

УДК 630*627.3:574.4:903.27(470.22)
DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-90-105

РЕКРЕАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «БЕЛОМОРСКИЕ ПЕТРОГЛИФЫ» (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

А.В. Туунен, мл. науч. сотр.; ResearcherID: C-6958-2013,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6145-0513>

В.В. Тимофеева, канд. биол. наук, науч. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0036-4184>

А.Ю. Карпечко, канд. с.-х. наук, науч. сотр.; ResearcherID: AAL-8675-2020,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-2510>

Ю.Н. Ткаченко, вед. почвовед; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4274-0907>

В.А. Карпин, мл. науч. сотр.; ResearcherID: AAT-1801-2020,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5508-3104>

Н.В. Петров, канд. с.-х. наук, мл. науч. сотр.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-5968>

Институт леса Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910; e-mail: tuyunen@krc.karelia.ru, timofeevavera2010@yandex.ru, yuvkarp@onego.ru, tkachenko@krc.karelia.ru, landscapeexplorer@gmail.com, nvpetrov@krc.karelia.ru

Впервые для региона выполнено исследование объекта культурного наследия «Беломорские петроглифы», используемого для экскурсионного обслуживания посетителей. Это компактно расположенная система частично расчищенных от лесной растительности скальных выходов с выбитыми изображениями эпохи неолита и пешеходными тропами. Выявлены особенности трансформации почв, компонентов растительного покрова (древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров), а также тонких (диаметр до 3 мм) корней древесных пород под воздействием рекреации. В результате вытаптывания происходит деформация и уничтожение верхних почвенных горизонтов со значительным снижением мощности лесной подстилки и запаса органического вещества. Объект характеризуется высоким уровнем сохранности флоры, 95...100 % которой представлено аборигенными видами. Выраженные повреждения напочвенного покрова приурочены к активно используемым участкам (тропы, смотровые площадки). Для них характерен скудный видовой состав, сокращение площади травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов и незначительное проективное покрытие луговых и сорных видов. На участках с хорошей доступностью и проходимостью наблюдается отсутствие или уменьшение количества подлеска, отмечены повреждения древостоя и ухудшение лесовосстановительного процесса с сокращением численности жизнеспособного подроста до минимальных (100 экз./га) значений. Масса корней диаметром до 3 мм на тропах с сильной степенью вытаптывания снижается до 74 %, на менее поврежденных тропах отмечается незначительное повышение корненасыщенности. Установлено, что к настоящему моменту рекреационные изменения фитоценозов не привели к потере ими устойчивости. Изученные участки были отнесены к I–III стадиям рекреационной дигрессии. Для ограничения рекреационного воздействия следует оптимизировать существующее функциональное зонирование территории путем приоритетного использования наиболее устойчивых сообществ. Рекреационные нагрузки на интенсивно используемые в настоящее время участки, для которых существует вероятность перехода на более высокие стадии рекреационной дигрессии с потерей сообществами устойчивости, могут быть уменьшены при соответствующем изменении конфигурации тропиной сети, а также строительстве настилов.

Для цитирования: Туюнен А.В., Тимофеева В.В., Карпечко А.Ю., Ткаченко Ю.Н., Карпин В.А., Петров Н.В. Рекреационные изменения компонентов лесных экосистем на примере объекта культурного наследия «Беломорские петроглифы» (Республика Карелия) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 5. С. 90–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-90-105

Финансирование: Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

Благодарность: Выражаем искреннюю благодарность М.А. Бойчук (Институт биологии КарНЦ РАН) за определение (верификацию) образцов мхов.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, вытаптывание, почва, лесная подстилка, живой напочвенный покров, флора, древостой, дигрессия, тонкие корни, корненасыщенность.

Введение

Увеличение рекреационных потребностей населения делает актуальным изучение последствий нагрузок на лесную среду – основное место для отдыха [27], а возможность рекреационного использования лесов является важной составляющей их биоресурсных функций [26].

При возрастании рекреационной нагрузки на экосистемы неизбежно происходят негативные изменения местообитаний [34], в том числе компонентов фитоценоза: травяно-кустарничкового покрова, древостоя, подроста и подлеска [20, 31]. Почвенный покров на территориях, испытывающих рекреационный пресс, как правило, уплотняется, механически уничтожается верхний подстилочный почвенный горизонт, повреждаются скелетные корни и уменьшается масса тонких физиологически активных корней [32, 33, 36, 37, 40].

Виды лесного покрова по-разному реагируют на антропогенную нагрузку. Ключевыми визуальными признаками дигрессии фитоценозов являются: повреждение или уничтожение подроста и деревьев; нарушение процессов лесовосстановления; исчезновение лишайников; замена лесных мхов пионерными видами, устойчивыми к вытаптыванию; появление луговых и сорных трав, вытесняющих лесные виды [9, 12, 14, 30, 35].

Высшие и низшие растения, а также лишайники разрушают скальную поверхность корневыми системами и талломами. В результате их деятельности происходит химическое и физическое преобразование поверхности скал. Поэтому с точки зрения охраны памятников наскального искусства с выбитыми изображениями эпохи неолита (петроглифами) от влияния биологических агентов необходим мониторинг за состоянием поверхности скальных выходов, который позволит принять своевременные меры по регулированию процессов зарастания [3, 13].

В результате активной рекреации отмечается общее снижение санитарно-гигиенических и средообразующих качеств фитоценозов, ухудшаются жизненное состояние и эстетические качества древостоев. Таким образом, существует необходимость всестороннего изучения влияния рекреации на лесной покров [38, 41].

В Республике Карелия (РК) комплексное изучение трансформации экосистем под воздействием рекреационных нагрузок было проведено для о-ва Валаам, расположенного в северной части Ладожского озера [10]. В различных

аспектах изучались почвы, живой напочвенный покров, древесная растительность, выявлялась связь лесопатологических характеристик фитоценозов с рекреационными нагрузками и др. Отмечена высокая скорость развития рекреационных изменений. За 10–15 лет с начала использования отдельные участки характеризовались переходом к IV-V стадиям рекреационной дигрессии. В 2009 г. подобные комплексные исследования проводились для туристических стоянок национального парка «Паанаярви» (Лоухский р-н РК) [39]. Выполнялась оценка рекреационных изменений почв, живого напочвенного покрова, древесной растительности. Установлено, что благоустроенные туристические стоянки подвержены значительным рекреационным изменениям с тотальным нарушением лесной среды в местах наибольшей концентрации отдыхающих (увеличение времени пребывания) при отсутствии подобных изменений вне их пределов.

В 2018 г. объект культурного наследия «Беломорские петроглифы» был внесен в предварительный список объектов Всемирного наследия UNESCO (<https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6358/>). Актуальность изучения рассматриваемой территории также обусловлена особенностями ее географического положения. Известно, что степень влияния рекреации на растительный покров зависит от многих факторов, в том числе климатических и почвенных условий [34, 41]. Объект «Беломорские петроглифы» располагается в Маанселькя-Беломорском агроклиматическом районе, характеризующемся продолжительной и суровой зимой, коротким и прохладным вегетационным и коротким безморозным периодами [1]. Это определяет потенциально более высокую скорость развития рекреационных изменений экосистем, существующих в столь суровых условиях. В пределах РК нет других объектов, сочетающих подобное географическое положение и интенсивность использования (посещаемость объекта в отдельные дни может превышать 500 чел.). Имеющиеся к настоящему времени сведения о рекреационных изменениях касаются отдельных объектов, расположенных в более благоприятных условиях средней тайги [10].

Цель исследования – определение состояния компонентов лесных экосистем объекта «Беломорские петроглифы» и оценка их трансформации с позиций сохранения устойчивости используемых участков к рекреационным нагрузкам.

Объекты и методы исследования

Объект «Беломорские петроглифы», открытый А.М. Линевским в 1926 г. [13], расположен в Беломорском р-не РК, в 6 км к юго-западу от г. Беломорск. 11 групп наскальных рисунков имеют общую площадь около 7700 м², причем только на одно скопление (группу) «Петроглифы Залавруги» (координаты центра 64°29'52.59" с. ш., 34°40'28.22" в. д.) приходится 85 % этой площади. Особенностью является расположение изучаемого объекта вблизи искусственно созданного во время строительства гидроэлектростанции водохранилища и осушенного русла р. Выг. Лесные участки окрестностей групп петроглифов входят в состав зеленой зоны г. Беломорска и водоохранной зоны, выделенной вокруг Золотецкого водохранилища (квартал 77 Беломорского участкового лесничества), что предполагает существенные ограничения лесохозяйственной деятельности.

Почвенный покров изучаемой территории представлен комбинацией подзолов иллювиально-железистых с неполноразвитыми почвами. Эти подзолы являются фоновыми почвами для данной территории. Под ельниками черничными распространены почвы супесчаного гранулометрического состава, под сосняками брусничными – более легкого, песчаного. Лесной покров характеризуется преобладанием производных сосновых и еловых древостоев с различным участием лиственных пород (березы и осины). Доля хвойных пород в составе таких древостоев варьирует в широких пределах: от 5 до 10 ед. Типологическая структура изученной территории достаточно однообразна. Отмечены исключительно древостои, относящиеся к зеленомошной группе типов леса. Наиболее типичны для данной территории сосняк брусничный (брусничный скальный), ельник черничный и осинник черничный (коренной тип – ельник черничный). Возраст наиболее старых экземпляров сосны и ели не превышает 200 лет.

Во время работы определяли мощность лесной подстилки, запас органического вещества. При изучении влияния рекреации на массу тонких корней было принято разделение троп на две категории: тропы с невысокой рекреационной нагрузкой, характеризующиеся сохраненной лесной подстилкой без обнажения минеральных горизонтов; тропы с интенсивной нагрузкой, на которых происходит уничтожение органогенного горизонта или его частичное перемешивание с нижележащими минеральными горизонтами. В качестве контрольных подбирали участки без признаков вытаптывания, где сохранена растительность, характерная для данного типа леса. Применяли метод монолитов, из которых извлекали корни древесных пород диаметром до 3 мм. Далее их высушивали до абсолютно сухого состояния и взвешивали.

Описание фитоценозов проводили с учетом методических указаний по изучению типов леса [15], таксацию лесных массивов – выборочным методом [18], оценку рекреационных изменений – по 5-стадийной схеме рекреационной дигрессии [16]. За границу устойчивости фитоценоза принимали III стадию рекреационной дигрессии, поскольку на IV стадии лес утрачивает способность к возобновлению вследствие гибели подроста [2, 16].

Оценку трансформации живого напочвенного покрова (ЖНП) лесных фитоценозов выполняли по двум направлениям: 1 – изменение флоры и растительности под воздействием рекреации в лесных массивах по периметру скал с петроглифами; 2 – выявление степени зарастания скальных обнажений в местах непосредственного расположения наскальных рисунков. Геоботанические описания ЖНП проводили в зависимости от степени нарушения на трансектах длиной 30...100 м. Площадь описываемых площадок в пределах трансект (вытоптанных и условно ненарушенных – контроля) составляла 10×10 м. Также оценивали количество и состояние троп (степень вытоптанности, ширина и благоустройство, заселение сорными видами сосудистых растений). Латинские и русские названия в тексте и таблицах, а также объем таксонов сосудистых растений даны преимущественно в соответствии со сводкой Н.Н. Цвелева (2000 г.) [19] с уточнениями [29], названия мхов – по М.С. Ignatov et al. (2006 г.) [28], лишайников – по М.А. Фадеевой и др. (2007 г.) [17]. Собранный гербарный материал хранится в Гербарии КарНЦ РАН (РТЗ).

Результаты исследования и их обсуждение

Ведущим фактором, оказывающим воздействие на оцениваемые характеристики почв, является вытаптывание [31], в результате которого происходит

деформация и уничтожение верхних почвенных горизонтов [10, 44]. Мощность лесной подстилки уменьшилась с 2,0...4,0 см (ненарушенные участки) до 0,5...1,0 см. На тропах с невысокой рекреационной нагрузкой запас органического вещества снизился на 28 % по сравнению с контролем. В зонах интенсивной нагрузки органогенный горизонт уничтожается или часть его перемешивается с нижележащими минеральными горизонтами. Запас органического вещества здесь снижается на 60 %.

Тонкие физиологически активные корни играют ведущую роль в поглощении из почвы воды и растворенных в ней питательных веществ [4, 24]. Известно, что ухудшение физических свойств почвы приводит к уменьшению их массы [5, 22]. На тропах, наиболее интенсивно используемых рекреантами, масса корней диаметром ≤ 3 мм в верхнем (20 см) слое почвы снижена до 74 % (табл. 1).

Таблица 1

Масса корней диаметром до 3 мм у древесных пород

Место отбора	Степень вытоптанности	Масса корней	
		т/га	% изменения
Контроль	Не выражена	1,54 ± 0,33	0
Тропа	Слабая	2,07 ± 0,25	+34
Контроль	Не выражена	3,44 ± 0,25	0
Тропа	Слабая	3,93 ± 0,67	+14
Контроль	Не выражена	1,75 ± 0,43	0
Тропа	Слабая	1,78 ± 0,45	+2
Контроль	Не выражена	3,27 ± 0,21	0
Тропа	Сильная	2,73 ± 0,11	-17*
Контроль	Не выражена	7,27 ± 1,04	0
Тропа	Сильная	1,91 ± 0,40	-74*

*Различия достоверны при $p < 0,05$.

Тропы с меньшей интенсивностью вытаптывания имеют корненасыщенность на 2...30 % выше по сравнению с контролем. Подобное увеличение количества тонких корней в зонах, вытоптанных в ходе рекреационного воздействия, было отмечено в работе [44], где оно объяснялось дополнительным поступлением минеральных веществ. Однако в нашем случае некоторое увеличение количества тонких корней в зоне троп с невысокой рекреационной нагрузкой вероятно обусловлено лучшей освещенностью на этих участках и доступностью дневной поверхности солнечной радиации, а также снижением конкуренции со стороны другой растительности (живого напочвенного покрова, подлеска). На неполноразвитых почвах, бедных элементами минерального питания и представленными на изучаемом объекте, корневые системы древесных растений в большей степени концентрируются в верхних горизонтах, где находятся и корни другой растительности. Таким образом происходит обострение конкуренции в этой ограниченной нише за питательные вещества. На тропах (и их периферии) с рекреационной нагрузкой растительность практически отсутствует, что создает благоприятные условия и обеспечивает увеличение массы корневых систем древесных растений.

К настоящему времени на группе «Петроглифы Залавруги» отчасти создана инфраструктура по ограничению интенсивности рекреационного воздействия на природные комплексы. Она представлена деревянными настилами, служащими защитой от вытаптывания. Тем не менее, покрытые лесом участки, непосредственно примыкающие к группе (и находящиеся «внутри» нее), подвергаются рекреационным нагрузкам. При изучении последствий от действия нагрузок было выделено и описано 6 участков (16–21) с учетом различия характеристик лесного покрова (табл. 2). Схема расположения участков приведена на рисунке.

Таблица 2

Таксационные показатели древостоев на группе «Петроглифы Залавруги»

Номер участка (по рисунку)	Тип леса	Состав	Возраст, лет	Средние		Полнота	Подрост, количество, экз./га
				высота, м	диаметр, см		
16	Ельник черничный	3E ₁₅₀ 2E ₅₀ 3Oc1C1B	150	16	22	0,7	10E, 2800
17	Сосняк бруснично-скальный	10CедБ	45	8	8	0,6	10EедC, 100
18	Сосняк бруснично-скальный	10C ₄₀ едC ₁₆₀ едEедБ	40	8	8	0,8	10C, 300
19	Сосняк бруснично-скальный	7C3EедБ	200	13	16	0,6	10CедE, 900
20	Ельник черничный	4E3B2Oc1C	170	18	22	0,6	10E, 3000
21	Осинник черничный	6Oc2E ₁₁₀ 2B+CедE ₈₀	110	23	26	0,7	10E, 3000

По устойчивости к рекреационному воздействию изученные древостои значительно отличаются. Два из них (сосняки бруснично-скальные на примитивных почвах, участки 17, 18) произрастают на почвах, бедных органическим веществом и характеризующихся сухим гидрологическим режимом, что определяет их наибольшую уязвимость к вытаптыванию [35]. Наибольшую устойчивость имеет осинник черничный, прочие древостои занимают промежуточное положение [21, 23]. Кроме того, участки различаются по интенсивности использования. В настоящее время наиболее активно с хозяйственными целями эксплуатируются сосняки бруснично-скальные участков 17, 18. Остальные участки используются для перемещения рекреантов по сформированным тропам и очень ограничено для стоянок.

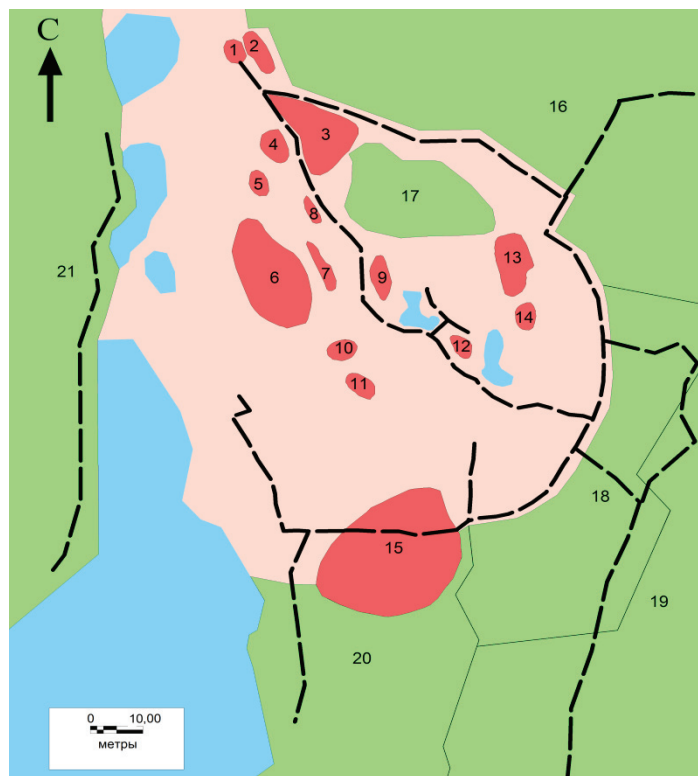


Схема расположения изученных участков растительности группы «Петроглифы Залавруги»; красным цветом обозначены участки с мохово-травяно-кустарничковым покровом (1–15), зеленым цветом – с древесным ярусом (16–21)

Layout of the studied vegetation areas of Petroglyphs in Zalavrug: red color – areas with a moss-herb-shrub layer (1–15); green color – areas with a tree layer (16–21)

Наилучшая доступность и проходимость обуславливают наиболее интенсивное использование с рекреационными целями участка 18. Для обслуживания туристов в его пределах сооружено несколько стоянок. В целом данный участок характеризуется поврежденными ЖНП и древостоем. Полностью отсутствует подросток, количество соснового подроста – 300 экз./га, при этом на соседнем с ним участке 19 (мало используемом с рекреационными целями) этот показатель составляет 900 экз./га. В пределах участка 18 имеются активно и длительно используемые туристические стоянки. На них произошло полное вытаптывание напочвенного покрова и разрушение подстилки, естественное возобновление отсутствует, обнаружены массовые механические повреждения растений древесного яруса. Однако площадь таких деградированных участков невелика и измеряется десятками квадратных метров.

Вследствие своего положения «внутри» скопления, значительная деградация прослеживается на участке 17. В настоящее время на его опушечных частях располагаются интенсивно используемые тропы, что привело к полному вытаптыванию ЖНП и разрушению лесной подстилки с обнажением и обламыванием скелетных корней. Экземпляры сосны, произрастающие вдоль тропы, ослаблены. Внутри участка отмечено практически полное отсутствие подроста

(около 100 экз./га) и подлеска. Фитоценоз находится на III стадии дигрессии с угрозой перехода на IV в ближайшее время.

На участках 16, 19, 20, 21 отмечены слабые последствия рекреационного воздействия, которые сконцентрированы в основном в окрестностях путей перемещения отдыхающих (троп с вытоптаным ЖНП). Они представлены, как правило, механическими повреждениями подроста и подлеска. Древостой следов механических повреждений не имеет, характеризуется удовлетворительным состоянием без признаков ослабления.

Таким образом, набор выявленных изменений древесной растительности вполне типичен для активно используемых в рекреационном отношении участков, схожие результаты отмечаются во многих работах подобного плана [23, 25, 34, 38, 43].

Известным принципом планирования рекреационного использования территорий является минимизация воздействия отдыхающих на наиболее уязвимые участки путем организации тропиной сети в обход них [23]. Однако в случае изучаемого объекта наиболее уязвимые лесные участки (сосняки брусничные скальные) используются с максимальной интенсивностью, что в будущем может привести к их дальнейшей деградации при увеличении потока посетителей. В первую очередь комплекс мероприятий по оптимизации существующей тропиной сети должен проводиться именно здесь.

Объект «Беломорские петроглифы» находится в пределах Выгозерского флористического района [11], или биогеографической провинции *Karelia rotomica orientalis* [7]. Всего в окрестностях десяти групп петроглифов зарегистрирован 151 вид сосудистых растений [6]. Наибольшим флористическим разнообразием отличается группа «Петроглифы Залавруги», где сосредоточено 96 % всех выявленных для этой территории видов сосудистых растений (табл. 3).

Таблица 3

**Флористическое разнообразие (число видов) лесных сообществ
объекта «Беломорские петроглифы»**

Группы петроглифов	Всего	Аборигенная фракция	Адвентивная фракция
На Безымянных о-вах I, II, III	35	34	1
На о-ве Большой Малинин	20	20	–
Ерпин Пудас I, II, III, IV	88	83	5
Залавруга	125	119	6
Золотец I	54	53	1

По количественным показателям флора района исследований имеет типичный для северотаежной части Карелии облик. От смежных территорий она отличается бедностью видового состава, обусловленной исходным небогатым флористическим составом сосновых лесов лишайниковой, брусничной и черничной групп типов местообитаний, а также слабым притоком в сообщества луговых и сорных видов.

На участках всех групп петроглифов абсолютно доминируют аборигенные виды сосудистых растений (95...100 % от всех видов флоры). Среди гео-

графических элементов преобладают виды с бореальным циркумполярным (40 видов), бореальным евразийским (29) и бореальным европейско-сибирским (19) типами ареала. Северные черты флоре придают элементы с «северными» связями – гипоарктические (6 видов). Ядро флоры формируют массовые в регионе лесные (63 вида; 44,4 %), болотные и луговые (по 29 видов; 20,4 %) виды. Это широко распространенные в Карелии кустарнички (*Calluna vulgaris*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*) и травы (*Avenella flexuosa*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Geranium sylvaticum*, *Linnaea borealis*, *Maianthemum bifolium*, *Melampyrum pratense*, *Trientalis europaea* и др.), являющиеся доминантами ЖНП лесных сообществ. Кустарниковый ярус (подлесок) повсеместно представлен типичными для лесов РК видами (*Alnus incana*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia*). Закономерно высоко количество прибрежных видов (11 видов; 7,7 %), на долю водных, опушечных, скальных и тундровых видов в сумме приходится 7,0 %.

Среди редких аборигенных видов сосудистых растений здесь присутствует злак *Glyceria lithuanica*, который в северной части Карелии встречается еще только в нескольких точках. Один вид *Moehringia lateriflora* занесен в Красную книгу Республики Карелия (2007 г.) [8] и ранее, в пределах Выгозерского флористического р-на, он был замечен только в одном пункте – д. Вирма [7].

Адвентивная фракция представлена крайне слабо – выявлены только 9 заносных видов (*Amelanchier spicata*, *Galium album*, *Hypericum maculatum*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Puccinellia distans*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *T. repens*), что составляет 6,0 % от их общего числа. Преобладающее число адвентиков встречается на скалах Залавруги, как на территории, испытывающей наибольшие рекреационные нагрузки.

«Петроглифы Залавруги» – самая крупная по площади группа беломорских наскальных рисунков, которая практически постоянно находится под прессом активной рекреации. Несмотря на это ЖНП лесных массивов, окружающих данное скопление петроглифов, в настоящее время не имеет существенных признаков нарушения: покров трансформирован (вытоптан) только в пределах подходящих к петроглифам троп, ширина которых варьирует от 0,3 до 2...3 м, и туристических стоянок. Высокая общая сохранность растительного покрова обусловлена тем, что передвижение рекреантов осуществляется преимущественно по тропам и деревянным настилам, установленным вблизи изображений.

Выше на рисунке показана схема зарастания петроглифов Залавруги в пределах контура смотровых площадок, окруженных деревянными настилами (участки 1–15). Данные о доминирующих видах ЖНП на скальных выходах этой группы петроглифов приведены в табл. 4.

Площадь зарастания скал в месте расположения наскальных рисунков составляет около 13,5 % от общей площади экспозиции. В понижениях (скальных ваннах), где часто скапливается вода (участки 9–11), растительность представлена преимущественно сообществами гидрофильных мхов рода *Sphagnum* (*Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*, *S. russowii*), проективное покрытие которых составляет 80...90 % участка, в сочетании с типичными для болот Карелии видами сосудистых растений (*Carex paupercula*, *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum vaginatum* и др.). На возвышенных или ровных скальных поверхностях (участки 2, 5, 13, 14) в покрове доминирует *Pholia nutans* (30...60 %) в сообществе с типичными лесными, луговыми и скальными видами (*Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*, *Vaccinium vitis-idaea*).

Наибольшей трансформации ЖНП подвержен на участках 13 (территория у здания офиса) и 15.

Таблица 4

Доминирующие виды живого напочвенного покрова скальных выходов петроглифов Залавруги

Параметры участка, таксоны	Номер участка														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Площадь участка, м ²	9	54	240	27	14	140	4,5	5	9	9	9	6	170	9	345
Количество видов деревьев и кустарников, шт.	1	2	2	3	2	4	—	—	—	—	1	—	—	—	3
Проективное покрытие, %:															
общее	50	65	50	80	85	70	95	70	90	90	90	80	50	80	65
кустарнички и травы:															
<i>Calluna vulgaris</i>	5	—	<1	45	40	20	15	1	3	3	3	5	3	<1	<1
<i>Carex rostrata</i>	20	—	—	—	—	<1	<1	<1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Festuca ovina</i>	—	<1	3	30	—	—	<1	—	<1	<1	<1	—	2	<1	3
<i>Juncus filiformis</i>	—	—	—	—	—	<1	—	—	<1	<1	5	3	—	—	—
<i>Melampyrum pratense</i>	<1	—	<1	—	—	3	—	<1	—	<1	—	—	—	—	1
<i>Trifolium repens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
<i>Vaccinium myrtillus</i>	—	—	<1	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	—	20	1	—	—	5	—	3	—	—	—	—	—	—	5
мхи и лишайники:															
<i>Dicranum scorarium</i>	—	15	15	<1	<1	<1	<1	—	<1	<1	<1	—	—	—	—
<i>Pleurozium schreberi</i>	—	<1	3	35	20	—	<1	30	—	—	—	—	—	<1	<1
<i>Pholia mitans</i>	—	30	15	3	60	—	—	—	—	—	—	—	50	55	45
<i>Polytrichum</i> spp.	—	—	—	—	—	<1	<1	—	—	<1	<1	<1	<1	30	10
<i>Sphagnum</i> spp.	10	—	3	—	2	10	90	40	90	90	90	80	—	—	<1

Примечание. «< 1» – проективное покрытие таксона менее 1 %.

Площадь вытаптывания здесь достигает 60 %, встречаются фрагменты, выбитые до минерального горизонта почвы с оголенными корнями деревьев. В покрове преобладают мхи с пионерными стратегиями роста (*Bryum* spp., *Ceratodon purpureus*, *Pholia nutans*); общее проективное покрытие мхов – 40...50 %. Травяно-кустарничковый ярус существенно трансформирован – покрытие видов не превышает 2...20 %, преобладают синантропные виды (*Poa annua*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*).

Для направления потоков посетителей группа «Петроглифы Залавруги» оборудована разветвленной сетью деревянных настилов в центральной части и по контуру скальных выходов с севера и востока. Так как проходящие по периферии настилы не оснащены перилами, происходит постепенная деградация ЖНП в пределах 1...2 м вдоль мостков. Виды травяно-кустарничкового яруса исчезают, лесные мхи разрушаются и заменяются сообществами пионерных видов.

Таким образом, установлено, что в настоящее время влияние рекреации на ЖНП лесов в районе 10 групп петроглифов существенно не изменило его структуру. Интенсивная рекреация носит локальный характер и затрагивает только самые активно посещаемые туристами участки – смотровые площадки вблизи наскальных рисунков и тропы, в пределах которых ЖНП на нескольких квадратных метрах может быть полностью выбит (например, петроглифы на о-ве Большой Малинин, петроглифы Залавруги). Для этих участков характерно резкое сокращение площади травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов при одновременном скудном видовом разнообразии и незначительном проективном покрытии почвы луговыми и сорными видами, что также согласуется с результатами других исследователей [9, 34, 42].

Заключение

Рекреационное использование изучаемого объекта к настоящему времени привело к изменению характеристик компонентов, слагающих его фитоценозы. Ведущим фактором, оказывающим воздействие на оцениваемые характеристики, является вытаптывание. Отмечены значимые изменения в структуре почв, связанные с нарушением подстилочного горизонта. Флористические комплексы ЖНП объекта рекреационным воздействием затронуты относительно слабо, в составе сосудистых растений изученной территории абсолютно преобладают аборигенные виды флоры, высокая сохранность которых объясняется высокой распространенностью на изучаемой территории бедных по эдафическим условиям местообитаний, а также общей суровостью климатических условий. Эти факторы ограничивают проникновение адвентивных видов флоры в нарушенные экосистемы. Вытаптывание к настоящему времени привело к изменению массы тонких корней древесного яруса. В долгосрочной перспективе это обуславливает ослабление древостоев и снижение их устойчивости к грибным болезням и насекомым-вредителям. Исходя из позиций формализованной комплексной оценки рекреационных изменений изучаемые участки характеризуются в основном I–III стадиями рекреационной дигрессии, т. е. имеют нарушенное состояние, однако сохраняют свою устойчивость. Рекреационное воздействие сконцентрировано в основном в пределах сложившейся тропиной сети и на небольших участках, наиболее интенсивно используемых с хозяйственными и экскурсионными целями.

Можно рекомендовать изменение функционального зонирования территории с учетом устойчивости слагающих ее экосистем для рассредоточения и перераспределения рекреационных нагрузок, а также проведение мероприятий, направленных на повышение устойчивости к рекреационным нагрузкам наиболее уязвимых и одновременно наиболее интенсивно используемых в настоящее время лесных участков (дальнейшее строительство настилов, ограничение доступа к максимально деградированным фрагментам). Полученные результаты изучения рекреационного воздействия на экосистемы объекта «Беломорские петроглифы» могут быть применены как в текущем, так и в перспективном планировании в целях минимизации негативных последствий использования территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Атлас Карельской АССР. М.: ГУГК, 1989. 40 с. [*Atlas of the Karelian ASSR*. Moscow, GUGK Publ., 1989. 40 p.].
2. Беднова О.В. Метод индикации и оценки рекреационных изменений в лесных биогеоценозах // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2013. № 7(99). С. 77–87. [Bednova O.V. The Method of Changes Assessment in Recreation Forests. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2013, no. 7(99), pp. 77–87].
3. Дэвлет Е.Г. Памятники наскального искусства: изучение, сохранение, использование. М.: Науч. мир, 2002. 240 с. [Devlet E.G. *Rock Art Heritage: Study, Conservation and Use*. Moscow, Scientific World Publ., 2002. 240 p.].
4. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 152 с. [Kalinin M.I. *Formation of the Tree Root System*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983. 152 p.].
5. Карпечко А.Ю. Изменение плотности и корненасыщенности почв под влиянием лесозаготовительной техники в еловых лесах южной Карелии // Лесоведение. 2008. № 5. С. 66–70. [Karpechko A.Yu. Changes in Density and Root Mass in Soils under the Influence of Harvesting Machines in Spruce Forests of Southern Karelia. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2008, iss. 5, pp. 66–70].
6. Комплексная характеристика и оценка природных комплексов, определение допустимой антропогенной нагрузки на участках с петроглифами и территории окружающего ландшафта на побережьях Онежского озера и Белого моря (2017–2018 гг.): науч. отчет № ОУ-12/17-14. Рук. Громцев А.Н. / Респ. центр по гос. охране объектов культурного наследия. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2018. [*Integrated Description and Assessment of Natural Ecosystems, Determination of Permissible Anthropogenic Pressure on Petroglyph-Bearing Sites and Surrounding Landscapes on the Shores of Lake Onego and the White Sea (2017–2018)*: Scientific Report No. ОУ-12/17-14. Supervision by A.N. Gromtsev. Republican Center for State Protection of Cultural Heritage Sites. Petrozavodsk, KarRC RAS, 2018].
7. Кравченко А.В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 403 с. [Kravchenko A.V. *A Compendium of Karelian Flora (Vascular Plants)*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2007. 403 p.].
8. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 364 с. [*The Red Book of the Republic of Karelia*. Petrozavodsk, Karelia Publ., 2007. 364 p.].
9. Полякова Г.А., Мальшева Т.В., Флеров А.А. Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосковья. М.: Наука, 1981. 144 с. [Polyakova G.A., Malysheva T.V., Flerov A.A. *Anthropogenic Impact on Pine Forests in the Surroundings of Moscow*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 144 p.].
10. Природные комплексы Валаама и воздействие на них рекреации. Петрозаводск: Изд-во Карел. филиала АН СССР, 1983. 190 с. [*Natural Ecosystems of Valaam and Recreational Impact on Them*. Petrozavodsk, Karel'skiy filial AN SSSR Publ., 1983. 190 p.].

11. Раменская М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука, 1983. 215 с. [Ramenskaya M.L. *Analysis of the Flora of the Murmansk Region and Karelia*. Leningrad, Nauka Publ., 1983. 215 p.]
12. Рысин Л.П. Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 5–20. [Rysin L.P. *Recreational Forests and Optimization of Recreational Forest Management*. Moscow, Nauka Publ., 1983, pp. 5–20].
13. Савватеев Ю.А. Вечные письмена (наскальные изображения Карелии). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 458 с. [Savvateev Yu. A. *The Eternal Monuments (Petroglyphs of Karelia)*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2007. 458 p.]
14. Смаглюк К.К., Середин В.И., Питукин А.И., Парпан В.И. Исследование рекреационного лесопользования в Карпатах // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 81–95. [Smaglyuk K.K., Seredin V.I., Pitikin A.I., Parpan V.I. A Study of Recreational Forest Management in the Carpathians. *Recreational Forest Management in the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1983, pp. 81–95].
15. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с. [Sukachev V.N., Zonn S.V. *Methodology Guidelines for the Study of Forest Types*. Moscow, AN SSSR Publ., 1961. 144 p.]
16. Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1986. 176 с. [Tarasov A.I. *Recreational Forest Management*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 176 p.]
17. Фадеева М.А., Голубкова Н.С., Витикайнен О., Аhti Т. Конспект лишайников и лихенофильных грибов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 194 с. [Fadееva M.A., Golubkova N.S., Vitikainen O., Ahti T. *Conspectus of Lichens and Lichenicolous Fungi of the Republic of Karelia*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2007. 194 p.]
18. Федосимов А.Н., Анисочкин В.Г. Выборочная таксация леса. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 172 с. [Fedosimov A.N., Anisochkin V.G. *Selective Forest Valuation*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1979. 172 p.]
19. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. 781 с. [Tsvelev N.N. *Identification Guide of Vascular Plants of Northwest Russia (Leningrad, Pskov and Novgorod Regions)*. Saint Petersburg, SPCPA Publ., 2000. 781 p.]
20. Arnesen T. Vegetation Dynamics Following Trampling in Grassland and Heathland in Sølendet Nature Reserve, a Boreal Upland Area in Central Norway. *Nordic Journal of Botany*, 1999, vol. 19, iss. 1, pp. 47–69. DOI: [10.1111/j.1756-1051.1999.tb01902.x](https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1999.tb01902.x)
21. Arnesen T., Lyngstad A. Effekter av tråkk og annen ferdtsel på vegetasjonen i friluftsområder [Effects from Trampling and Other Activities in Recreation Areas]. *Blyttia*, 2012, vol. 70(3), pp. 159–172.
22. Berger T.W., Hager H. Physical Top Soil Properties in Pure Stands of Norway Spruce (*Picea abies*) and Mixed Species Stands in Austria. *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 136, iss. 1-3, pp. 159–172. DOI: [10.1016/s0378-1127\(99\)00286-8](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00286-8)
23. Bjønness I.-M. Outdoor Recreation and Its Impact upon a Boreal Forest Area – Bymarka, Trondheim, Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* [Norwegian Journal of Geography], 1981, vol. 35, iss. 2, pp. 57–77. DOI: [10.1080/00291958108552063](https://doi.org/10.1080/00291958108552063)
24. Brunner I., Godbold D.L. Tree Roots in a Changing World. *Journal of Forest Research*, 2007, vol. 12, iss. 2, pp. 78–82. DOI: [10.1007/s10310-006-0261-4](https://doi.org/10.1007/s10310-006-0261-4)
25. Hamberg L., Lehvävirta S., Malmivaara-Lämsä M., Rita H., Kotze D.J. The Effects of Habitat Edges and Trampling on Understorey Vegetation in Urban Forests in Helsinki, Finland. *Applied Vegetation Science*, 2008, vol. 11(1), pp. 83–98. DOI: [10.1111/j.1654-109X.2008.tb00207.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2008.tb00207.x)
26. Hansen K., Malmaeus M. Ecosystem Services in Swedish Forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2016, vol. 31, iss. 6, pp. 626–640. DOI: [10.1080/02827581.2016.1164888](https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1164888)

27. Harshaw H.W., Sheppard S.R.J., Kozak R.A. Outdoor Recreation and Forest Management: A Plea for Empirical Data. *The Forestry Chronicle*, 2007, vol. 83, no. 2, pp. 231–238. DOI: [10.5558/tfc83231-2](https://doi.org/10.5558/tfc83231-2)
28. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-List of Mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*, 2006, vol. 5, pp. 1–130. DOI: [10.15298/arctoa.15.01](https://doi.org/10.15298/arctoa.15.01)
29. *International Plant Names Index (IPNI)*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. 2019. Available at: <http://www.ipni.org> (accessed 01.05.19).
30. Kangas K., Sulkava P., Koivuniemi P., Tolvanen A., Siikamäki P., Norokorpi Y. What Determines the Area of Impact around Campsites? A Case Study in a Finnish National Park. *Forest Snow and Landscape Research*, 2007, vol. 81, iss. 1/2, pp. 139–150.
31. Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. Short-Term and Long-Term Effects of Human Trampling on Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. *Applied Soil Ecology*, 2009, vol. 42, iss. 3, pp. 303–314. DOI: [10.1016/j.apsoil.2009.05.008](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.05.008)
32. Korkanc S.Y. Impacts of Recreational Human Trampling on Selected Soil and Vegetation Properties of Aladag Natural Park, Turkey. *Catena*, 2014, vol. 113, pp. 219–225. DOI: [10.1016/j.catena.2013.08.001](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.08.001)
33. Kozłowski T.T. Soil Compaction and Growth of Woody Plants. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1999, vol. 14, iss. 6, pp. 596–619. DOI: [10.1080/02827589908540825](https://doi.org/10.1080/02827589908540825)
34. Liddle M. *Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism*. London, Chapman & Hall, 1997. 639 p.
35. Malmivaara-Lämsä M., Hamberg L., Löfström I., Vanha-Majamaa I., Niemelä J. Trampling Tolerance of Understorey Vegetation in Different Hemiboreal Urban Forest Site Types in Finland. *Urban Ecosystems*, 2008, vol. 11, iss. 1, pp. 1–16. DOI: [10.1007/s11252-007-0046-3](https://doi.org/10.1007/s11252-007-0046-3)
36. Marion J.L., Cole D.N. Spatial and Temporal Variation in Soil and Vegetation Impacts on Campsites. *Ecological Applications*, 1996, vol. 6, iss. 2, pp. 520–530. DOI: [10.2307/2269388](https://doi.org/10.2307/2269388)
37. Mason S., Newsome D., Moore S., Admiraal R. Recreational Trampling Negatively Impacts Vegetation Structure of an Australian Biodiversity Hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 2015, vol. 24, iss. 11, pp. 2685–2707. DOI: [10.1007/s10531-015-0957-x](https://doi.org/10.1007/s10531-015-0957-x)
38. Pickering C.M., Hill W. Impacts of Recreation and Tourism on Plant Biodiversity and Vegetation in Protected Areas in Australia. *Journal of Environmental Management*, 2007, vol. 85, iss. 4, pp. 791–800. DOI: [10.1016/j.jenvman.2006.11.021](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.11.021)
39. Research and Monitoring of Sustainability of Nature-Based Tourism and Recreational Use of Nature in Oulanka and Paanajärvi National Parks. Ed. by P. Siikamäki. *Oulanka Reports No. 29*. Oulu, University of Oulu, 2009. 52 p.
40. Sherman C., Unc A., Doniger T., Ehrlich R., Steinberger Y. The Effect of Human Trampling Activity on a Soil Microbial Community at the Oulanka Natural Reserve, Finland. *Applied Soil Ecology*, 2019, vol. 135, pp. 104–112. DOI: [10.1016/j.apsoil.2018.11.013](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.11.013)
41. Sun D., Walsh D. Review of Studies on Environmental Impacts of Recreation and Tourism in Australia. *Journal of Environmental Management*, 1998, vol. 53, iss. 4, pp. 323–338. DOI: [10.1006/jema.1998.0200](https://doi.org/10.1006/jema.1998.0200)
42. Timofeeva V., Kutenkov S. Analysis of Recreational Impact on Living Ground Cover in Forests on Paanajärvi National Park (Republic of Karelia, Russia). Research and Monitoring of Sustainability of Nature-Based Tourism and Recreational Use of Nature in Oulanka and Paanajärvi National Parks. *Oulanka Reports No. 29*. Oulu, University of Oulu, 2009, pp. 16–26.
43. Vakhlamova T., Rusterholz H.-P., Kamkin V., Baur B. Recreational Use of Urban and Suburban Forests Affects Plant Diversity in a Western Siberian City. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2016, vol. 17, pp. 92–103. DOI: [10.1016/j.ufug.2016.03.009](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.03.009)

44. Waltert B., Wiemken V., Rusterholz H.-P., Boller T., Baur B. Disturbance of Forest by Trampling: Effects on Mycorrhizal Roots of Seedlings and Mature Trees of *Fagus sylvatica*. *Plant and Soil*, 2002, vol. 243, iss. 2, pp. 143–154. DOI: [10.1023/a:1019983625473](https://doi.org/10.1023/a:1019983625473)

**RECREATIONAL CHANGES IN THE FOREST ECOSYSTEM COMPONENTS:
CASE STUDY OF THE CULTURAL HERITAGE SITE “WHITE SEA
PETROGLYPHS” (REPUBLIC OF KARELIA)**

A.V. Tuyunen, Junior Research Scientist; ResearcherID: [C-6958-2013](https://orcid.org/0000-0001-6145-0513),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6145-0513>

V.V. Timofeeva, Candidate of Biology, Research Scientist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0036-4184>

A.Yu. Karpechko, Candidate of Agriculture, Research Scientist; ResearcherID: [AAL-8675-2020](https://orcid.org/0000-0002-1693-2510),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-2510>

Y.N. Tkachenko, Leading Soil Scientist; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4274-0907>

V.A. Karpin, Junior Research Scientist; ResearcherID: [AAT-1801-2020](https://orcid.org/0000-0001-5508-3104),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5508-3104>

N.V. Petrov, Candidate of Agriculture, Junior Research Scientist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9644-5968>

Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; e-mail: tuyunen@krc.karelia.ru, timofeevavera2010@yandex.ru, yuvkarp@onego.ru, tkachenko@krc.karelia.ru, landscapeexplorer@gmail.com, nvpetrov@krc.karelia.ru

Recreation digression of forest ecosystems in the heritage site “White Sea Petroglyphs” was studied for the first time. This site is a compact system of rock outcrops partially cleared of forest vegetation, which bear Neolithic rock carvings (petroglyphs), and are linked together by walking trails. Patterns have been identified in the transformation of soils, plant cover components (tree stand, tree seedlings, understory and living ground cover), as well as fine roots (within 3 mm in diameter) of woody species under the recreation impact. Trampling was found to deform and destroy the top soil horizons, entailing a significant loss of the forest floor thickness and organic matter stores. Overall, the flora of the area is quite well preserved; 95–100 % of which is represented by native species. The living ground cover is noticeably damaged in the most actively used sites (fragments of trails and vista points). They feature a poor species composition, shrinking of the herb-dwarf shrub and moss-lichen cover, and a low percent cover of grassland and ruderal species. Easily accessible and actively visited sites have no or reducing amounts of tree seedlings, the tree stand is damaged and forest regeneration is hampered – the number of viable seedlings is minimal (100 pcs/ha). The mass of roots below 3 mm in diameter in heavily trampled trails showed a reduction of up to 74 %, while the root saturation in less affected trails slightly increased. Recreation transformations of the plant communities have not resulted in a loss of their resilience so far. The recreational digression in the studied sites was classified into stages I–III (weakly disturbed – strongly disturbed). Function zoning of the area should be modified using recreation-tolerant communities more intensively in order to reduce recreation impact. The most damaged areas, which are losing their stability, should be excluded from active use by modification of walking trails and building additional boardwalks.

For citation: Tuyunen A.V., Timofeeva V.V., Karpechko A.Yu., Tkachenko Y.N., Karpin V.A., Petrov N.V. Recreational Changes in the Forest Ecosystem Components: Case Study of the Cultural Heritage Site “White Sea Petroglyphs” (Republic of Karelia). *Lesnoy*

Zhurnal [Russian Forestry Journal], 2020, no. 5, pp. 90–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-90-105

Funding: The research was financially supported from the federal budget for the fulfillment of the state assignment of the Forest Research Institute, KarRC RAS.

Acknowledgments: We gratefully acknowledge M.A. Boychuk (Institute of Biology, KarRC RAS) for identification (verification) of moss samples.

Keywords: recreational pressure, trampling, soil, forest litter, living ground cover, flora, tree stand, digression, fine roots, root occupation.

Поступила 06.08.19 / Received on August 6, 2019
