон Юго-Западного Забайкалья. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*, 36: 88–106 [Sizykh A. P. (2021) Anthropogenic transformation of the vegetation in the areas of environmental contact zones of the South-Western Trans-Baikal. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series «Earth Sciences»* [Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle], 36: 88–106 (in Russian)]

Судницын И. И. (2014) Гидрологические свойства и режимы почв Южного берега Крыма. *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*, 4: 21–27 [Sudnitsyn I. I. (2014) Hydrologic properties and dynamics of soils at southern beach of Crimea. *Moscow University Bulletin. Series 17. Soil Science* [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie], 4: 21–27 (in Russian)]

Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. (2004) *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск, Ойкумена, 341 с. [Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. (2004) *Classification and diagnostics of soils in Russia*. Smolensk, Oikumena, 341 p. (in Russian)]

Kukarskih V. V., Devi N. M., Surkov A. Y., Bubnov M. O., Gorlanova L. A., Ekba Y. A., Hantemirov R. M. (2020) Climatic responses of *Pinus brutia* along the Black Sea coast of Crimea and the Caucasus. *Dendrochronologia*, 64: 125763

Lisetskii F. N., Ergina E. I. (2010) Soil development on the Crimean Peninsula in the Late Holocene. *Eurasian Soil Science*, 43(6): 601–613

Mohammed A. K., Hirmas D. R., Nemes A., Giménez D. (2020) Exogenous and endogenous controls on the development of soil structure. *Geoderma*, 357: 113945

Verrall B., Pickering C. M. (2020) Alpine vegetation in the context of climate change: A global review of past research and future directions. *Science of the Total Environment*, 748: 141344

Xue S., Liu Z., Fan J., Xue R., Guo Y., Chen W., Hartley W., Zhu F. (2022) Insights into variations on dissolved organic matter of bauxite residue during soil-formation processes following 2-year column simulation. *Environmental Pollution*, 292(Part A): 118326

Zhang X., Zhao Q., Sun Q.-Y., Mao B., Zeng D.-H. (2022a) Understory vegetation interacts with nitrogen addition to affect soil phosphorus transformations in a nutrient-poor *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation. *Forest Ecology and Management*, 507: 120026

Zhang B., Zhou M., Zhu B., Xiao Q., Zheng X., Zhang J., Müller C., Butterbach-Bahl K. (2022b) Soil clay minerals: An overlooked mediator of gross N transformations in Regosolic soils of subtropical montane landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*, 168: 108612