

## Влияние сплошнолесосечных рубок на биоразнообразии среднетаёжных ельников черничных Северо-Востока европейской части России

© 2023. И. А. Лиханова<sup>1</sup>, к. б. н., н. с., Э. А. Генрих<sup>2</sup>, аспирант,  
Е. М. Перминова<sup>1</sup>, м. н. с., Г. В. Железнова<sup>1</sup>, д. б. н., в. н. с.,  
Ю. В. Холопов<sup>1</sup>, к. б. н., н. с., Е. М. Лаптева<sup>1</sup>, к. б. н., зав. отделом,

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук,  
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М. В. Ломоносова,  
163002, Россия, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17,  
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

В статье рассмотрена динамика биоразнообразия компонентов производных послерубочных растительных сообществ в ряду восстановления ельников черничных в биоклиматических условиях средней тайги. На каждой сукцессионной стадии (1(2)-летние, 17(18)-летние, 49(50)-летние производные послерубочные сообщества и коренной лес) проведено в среднем по 20 описаний (всего 81). На основе полученного материала определены видовое богатство и индексы биоразнообразия отдельно для древесного, кустарникового, травяно-кустарничкового и мохового ярусов. Выявлено, что промышленные рубки леса крайне негативно влияют на видовое богатство лесных видов. Это выражается в их потере (особенно стенобионтов), уменьшении обилия и константности. В производных сообществах на территории пасек и пасечных волоков отмечено снижение биоразнообразия в древесном, кустарниковом и моховом ярусах, при возрастании – в травяно-кустарничковом за счёт внедрения луговых, опушечных, болотных видов на фоне уменьшения обилия доминантов лесных экосистем. В производных сообществах на сильнонарушенных участках лесосеки (волоки магистральные) происходит возрастание как общего видового богатства, так и биоразнообразия во всех ярусах, кроме древесного. Фиксируемое возрастание показателей происходит благодаря формированию сообществ из наиболее активных видов разных эколого-ценотических групп.

**Ключевые слова:** Европейский Северо-Восток России, зимние сплошнолесосечные рубки, ельники черничные, биоразнообразие, средняя тайга.

## The effects of clear cutting on the biodiversity of middle taiga blueberry spruce forests in the North-East of European Russia

© 2023. I. A. Likhanova<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-8781-4768, E. A. Genrikh<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-9085-4365,  
E. M. Perminova<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-8650-2524, G. V. Zheleznova<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-8208-0838,  
Yu. V. Kholopov<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5725-746X, E. M. Lapteva<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-9396-7979

<sup>1</sup>Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences,

28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

<sup>2</sup>Lomonosov Northern (Arctic) Federal University,  
17, Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, Russia, 163002,

e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

The article discusses the biodiversity dynamics of the components of secondary plant communities grown after winter clear cutting in the series of restoration of blueberry spruce forests in the bioclimatic conditions of the middle taiga subzone. For every succession stage (1(2)-year-old, 17(18)-year-old and 49(50)-year-old secondary communities and primary forest), about 20 descriptions (81 in total) were done. The authors separately describe the plant communities of forests swaths, skidding trails in cutting strip and main skid roads. On the basis of the obtained results, we

determined species richness and biodiversity indices separately for tree, shrub, herb-dwarf shrubby, and moss layers. Industrial logging has been found to have an extremely negative impact on the species richness of forest species which absolutely disappear (especially stenobionts), decrease in abundance and constancy. In secondary communities on the territory of forest swaths and skidding trails, we fixed a decrease in biodiversity in the tree, shrub and moss layers and an increase in the herb-dwarf shrubby layer due to invasion of meadow, edge, and peatland species against a decrease in the abundance of species normally dominating in forest ecosystems. At heavily disturbed areas of the cutting area (main trails), secondary communities increase in both the total species richness and biodiversity at any layer except for the woody layer. The recorded increase in values happens due to formation of communities of very active species from different ecologic and cenotic groups. The floristic composition of the disturbed forest phytocenosis does not recover in fifty years after the anthropogenic impact.

**Keywords:** biodiversity, succession, clearcutting, middle taiga, European North-East of Russia.

В настоящее время в результате интенсивного природопользования и возрастания угрозы экологических кризисов вопрос сохранения биоразнообразия лесов крайне актуален [1–4]. Сохранение биологического разнообразия – один из важных принципов устойчивого лесопользования. Необходимость учёта и сохранения биоразнообразия продиктована требованиями законодательства Российской Федерации (РФ), международных конвенций и договоров, ратифицированных РФ [2, 5].

Ельники зеленомошные на Европейском Северо-Востоке России являются зональным типом еловых лесов, развивающимся на плакорах и наиболее приспособленным к климатическим и эдафическим условиям таёжной зоны [6]. Наиболее значительное негативное воздействие на их сообщества оказывают промышленные рубки. Лесозаготовительная деятельность ведёт к разрушению структуры и состава лесов и изменению их биоразнообразия. Однако характер изменений биоразнообразия в ходе послерубочных сукцессий изучен недостаточно [7]. Ранее нами были выполнены исследования производных сообществ, сформировавшихся после проведения зимних сплошнолесосечных рубок в подзоне средней тайги Республики Коми. Дана характеристика их видового богатства и выполнена их классификация. Полученные результаты опубликованы в работе [8].

Цель данной работы – выявить закономерности динамики биоразнообразия растительных сообществ, сформировавшихся после проведения зимних сплошнолесосечных рубок среднетаёжных ельников мелкотравно-чернично-зеленомошных с учётом степени нарушенности территории вырубки.

### Объекты и методы исследования

Материал собран на территории Республики Коми (Усть-Куломский р-н, подзона средней тайги). В растительном покрове преобладают еловые, елово-пихтовые, а местами –

и пихтовые леса, почти исключительно зеленомошные. Регион характеризуется умеренно холодным климатом со среднегодовой температурой воздуха 0,3 °С. Средняя температура самого тёплого месяца (июль) – 17,3 °С, самого холодного (январь) – -16,5 °С. Годовое количество осадков в среднем составляет 500–520 мм.

Объектами исследования послужили сообщества: (I) коренного ельника мелкотравно-чернично-зеленомошного в пределах нетронутого антропогенной деятельностью лесного массива площадью 170 га (координаты 61,76333° с. ш., 54,29639° в. д.); (II) разновозрастные производные сообщества – 1(2)-летние (пробная площадь 1), 17(18)-летние (пробная площадь 2), 49(50)-летние (пробная площадь 3). Производные сообщества сформировались после зимних сплошнолесосечных рубок, осуществлённых в разные годы в том же типе леса в схожих лесорастительных условиях на суглинистых подзолистых текстурно-дифференцированных почвах. Координаты, площадь и время проведения рубок: 1 – 61,98333° с. ш., 54,05472° в. д.; 30 га; в 2001–2002 гг.; 2 – 61,80389° с. ш., 54,26389° в. д.; 30 га; в 2017–2018 гг.; 3 – 61,8075° с. ш., 54,07694° в. д.; 10 га; в 1969–1970 гг.

Рубки проводили либо по скандинавской технологии с использованием комплекса машин Харвестер и Форвардер (2001–2002 и 2017–2018 гг.), либо по традиционной хлыстовой технологии с сохранением елово-пихтового подроста с помощью трактора ТДТ-40 (1969–1970 гг.). Площадь пасек составляла 70–80%, пасечных волоков – 20–30%, магистрального волока – до 10% от площади лесосеки.

Проведение рубок в зимний период, по сравнению с летним, обуславливает незначительное нарушение травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов на пасечных участках. Пасечные волоки, как правило, захламливаются порубочными остатками, которые покрывают в среднем 34% поверхности.

В пределах магистральных волоков растительный покров и верхние горизонты почвы практически полностью уничтожены под действием лесозаготовительной техники.

В период с 2019 по 2020 гг. выполнены геоботанические описания растительности в пределах выделенных пробных площадей (площадь площадок описания – 100 м<sup>2</sup>). Проведён сплошной перебор деревьев и подростов, определены их диаметр и высота. Состав древостоя рассчитан по вкладу отдельных видов древесных растений в общие запасы древесины. Выявлен видовой состав и проективное покрытие сосудистых растений и мхов.

В совокупности проанализировано 81 геоботаническое описание. Ординация сообществ выполнена с помощью метода неметрического многомерного шкалирования — NMS. В качестве меры различия применён коэффициент Жаккара. Кривые накопления видов построены методом «разрежения» [9]. Мерой альфа-разнообразия служили индексы: 1) Симпсона ( $D$ ) в форме  $1 - D$ ; 2) Шеннона ( $H$ ); 3) Менхиника ( $D_{Mn}$ ); 4) Маргалефа ( $D_{Mg}$ ), рассчитанные по формулам:

$$D = \sum \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}, \quad (1)$$

$$H = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}, \quad (2)$$

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}, \quad (4)$$

где  $n_i$  – проективное покрытие  $i$ -го вида,  $N$  – сумма проективных покрытий,  $S$  – количество выявленных видов.

Индексы разнообразия высчитывали отдельно для древесного, кустарникового, травяно-кустарничкового/травяного и мохового ярусов, как рекомендовано в работе [10]. Построение кривых накопления видов и расчёты индексов произведены в программе Past 4.10 [11].

### Результаты и обсуждение

**Коренные сообщества.** Древостои коренных сообществ – смешанные по составу (табл. 1), разновозрастные (60–230). В подросте преобладает *Picea obovata*. Подлесок редкий, в основном из *Sorbus aucuparia*. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus*, обилён *Gymnocarpium dryopteris*, постоянны *Dryopteris austriaca*, *Equisetum sylvaticum*, *Linnaea borealis*, *Luzula*

*pilosa*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*. Моховой ярус образован *Hylocomium splendens* и *Pleurozium shreberi*. Достаточно много крупномерного сухостоя и валежа всех стадий разложения, имеются вывалы.

**Производные сообщества пазек и пазечных волоков.** Рубка приводит к сильным изменениям условий экотопа даже на территориях со слабонарушенным напочвенным покровом (пасеки, волоки пазечные). Удаление древостоя, влекущее снижение суммарного испарения, уменьшение транспирации и испарения задержанных осадков, обуславливает увеличение влажности суглинистой почвы. Временное поверхностное переувлажнение почв на территории пазек и пазечных волоков «молодых» вырубков (период послерубочной сукцессии 1(2)–17(18) лет) индицируется внедрением и увеличением обилия влаголюбивых видов сосудистых растений (*Calamagrostis purpurea*, *Carex globularis*) и мхов (*Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum angustifolium*). Сильное осветление нижних ярусов по сравнению с коренным ельником ведёт к сильному обеднению видовой состава за счёт потери ряда лесных видов (рис. 1, 2). Практически полностью исчезают *Barbilophozia lycopodioides*, *B. hatcheri*, *Dryopteris austriaca*, *Goodyera repens*, *Hylocomiastrum umbratum*, *Phegopteris connectilis* и др. Значительное число лесных видов снижает постоянство и/или обилие: *Gymnocarpium dryopteris*, *Hylocomium splendens*, *Maianthemum bifolium*, *Melampyrum pratense*, *Oxalis acetosella*, *Pleurozium schreberi*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus*. Хотя в ходе сукцессии идёт внедрение не только влаголюбивых, но и светолучивых трав (*Aulacomnium palustre*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis purpurea*, *Carex globularis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Equisetum sylvaticum*, *Polytrichum commune*, *Rubus arcticus*), оно не может компенсировать эту потерю, в связи с чем видовой разнообразие производных сообществ пазек (ПС<sub>П</sub>) и производных сообществ пазечных волоков (ПС<sub>ВП</sub>) ниже, чем в коренных сообществах (рис. 1). Восстановление древостоя в ходе сукцессии способствует разбачиванию территорий вырубков и, следовательно, исчезновению или уменьшению обилия влаголюбивых видов; восстановлению светового режима и соответственно уменьшению числа луговых и опушечных видов. Структура 49(50)-летних послерубочных сообществ приближается

Таблица 1 / Table 1

Некоторые характеристики растительных сообществ в ходе послерубочной сукцессии  
Some characteristics of plant communities during post-cutting succession

Сообщества Communities	KE PSF	PC <sub>П</sub> / SC <sub>S</sub>			PC <sub>ВП</sub> / SC <sub>СТ</sub>			PC <sub>ВМ</sub> / SC <sub>МТ</sub>		
Длительность послерубочной сукцессии, лет Succession period, years	–	1 (2)	17 (18)	49 (50)	1 (2)	17 (18)	49 (50)	1 (2)	17 (18)	49 (50)
Древостой / Tree stand состав / composition	5Е4П1Б	7Е2П1Б	4Е3Б3П	5Е3Б2П	6Е3П1Б	8Е2Е+П	8Е2Е+П	–	9Б1Ос+Е+С	10Б+П+Е+Ос
сомкнутость крон crown density	0,5	< 0,1	0,5	0,6	< 0,1	0,2	0,6	–	0,7	0,6
количество, тыс. шт./га number, thous. inds./ha	0,7	2,5	7,1	3,2	0,2	4,7	2,2	–	21,0	2,6
высота, м / height, m	18,3	1,5	5	14	3	4	19	–	4,4	17,6
диаметр, см diameter, cm	22,7	–	6	15	3	5	15	–	2,9	13,2
Кустарниковый ярус / Shrub layer										
сомкнутость крон crown density	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	–	0,2	0,2
высота, м / height, m	4,0	2,7	2	4	1,5	2	4	–	2,9	5,6
Покровные ярусы, % / Vegetation cover, %										
травяно-кустарничковый herb-dwarf shrubby layer	50	30	20	40	20	20	40	55	30	50
мохово-лишайниковый moss-lichen layer	60	70	90	55	30	75	25	20	25	10
Число видов (на 100 м <sup>2</sup> ) / Species number (for 100 m <sup>2</sup> )										
сосудистых растений vascular plants	19	16	18	16	16	17	17	16	27	27
мхов / mosses	14	7	9	9	9	10	9	11	12	8
итого / total	33	23	27	25	25	27	26	27	40	35
Число описаний Number of descriptions	12	7	6	5	9	5	5	12	10	10
Всего видов во всех описаниях Total number of species in all descriptions	67	41	48	43	48	46	42	62	86	70

Примечание: в таблицах, рисунках и далее по тексту KE – сообщества коренного ельника; PC<sub>П</sub> – производные сообщества пазух; PC<sub>ВП</sub> – производные сообщества волоков пазух; PC<sub>ВМ</sub> – производные сообщества волоков магистральных. Прочерк обозначает отсутствие яруса.

Note: in tables, figures and further in the text PSF – communities of primary spruce forest; SC<sub>S</sub> – secondary communities of swaths; SC<sub>СТ</sub> – secondary communities at skidding trail; SC<sub>МТ</sub> – secondary communities of main trails. A dash means no plant layer.

к ненарушенным сообществам, однако внедрения стенобионтных лесных видов не отмечено, видовое разнообразие не достигает уровня, характерного для коренных ельников (рис. 1).

**Производные сообщества магистральных волоков.** На территориях сильно нару-

шенных магистральных волоков протекает квазипервичная сукцессия, характеризующаяся закономерной сменой травяной стадии через древесно-кустарниковую к древесной. Травостой 1(2)-летних PC<sub>ВМ</sub> формируют растения-индикаторы повышенного увлажнения (*Calamagrostis purpurea*, *Carex*

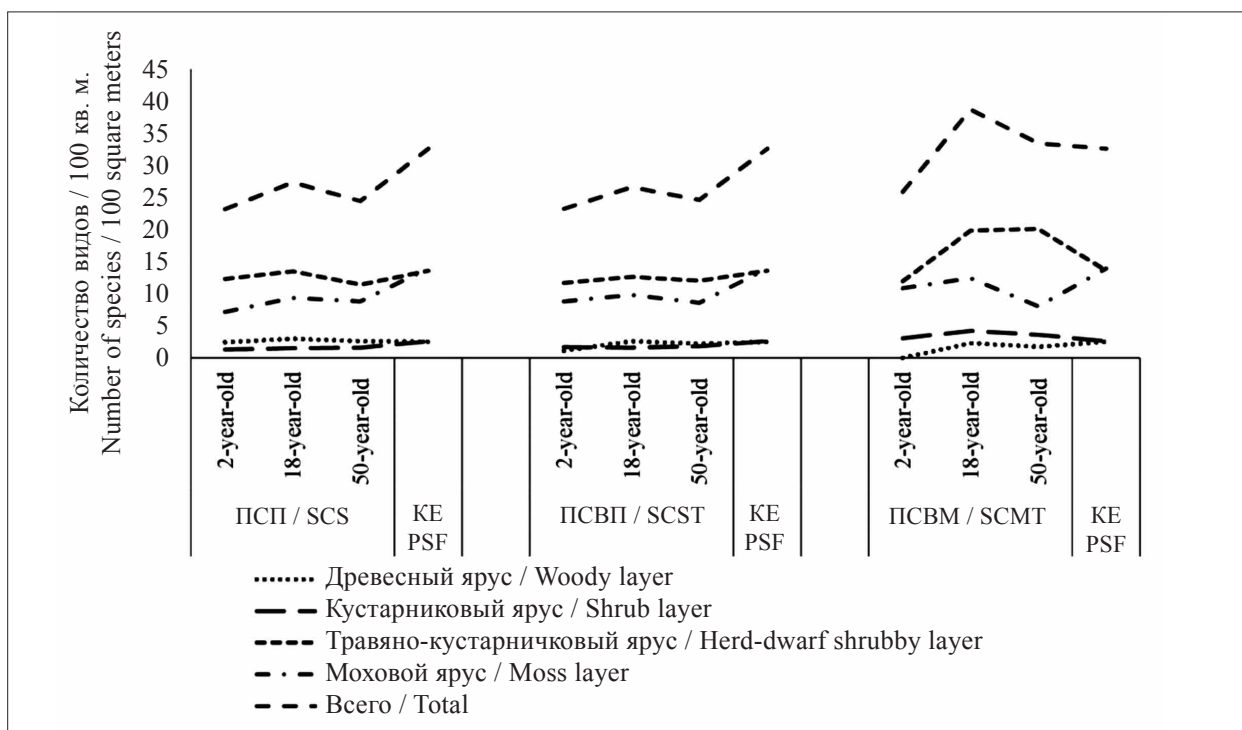


Рис. 1. Динамика видового богатства растительных сообществ в ходе послерубочной сукцессии  
 Fig. 1. The species richness dynamics of plant communities after clear cutting

*brunnescens*, *C. canescens*, *C. globularis*). Отмечены луговые и опушечные виды – *Agrostis gigantea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Poa pratensis*. Моховой покров состоит из пионерных, влаголюбивых и светолюбивых видов – *Aulacomnium palustre*, *Bryum* sp., *Ceratodon purpureus*, *Dicranella cerviculata*, *Pohlia* sp., *Polytrichum commune*, *Sphagnum angustifolium*, *S. russowii*. Лесные кустарнички, травы и мхи сохраняются на остатках подстилки. Начинается внедрение раннесукцессионных деревьев (*Betula pubescens*) и кустарников (*Salix caprea*, *S. myrsinifolia*, *S. phylicifolia*), формирующих древесный и кустарниковый ярусы в 17(18)-летних ПС<sub>ВМ</sub>. В последних в травяно-кустарничковом ярусе характерны растения-индикаторы избыточного увлажнения почв (*Calamagrostis purpurea*, *Carex canescens*, *Epilobium palustre*, *Juncus filiformis*) и виды, обычные для нарушенных местообитаний (*Chamaenerion angustifolium*, *Deschampsia cespitosa*). Моховой покров формируют пионерные (*Ceratodon purpureus*), болотные (*Sphagnum angustifolium*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*) и лесные мхи (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*). В 17(18)-летних ПС<sub>ВМ</sub> отмечено максимальное число видов (рис. 1). Это происходит за счёт некоторого «экотонного» эффекта между стадиями, когда максимальное накопление видов

эксплерентов первых стадий (луговых, болотных, опушечных) сопровождается началом восстановления разнообразия лесных видов. В 49(50)-летних ПС<sub>ВМ</sub>, когда древесный ярус смыкается, видовое разнообразие снижается (за счёт потери светолюбивых и влаголюбивых видов), но остаётся по-прежнему выше, чем в коренных сообществах (рис. 1).

Таким образом, рубка леса негативно сказывается на видовом разнообразии ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВП</sub>, занимающих основную площадь вырубки. Отмечено снижение видового разнообразия за счёт потери ряда лесных видов, которое не компенсируется за счёт внедрения светолюбивых и влаголюбивых видов, что подтверждает данные других исследователей [12]. Противоположная картина в ПС<sub>ВМ</sub> отмечена в связи с формированием сообществ из раннесукцессионных видов в ходе квазипервичной сукцессии с другими закономерностями динамики видового богатства. На первых стадиях послерубочной сукцессии в сообществах всех технологических элементов характерно увеличение видового разнообразия, а при смыкании древостоя – уменьшение, что согласуется с данными других исследователей [13].

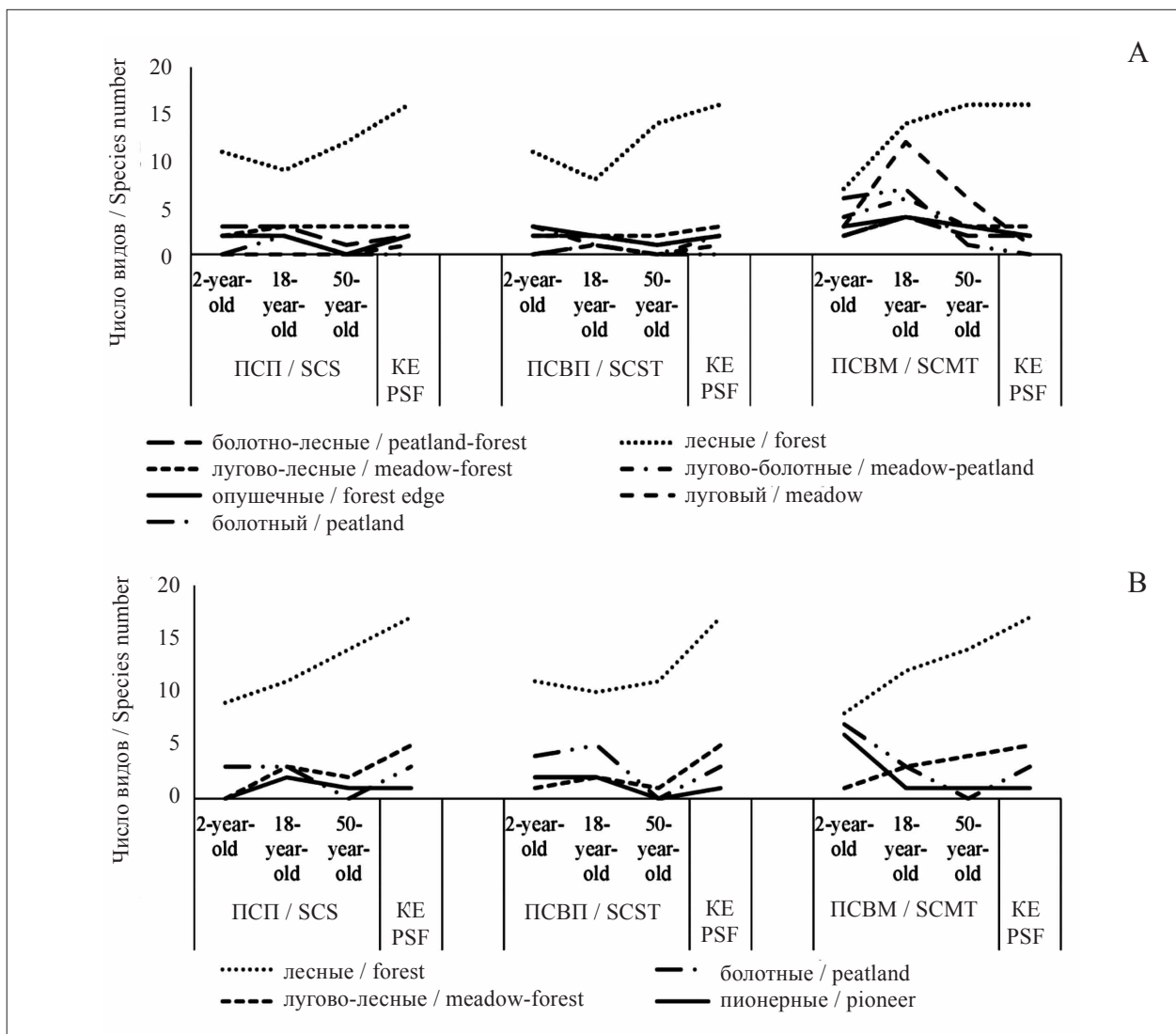
**Кривые накопления видов в коренных и производных сообществах.** Описанные закономерности хорошо визуализируют графики накопления видов, построенные методом



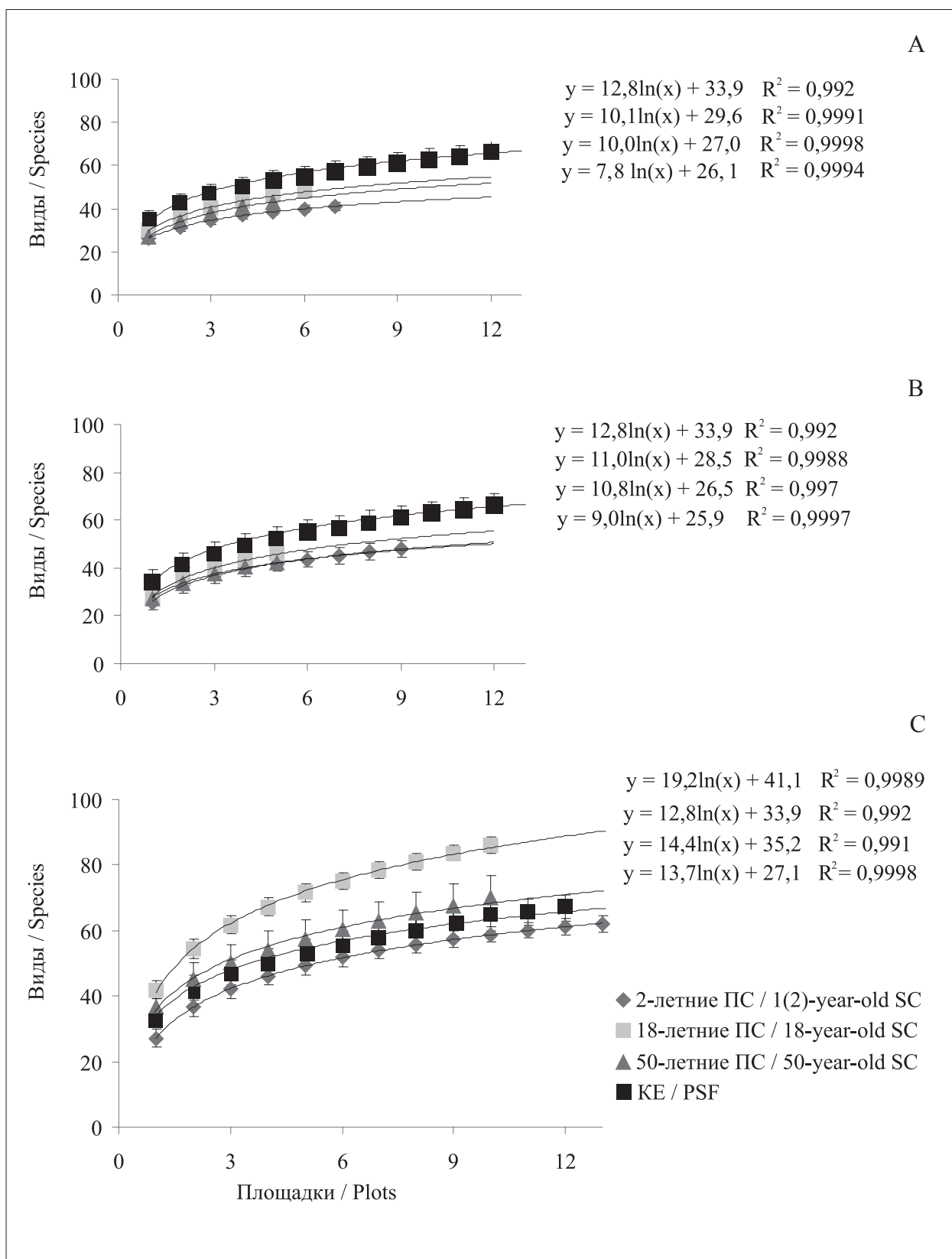
«разрежения» (рис. 3). Если в ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВП</sub> видовое разнообразие существенно ниже коренных сообществ, то в ПС<sub>ВМ</sub> – выше (исключение травяные фитоценозы первых лет сукцессии).

**Степень различий видового состава коренных и производных сообществ.** Ординация на основе коэффициентов Жаккара показала существенное различие между видовым составом сообществ сильно нарушенных магистральных волоков и слабонарушенных пастек, особенно на первых этапах сукцессии (в 1(2)- и 17(18)-летних производных сообществах); ПС<sub>ВП</sub> занимают, как правило, промежуточное положение между ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВМ</sub>. В ходе сукцессии разница сглаживается, производные сообщества приближаются по своему видовому строению к коренным сообществам (рис. 4).

**Динамика индексов биоразнообразия основных компонентов растительных сообществ.** В 1(2)-летних ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВП</sub> отмечено снижение разнообразия в древесном ярусе, которое увеличивается в 17(18)-летних сообществах, а затем в 49(50)-летних – опять снижается из-за высокой плотности сформировавшегося древостоя (табл. 2). Снижение биоразнообразия в кустарниковом и моховом ярусах, по сравнению с коренными сообществами, характерно практически для всех ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВП</sub> сукцессионного ряда. В травяно-кустарничковом ярусе за счёт внедрения свето- и влаголюбивых трав и снижения обилия доминантных видов коренного ельника биоразнообразия на первых этапах сукцессии увеличивается, но в 49(50)-летних сообществах снижается до значений более низких, чем в коренных сообществах.

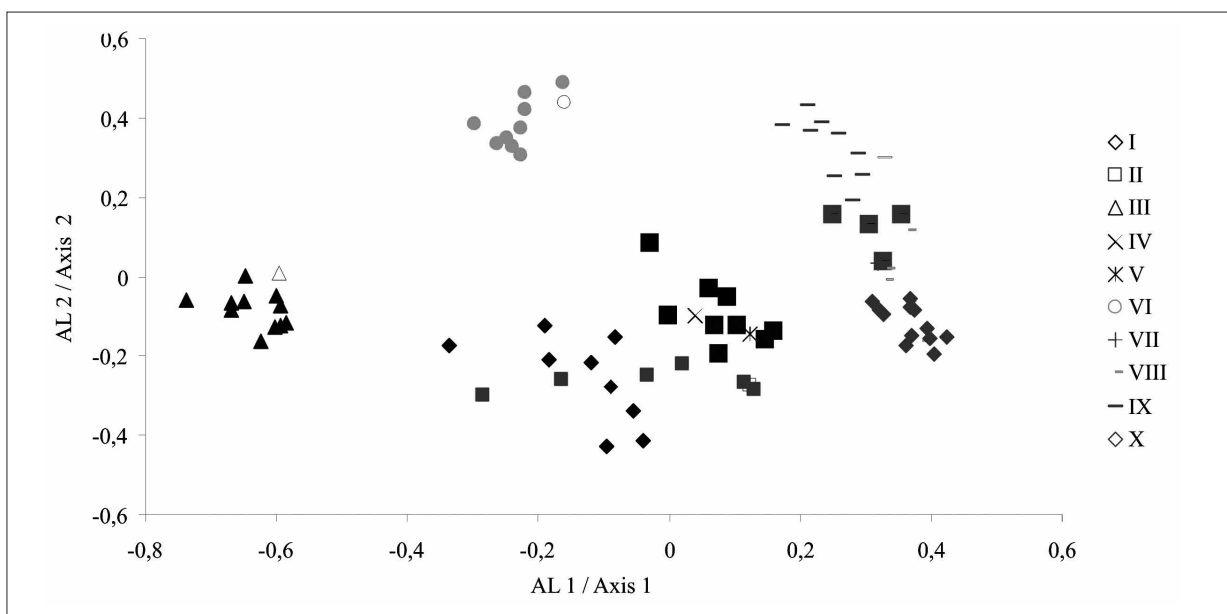


**Рис. 2.** Динамика эколого-ценотических групп травяно-кустарничкового (А) и мохового (В) ярусов растительных сообществ в ходе послерубочной сукцессии  
**Fig. 2.** The dynamics of ecologic-cenotic groups from herb-dwarf shrubby (A) and moss (B) layers of plant communities after clear cutting



**Рис. 3.** Кривые накопления видов: А – в сообществах КЕ и разновозрастных ПС<sub>П</sub>; В – в сообществах КЕ и разновозрастных ПС<sub>ВП</sub>; С – в сообществах КЕ и разновозрастных ПС<sub>ВМ</sub>. Планками погрешностей отмечена стандартная ошибка

**Fig. 3.** Species accumulation curves: А – in communities of PSF and in SC<sub>P</sub>; В – in communities of PSF and in SC<sub>VP</sub>; С – in communities of PSF and in SC<sub>VM</sub>. The error bars dedicate a standard deviation



**Рис. 4.** NMS-ординация сообществ коренного ельника и производных сообществ, приуроченных к разным технологическим элементам вырубки.

I – 1(2)-летние ПС<sub>ВП</sub>, II – 1(2)-летние ПС<sub>П</sub>, III – 1(2)-летние ПС<sub>ВМ</sub>,  
 IV – 17(18)-летние ПС<sub>ВП</sub>, V – 17(18)-летние ПС<sub>П</sub>; VI – 17(18)-летние ПС<sub>ВМ</sub>;  
 VII – 49(50)-летние ПС<sub>ВП</sub>; VIII – 49(50)-летние ПС<sub>П</sub>; IX – 49(50)-летние ПС<sub>ВМ</sub>; X – коренной лес

**Fig. 4.** NMS ordination of primary spruce forest communities and secondary communities located at different parts of clear-cut. I – 1(2)-year-old SC<sub>ST</sub>, II – 1(2)-year-old SC<sub>S</sub>, III – 1(2)-year-old SC<sub>MT</sub>,  
 IV – 17(18)-year-old SC<sub>ST</sub>, V – 17(18)-year-old SC<sub>S</sub>; VI – 17(18)-year-old SC<sub>MT</sub>;  
 VII – 49(50)-year-old SC<sub>ST</sub>; VIII – 49(50)-year-old SC<sub>S</sub>; IX – 49(50)-year-old SC<sub>MT</sub>; X – primary forest

В ходе квазипервичных сукцессий в ПС<sub>ВМ</sub> за 50 лет сукцессионных изменений восстановление биоразнообразия древесного яруса не происходит, индексы биоразнообразия имеют более низкие значения по сравнению с коренными сообществами. Биоразнообразие остальных ярусов выше, чем в ненарушенном ельнике, за счёт их большего видового богатства и большей выравненности видов по обилию. Подобная закономерность характерна для первичных сукцессий [14].

Таким образом, на вырубках зафиксировано увеличение индексов разнообразия для травяно-кустарничкового яруса ПС<sub>П</sub> и ПС<sub>ВП</sub>, а в ПС<sub>ВМ</sub> практически для всех ярусов. При этом в производных сообществах целый ряд стенобионтных лесных видов исчезает. В отношении сообществ сукцессионного ряда необходимо чётко понимать динамику биоразнообразия и факторы на неё влияющие. Простая формула «чем больше разнообразие, тем лучше» вряд ли в данном случае может иметь место.

### Заключение

В производных сообществах на территории пасек и пасечных волоков в биоклиматических условиях средней тайги наблюдается законо-

мерное снижение общего видового богатства сообществ и биоразнообразия в древесном, кустарничковом и моховом ярусах и возрастание – в травяно-кустарничковом в результате внедрения луговых, опушечных, болотных видов при уменьшении обилия доминантов лесных экосистем.

Наиболее негативно промышленная рубка леса сказывается на видовом разнообразии лесных видов, что выражается в их потере (особенно стенобионтов), уменьшении обилия и константности. Флористический состав нарушенного лесного фитоценоза не восстанавливается спустя пятьдесят лет после антропогенного воздействия.

На сильнонарушенных участках лесосеки (волоки магистральные) в производных сообществах отмечено как возрастание общего видового богатства, так и биоразнообразия во всех ярусах, кроме древесного. Фиксируемое возрастание показателей происходит благодаря формированию сообществ из наиболее активных видов разных эколого-ценотических групп.

*Работа выполнена в рамках темы НИР отдела почвоведения на 2022–2024 гг. «Криогенез как фактор формирования и эволюции почв арктических и бореальных экосистем европейского Северо-Востока в условиях современных*



Таблица 2 / Table 2

Динамика индексов разнообразия сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных  
The dynamics of diversity indexes of plant communities after clear-cutting

Сообщество / Community		KE / PSF		PC <sub>п</sub> / SC <sub>s</sub>		PC <sub>вп</sub> / SC <sub>ст</sub>		PC <sub>вм</sub> / SC <sub>мт</sub>			
		1(2)- year-old	17(18)- year-old	49(50)- year-old	1(2)- year-old	17(18)- year-old	49(50)- year-old	1(2)- year-old	17(18)- year-old	49(50)- year-old	
Показатель / Index		Древесный ярус / Woody layer									
Число видов / Number of species	S	2,5±0,3	2,4±0,5	3,0±0,0	2,6±0,7	1,1±1,1	2,6±0,7	2,2±1,0	–	2,3±0,6	1,7±0,5
Сумма покрытий / Sum paving, %		50,3±4,7	14,1±4,2	45,8±9,7	60,0±8,9	3,9±3,6	21,6±3,3	64,0±11,2	–	68,0±3,1	59,0±6,4
Значения индексов	Симпсона / Simpson	1-D	0,50±0,07	0,48±0,07	0,54±0,14	0,49±0,13	0,28±0,26	0,45±0,27	–	0,13±0,06	0,10±0,07
Indices values	Шеннона / Shannon	H	0,78±0,12	0,77±0,15	0,91±0,19	0,78±0,22	0,42±0,41	0,73±0,40	–	0,38±0,13	0,19±0,13
	Менхинника / Menhinick		0,35	0,68	0,45	0,33	0,38	0,56	–	0,28	0,22
	Маргалефа / Margalef		0,38	0,57	0,53	0,39	0,31	0,52	–	0,31	0,17
Кустарниковый ярус/подлесок / Shrub layer/undergrowth											
Число видов / Number of species	S	2,6±0,4	1,3±0,5	1,5±0,6	1,6±0,7	1,7±0,5	1,6±0,7	1,8±1,0	3,1±0,7	4,2±0,7	3,6±0,8
Сумма покрытий / Sum paving, %		10,0±0,1	9,1±4,5	16,3±7,0	18,8±4,1	7,8±3,3	19,6±2,6	23,0±10,3	3,1±0,7	22,6±4,1	16,4±3,8
Значения индексов	Симпсона / Simpson	1-D	0,55±0,10	0,12±0,17	0,07±0,09	0,15±0,21	0,27±0,19	0,14±0,26	1,00±0,00	0,53±0,05	0,59±0,14
Indices values	Шеннона / Shannon	H	0,88±0,19	0,16±0,22	0,15±0,18	0,25±0,33	0,37±0,28	0,22±0,35	1,35±0,35	1,02±0,14	1,09±0,30
	Менхинника / Menhinick		0,82	0,51	0,39	0,38	0,64	0,36	1,73	0,91	0,91
	Маргалефа / Margalef		0,69	0,12	0,19	0,21	0,29	0,20	1,75	1,05	0,95
Травяно-кустарничковый/травяной ярус / Herb-dwarf shrubby/herbaceous layer											
Число видов / Number of species	S	13,6±0,9	12,3±2,1	13,5±2,4	11,4±2,1	11,7±1,6	12,6±2,6	12,0±2,3	11,9±1,5	19,8±2,0	20,1±2,1
Сумма покрытий / Sum paving, %		53,8±10,3	27,1±9,4	49,8±6,7	40,2±7,3	23,1±9,8	20,4±10,8	39,4±10,8	56,2±9,9	30,8±2,9	52,8±12,1
Значения индексов	Симпсона / Simpson	1-D	0,72±0,08	0,84±0,12	0,92±0,08	0,81±0,14	0,87±0,12	0,93±0,06	0,82±0,15	0,94±0,02	0,80±0,09
Indices values	Шеннона / Shannon	H	1,88±0,25	2,33±0,40	2,69±0,36	2,09±0,50	2,38±0,36	2,62±0,27	2,16±0,46	3,03±0,19	2,44±0,40
	Менхинника / Menhinick		1,92	2,52	3,10	1,81	2,60	2,90	1,93	3,58	2,91
	Маргалефа / Margalef		3,22	3,57	4,26	2,83	3,57	3,96	2,75	5,49	4,95
Моховой ярус / Moss layer											
Число видов / Number of species	S	13,9±1,9	7,1±0,8	9,3±2,8	8,8±0,6	8,8±1,6	9,8±3,7	8,6±1,9	10,8±1,9	12,4±1,6	8,0±1,0
Сумма покрытий / Sum paving, %		61,3±7,0	68,7±9,8	93,3±3,7	54,6±24,1	28,8±12,5	74,0±16,6	23,4±10,6	19,8±3,5	23,9±5,9	13,0±6,9
Значения индексов	Симпсона / Simpson	1-D	0,76±0,06	0,69±0,06	0,65±0,13	0,72±0,18	0,86±0,05	0,67±0,11	0,88±0,07	0,84±0,06	0,76±0,14
Indices values	Шеннона / Shannon	H	1,99±0,25	1,50±0,12	1,47±0,32	1,75±0,46	2,10±0,26	1,61±0,48	2,25±0,28	2,19±0,46	2,27±0,26
	Менхинника / Menhinick		1,79	0,88	0,97	1,25	1,75	1,17	2,45	2,66	2,45
	Маргалефа / Margalef		3,15	1,46	1,84	2,00	2,41	2,51	3,31	3,71	2,99

Примечание: приведены средние значения показателей ± границы доверительного интервала,  $P = 0,95$ .  
Note: average values of the indicators ± confidence intervals are given,  $P = 0,95$ .

антропогенных воздействий, глобальных и региональных климатических трендов», регистрационный номер: 122040600023-8.

### Литература

1. Butt N., Beyer H.L., Bennett J.R., Biggs D., Maggini R., Mills M., Possingham H.P. Biodiversity risks from fossil fuel extraction // *Science*. 2013. V. 342 (6157). P. 425–426.
2. Усольцев В.А. Биоразнообразие в экосистемах: краткий обзор проблемы // *Эко-потенциал*. 2019. № 1 (25). С. 9–47.
3. Bambalan J.M., Palapal I.K.S., Guleng R.V., Coracero E.E., Gallego R.B.J., Suniega M.J.A. Tree diversity and carbon stock in North Poblacion and South Poblacion (Dipaculao, Aurora, Philippines) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 2. P. 198–208.
4. Llerena S., Toasa G., Kurbatova A.I. NDVI – alpha diversity relationship in tropical montane cloud forest of Ecuador // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 3. P. 58–67.
5. Laurila-Panta M., Lehtikoinen A., Uusitalo L., Venesjärvi R. How to value biodiversity in environmental management? // *Ecological Indicators*. 2015. V. 55. P. 1–11.
6. Мартыненко В.А. Темнохвойные леса // *Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М.: «Дизайн. Информация. Картография», 1999. С. 133–183.*
7. Бурова Н.В., Торбик Д.Н., Феклистов П.А. Изменение флористического разнообразия после выборочных рубок в ельниках черничных // *Лесной вестник*. 2010. № 5. С. 49–52.
8. Лиханова И.А., Перминова Е.М., Шушпанникова Г.С., Железнова Г.В., Пыстина Т.Н., Холопов Ю.В. Динамика растительности после сплошнолесосечных рубок ельников черничных (среднетаёжная подзона европейского северо-востока России) // *Растительность России*. 2021. № 40. С. 108–136.
9. Magurran A. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, New Jersey: Published in Springer Netherlands, 1988. 179 p.
10. Vasilevich V.I. Species diversity of plants // *Contemporary Problems of Ecology*. 2009. V. 2. No. 4. P. 297–303.
11. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4. No. 1. Article No. 4 [Электронный ресурс] [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (Дата обращения: 27.06.2022).
12. Лиханова Н.В. Изменение биоразнообразия и массы растений напочвенного покрова ельников средней тайги после сплошнолесосечной рубки // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1309–1312.
13. Ильчуков С.В. Динамика структуры лесного покрова на сплошных вырубках (подзона средней тайги Республики Коми). Екатеринбург: Наука, 2003. 120 с.
14. Whittaker R.H. *Communities and ecosystems*. New York: Macmillan; London: Collier Macmillan, 1975. 385 p.

### References

1. Butt N., Beyer H.L., Bennett J.R., Biggs D., Maggini R., Mills M., Possingham H.P. Biodiversity risks from fossil fuel extraction // *Science*. 2013. V. 342 (6157). P. 425–426. doi: 10.1126/science.1237261
2. Usoltsev V.A. Biodiversity in ecosystems: a brief analysis of the problem // *Eko-potentsial*. 2019. No. 1 (25). P. 9–47 (in Russian).
3. Bambalan J.M., Palapal I.K.S., Guleng R.V., Coracero E.E., Gallego R.B.J., Suniega M.J.A. Tree diversity and carbon stock in North Poblacion and South Poblacion (Dipaculao, Aurora, Philippines) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 2. P. 198–208. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-198-208
4. Llerena S., Toasa G., Kurbatova A.I. NDVI – alpha diversity relationship in tropical montane cloud forest of Ecuador // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 3. P. 58–67. doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-058-067
5. Laurila-Panta M., Lehtikoinen A., Uusitalo L., Venesjärvi R. How to value biodiversity in environmental management? // *Ecological Indicators*. 2015. V. 55. P. 1–11. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.02.034
6. Martynenko V.A. Dark coniferous forests // *Forests of the Komi Republic. Moskva: “Design. Information Cartography”, 1999. P. 133–183 (in Russian).*
7. Burova N.V., Torbik D.N., Feklistov P.A. Change of a floristic diversity after selective fellings in fir groves bilberry // *Forestry Bulletin*. 2010. No. 5. P. 49–52 (in Russian).
8. Likhonova I.A., Perminova E.M., Shushpannikova G.S., Zheleznova G.V., Pystina T.N., Kholopov Yu.V. Dynamics of vegetation after clearcutting bilberry spruce forests (middle taiga subzone of the european north-east of Russia) // *Rastitelnost Rossii*. 2021. No. 40. P. 108–136 (in Russian). doi: 10.31111/vegrus/2021.40.108
9. Magurran A. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, New Jersey: Published in Springer Netherlands, 1988. 179 p. doi: 10.1007/978-94-015-7358-0
10. Vasilevich V.I. Species diversity of plants // *Contemporary Problems of Ecology*. 2009. V. 2. No. 4. P. 297–303. doi: 10.1134/S1995425509040018
11. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4. No. 1. Article No. 4 [Internet resource] [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (Accessed: 27.06.2022).
12. Likhonova N. Biodiversity and biomass changes of ground cover plants on clear felling sites of spruce forests in the middle taiga // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2012. V. 14. No. 1 (5) P. 1309–1312 (in Russian).
13. Ilchukov S.V. Dynamics of the structure of forest cover on clear cuts (middle taiga subzone, Komi Republic). Ekaterinburg: Nauka, 2003. 120 p. (in Russian).
14. Whittaker R.H. *Communities and ecosystems*. New York: Macmillan; London: Collier Macmillan, 1975. 385 p.