



Всероссийская научная конференция с
международным участием
V конференция НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

(25-29 апреля 2022 г.)



ВЛИЯНИЕ СПЛОШНОЛЕСОСЕЧНЫХ РУБОК НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ ЧЕРНИЧНЫХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Докладчик:

Генрих Эдвард Александрович

Соавторы: И.А. Лиханова, Е.М. Перминова, Е.М. Лаптева,

Т.Н. Пыстина, Г.В. Железнова, Ю.В. Холопов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Актуальность исследования

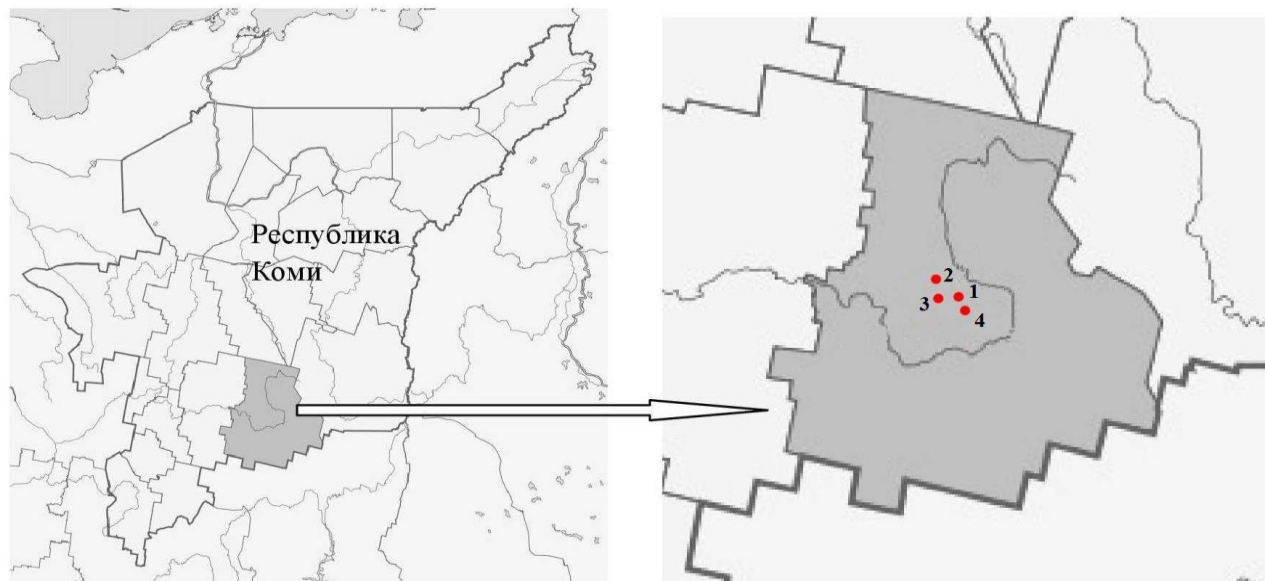
- Сохранение биологического разнообразия – один из важных принципов устойчивого лесопользования. Необходимость учета и сохранения биоразнообразия продиктована требованиями законодательства РФ, международных конвенций и договоров, ратифицированных РФ.
- Ельники зеленомошные на европейском северо-востоке России являются зональным типом еловых лесов, развивающимся на плакорах и наиболее приспособленным к климатическим и эдафическим условиям таежной зоны
- Наиболее значительное негативное воздействие на лесные сообщества оказывают промышленные рубки.
- Вопросам сохранения и восстановления биологического разнообразия при лесозаготовительной деятельности стало уделяться внимание лишь в последние годы. В связи с этим, возрастает актуальность изучения послерубочной динамики изменения биоразнообразия еловых сообществ

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

Задачи:

- Определить видовое богатство и выровненность сообществ коренного ельника мелкотравно-чернично-зеленомошного и разновозрастных производных послерубочных сообществ.
- Сравнить видовой состав коренных и производных растительных сообществ, формирующихся и изменяющихся в ходе послерубочной сукцессии.

Район исследований и характеристика климата



● - объекты исследования / objects of study

1-вырубка 2017-2018 гг. (1(2)-летние производные сообщества (ПС),
 2-вырубка 2001-2002 гг., (17(18)-летние ПС),
 3-вырубка 1969-1970 гг., (48(49)-летние ПС),
 4-коренной ельник (КЕ)

Параметр		Показатель
Температура воздуха, °С	среднегодовая	+0.3
	самого теплого месяца (июль)	+17.3
	самого холодного месяца (январь)	-16.5
Абсолютная температура воздуха, °С	максимальная	+36
	минимальная	-49
Продолжительность периода (дни) с температурой воздуха выше:	0 °С	180
	5 °С	140
	10 °С	95
	15 °С	40
Продолжительность безморозного периода, дни		90-100
Сумма положительных температур, °С		1907
Сумма температур выше 10°С		1476
Глубина промерзания почвы, см		68
Мощность снежного покрова, см		85
Сумма осадков за год, мм		514
Сумма осадков за V-IX месяцы, мм		370-400

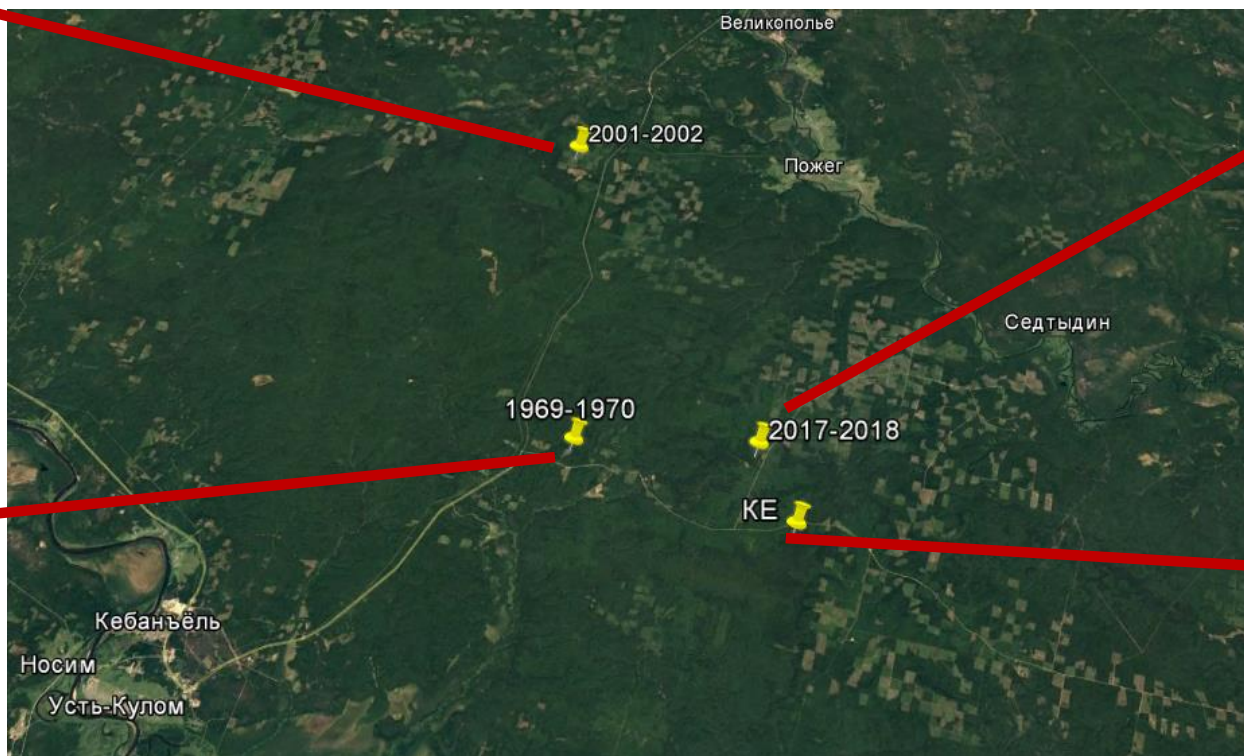
Объекты исследования



Вырубка 2017-2018 гг.
(1(2)-летние производные
сообщества (ПС))



Вырубка 1969-1970 гг.,
(48(49)-летние ПС)



Вырубка 2001-2002 гг.,
(17(18)-летние ПС)



Коренной ельник (КЕ)

Объектами исследования послужили сообщества коренного ельника мелкотравно-чернично-зеленомошного и 1(2)-летние, 17(18)-летние и 48(49)-летние производные сообщества, сформировавшиеся после зимних сплошнолесосечных рубок, осуществленных в разные годы в том же типе леса в схожих лесорастительных условиях на суглинистых подзолистых текстурно-дифференцированных почвах.

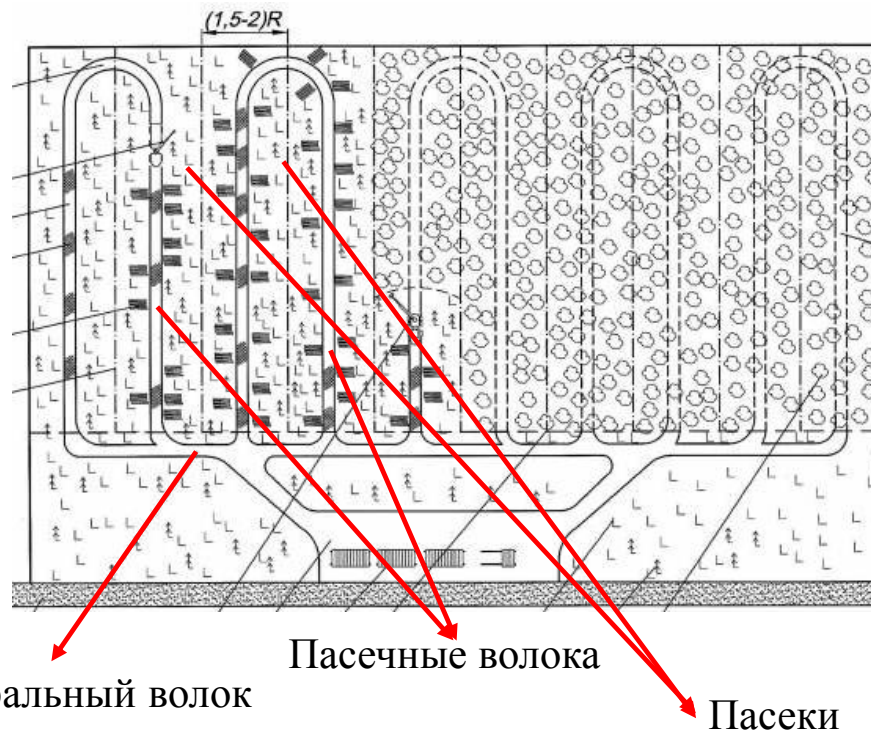
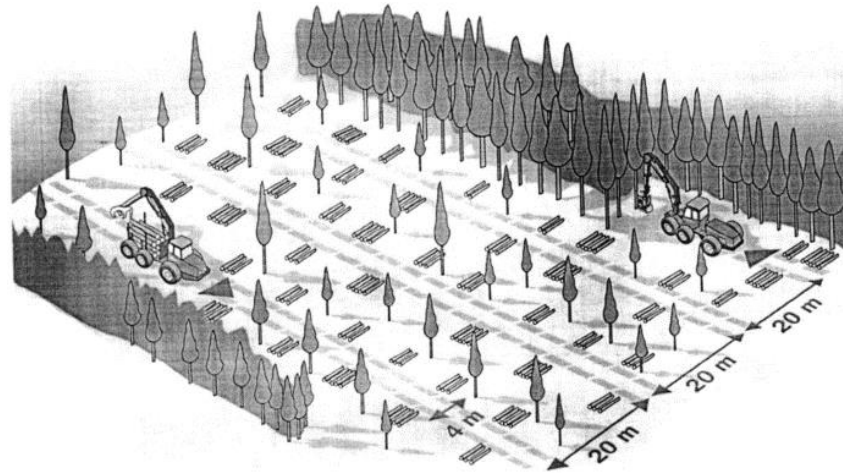
Харвестер



Форвадер



Схема рубки



Магистральный волок

Пасечные волока

Пасеки

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 (П) составляла 70–80 %, пасечных волоков (ПВ) — 20–30 %, магистрального волока (МВ) до 10 %. Проведение рубок в зимний период, по сравнению с летним, обуславливает незначительное нарушение травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов на пасечных участках. Пасечные волоки характеризовались захлаплением порубочными остатками, которые покрывали в среднем 34 % поверхности. На территории магистральных волоков растительный покров и верхние горизонты почвы практически полностью уничтожались под действием лесозаготовительной техники.

Материалы и методы исследования

- Проанализировано 81 геоботаническое описание коренных и производных сообществ. Описания выполнены в 2019–2020 гг. на площадках в 100 м².
- Кривые накопления видов построены методом «разрежения» (Мэгарран, 1992).
- Мерой альфа-разнообразия служили индексы: 1) Симпсона (D) в форме $1-D$; 2) Шеннона (H); 3) Менхиника (D_{Mn}); 4) Маргалефа (D_{Mg}). Индексы разнообразия высчитывались отдельно для древесного, кустарникового, травяно-кустарничкового/травяного и мохового ярусов (Василевич, 2009).
- Построение кривых накопления видов и расчеты индексов произведены в программе Past 4.10 (Hammer et al., 2001).
- Ординация сообществ выполнена с помощью метода неметрического многомерного шкалирования — NMS в программе ExcelToR. В качестве меры общности сообществ применен коэффициент Жаккара (Novakovskiy, 2016).

Древостой	состав	5Е4П1Б
	сомкнутость крон	0.5
	количество, тыс. шт./га	0.7
	высота, м	18.3
	диаметр, см	22.7
Покрытие ярусов, %		
травяно-кустарничковый		45
мохово-лишайниковый		60
Видовая насыщенность, число видов/100 м ²		
сосудистых растений		19
МХОВ		14
Общее число видов в 12 описаниях		63

Ельник мелкотравно-чернично-зеленомошный (коренной ельник)



Древостои коренных сообществ — смешанные по составу (5Е4П1Б), разновозрастные (60–230). В подросте преобладает *Picea obovata*. Подлесок редкий, в основном из *Sorbus aucuparia*. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus*, обилен *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.

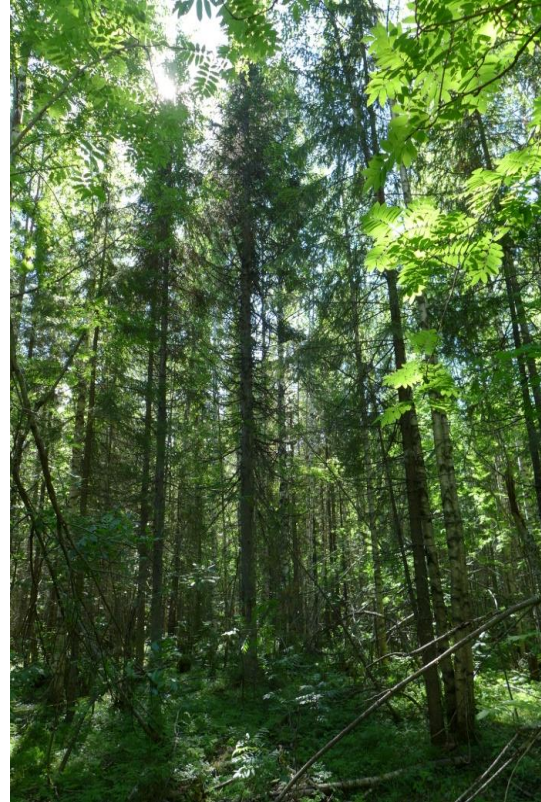
Динамика сообществ в ходе послерубочной сукцессии на пасеках и пасечных волоках



1(2)-летнее ПС
Вырубка осоково-
долгомошно-
зеленомошная



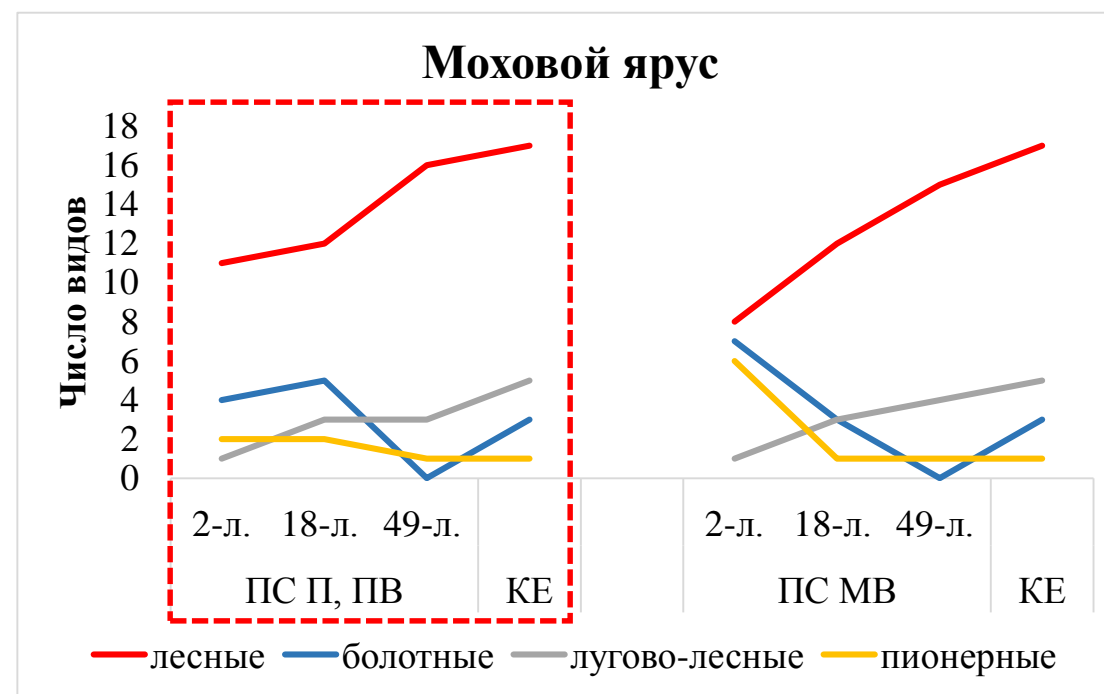
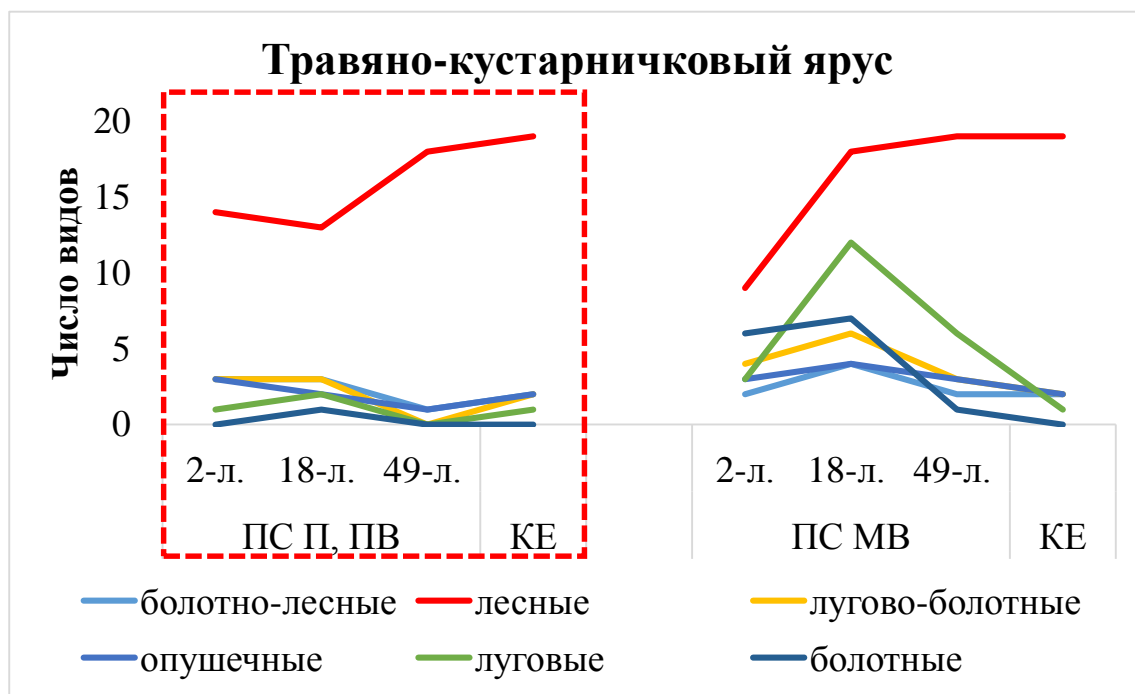
17(18)-летнее ПС
Елово-березовый
молодой лес
разнотравно-
зеленомошный



48(49)-летнее ПС
Елово-березовый лес
мелкотравно-
чернично-
зеленомошный

На территориях со слабонарушенным напочвенным покровом (пасеки, пасечные волока) удаление древостоя обуславливает увеличение освещенности и влажности почвы. Начинается внедрение влаголюбивых и светолюбивых видов (*Aulacomnium palustre*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis purpurea*, *Carex globularis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Polytrichum commune*) и потеря /снижение обилия лесных видов (*Barbilophozia hatcheri*, *Dryopteris austriaca*, *Goodyera repens*, *Hylocomiastrum umbratum* и др.). Восстановление древостоя в ходе сукцессии способствует разболачиванию территорий и восстановлению светового режима, что ведет к исчезновению / снижению обилия влаголюбивых видов и луговых, опушечных видов. Структура 48(49)-летних послерубочных сообществ приближается к сообществам коренного ельника, однако, внедрение стенобиотных лесных видов не отмечено.

Динамика эколого-ценотических групп в ходе послерубочной сукцессии



ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообществ пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

КЕ – коренной ельник

Динамика производных сообществ в ходе послерубочной сукцессии на магистральных волоках (квазипервичная сукцессия)



1(2)-летнее ПС
Злаково-осоковое
сообщество



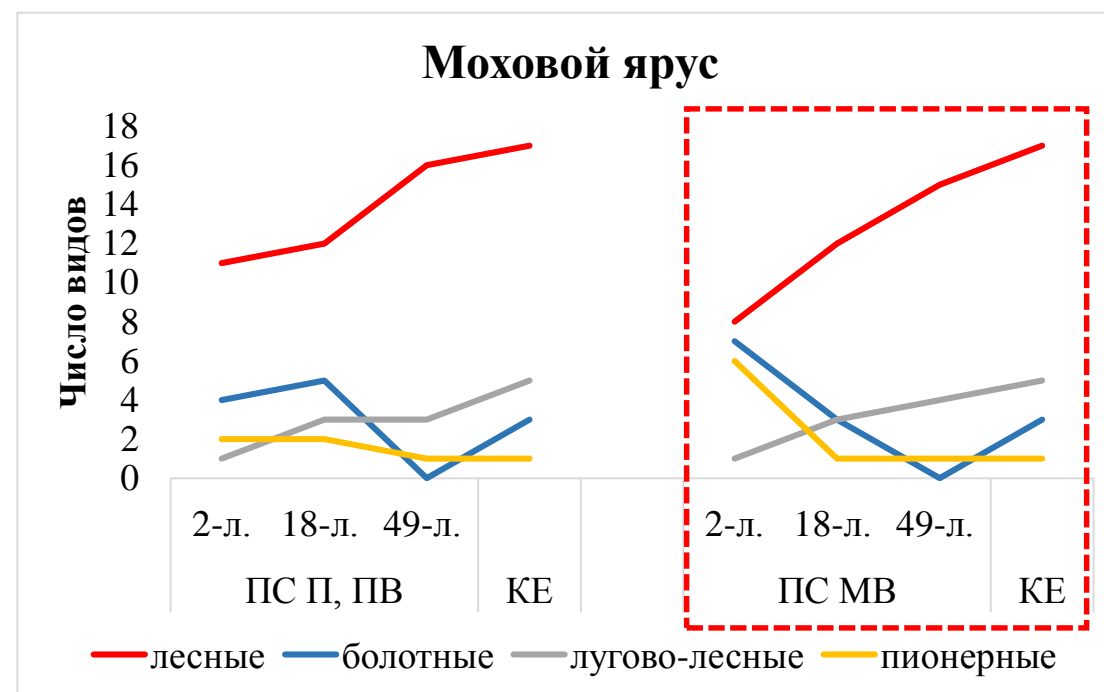
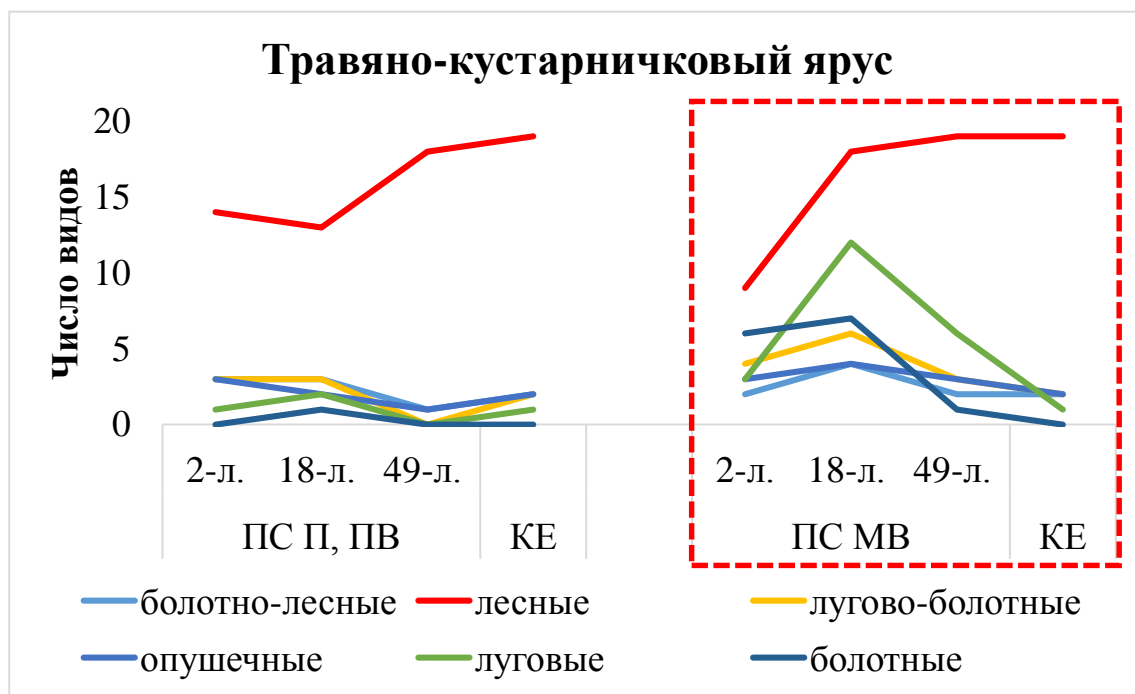
17(18)-летнее ПС
Молодой березняк с ивой
злаково-разнотравный



48(49)-летнее ПС
Березняк
папоротничковый

На сильно нарушенных МВ протекает квазипервичная сукцессия, характеризующаяся сменой травяной стадии, через древесно-кустарниковую, к древесной. Травостой 1(2)-летних ПС МВ формируют растения-индикаторы повышенного увлажнения (*Calamagrostis purpurea*, *Carex brunnescens*, *C. canescens*, *C. globularis*). Моховой покров состоит из пионерных, влаголюбивых и светолюбивых видов — *Aulacomnium palustre*, *Bryum* sp., *Ceratodon purpureus*, *Dicranella cerviculata*, *Pohlia* sp., *Polytrichum commune*, *Sphagnum* sp. Начинается внедрение раннесукцессионных деревьев (*Betula* sp.) и кустарников (*Salix* sp.), формирующих древесный и кустарниковый яруса в 17(18)-летних ПС. В последних в ТКЯ сохраняются влаголюбивые виды, усиливается ценотическая роль обычных для нарушенных местообитаний *Chamaenerion angustifolium*, *Deschampsia cespitosa* и др. Моховой покров формируют пионерные, болотные и лесные мхи. В 48(49)-летних ПС МВ древесный ярус смыкается в нижних ярусах начинают преобладать лесные виды.

Динамика эколого-ценотических групп в ходе послерубочной сукцессии



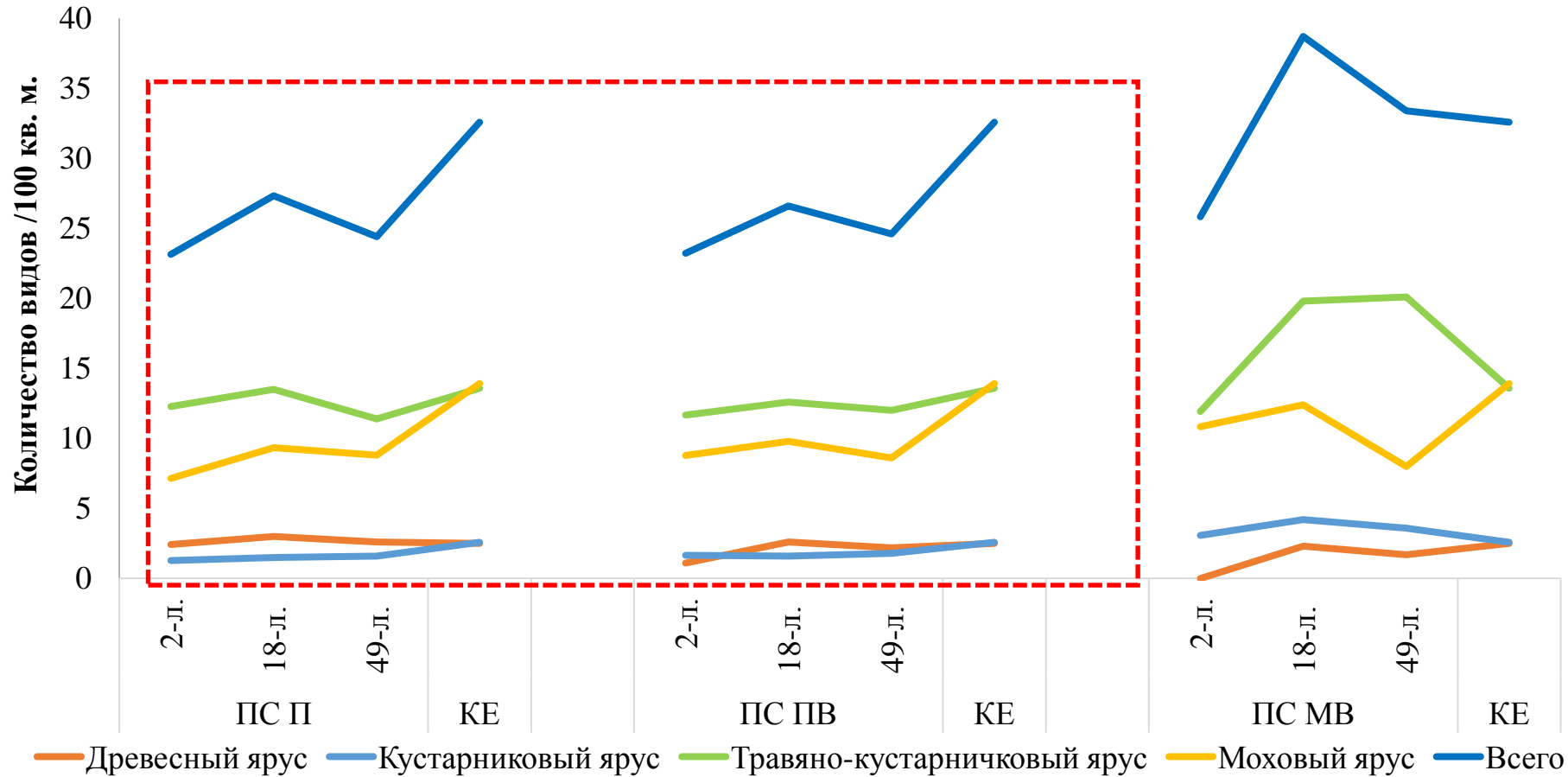
ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообщества пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

КЕ – коренной ельник

Динамика видового богатства в сообществах



Участки пасеки и пасечных волоков практически не отличаются по видовому богатству ярусов. Увеличение показателя практически для всех ярусов характерно в 17(18)-летних ПС II и ПВ, за счет внедрения не характерных для лесных экосистем видов. Со смыканием древостоя в 48(49)-летних ПС II и ПВ они элиминируются и видовое богатство становится ниже чем в сообществах KE.

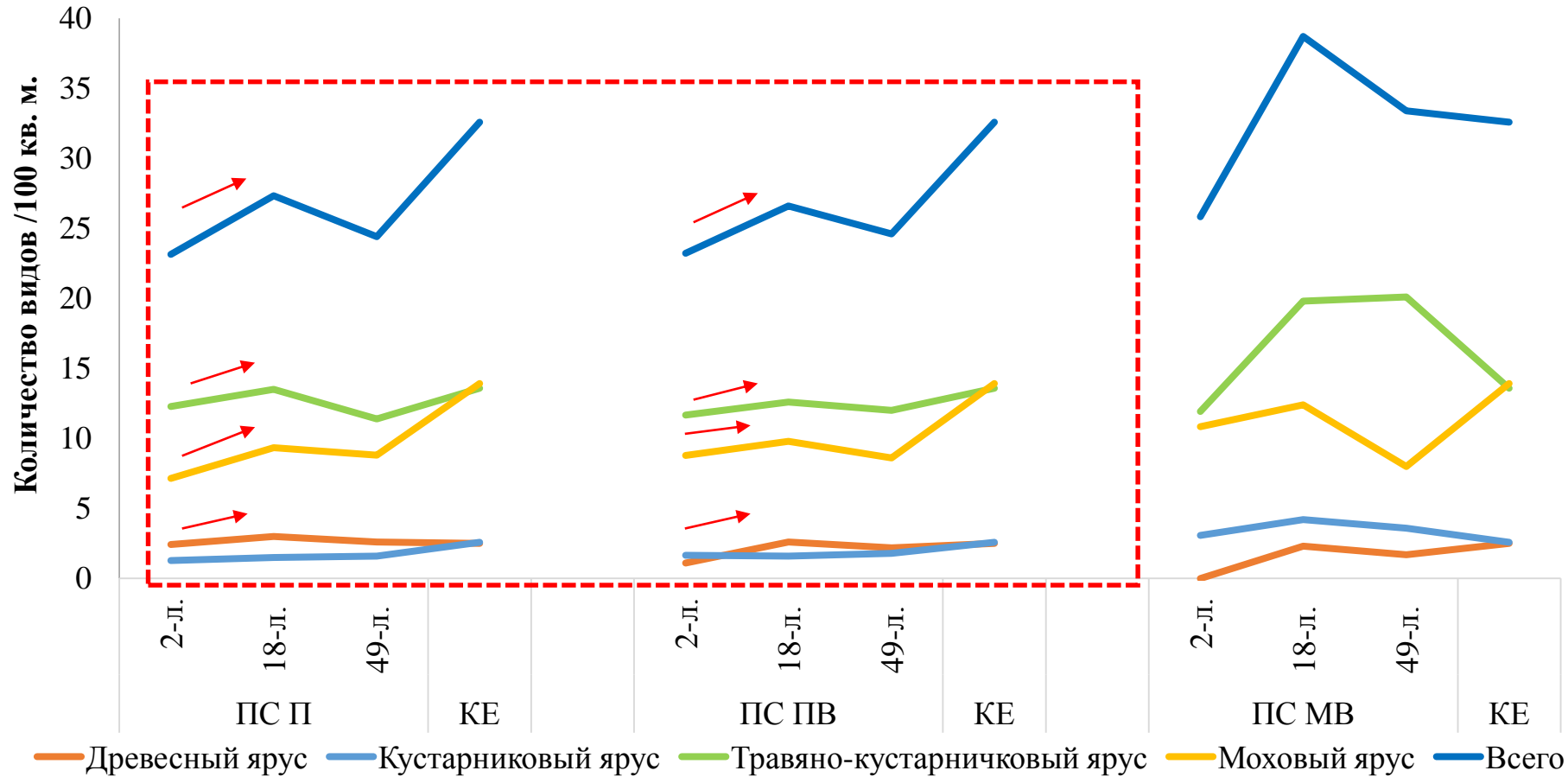
ПС II – производные сообщества пасек

ПС PV – производные сообщества пасечных волоков

ПС MB – производные сообщества магистральных волоков

KE – коренной ельник

Динамика видового богатства в сообществах



Участки пасеки и пасечных волоков практически не отличаются по видовому богатству ярусов. Увеличение показателя практически для всех ярусов характерно в 17(18)-летних ПС П и ПВ, за счет внедрения не характерных для лесных экосистем видов. Со смыканием древостоя в 48(49)-летних ПС П и ПВ они элиминируются и видовое богатство становится ниже чем в сообществах КС.

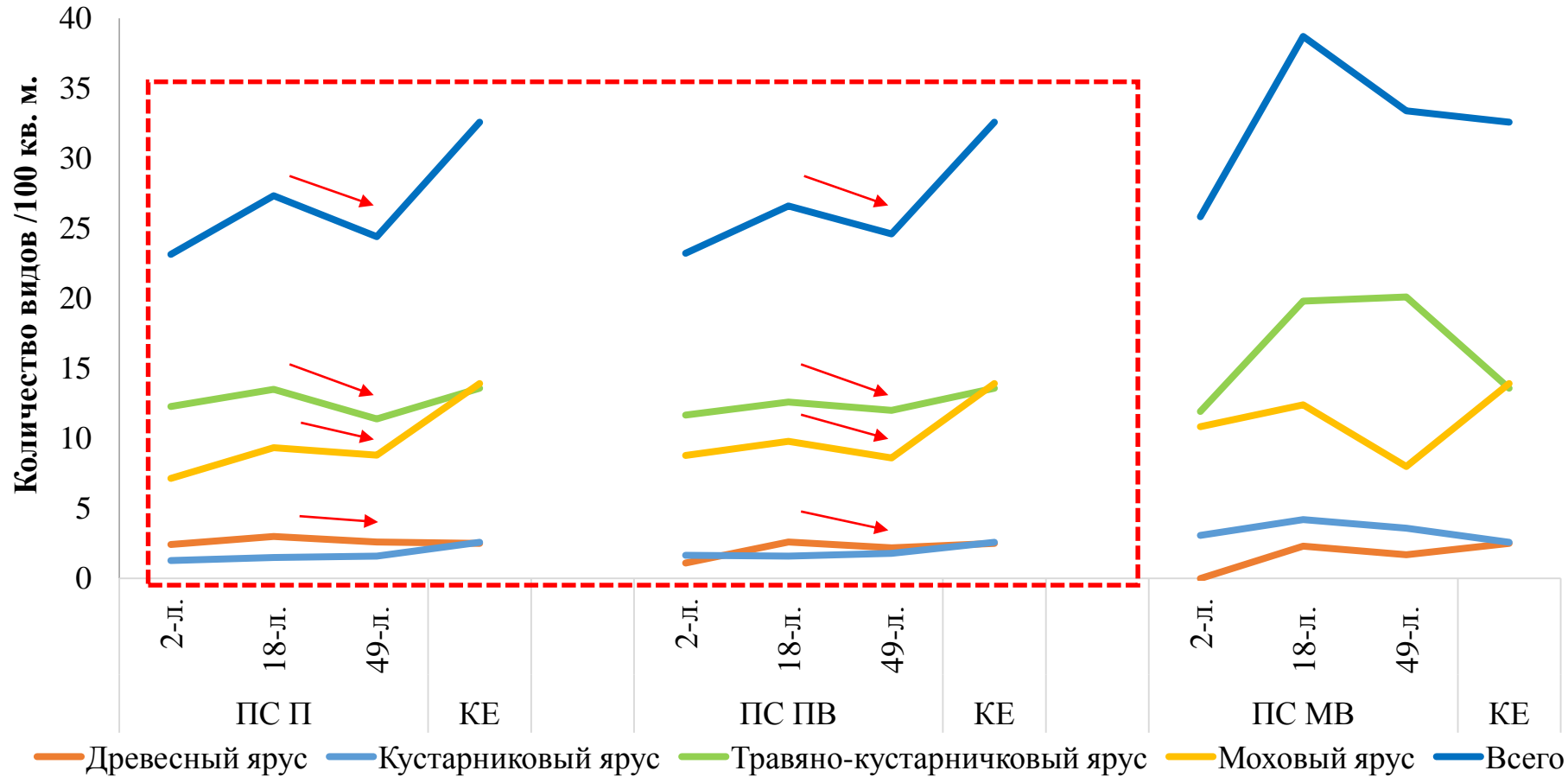
ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообщества пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

КС – коренной ельник

Динамика видового богатства в сообществах



Участки пасеки и пасечных волоков практически не отличаются по видовому богатству ярусов. Увеличение показателя практически для всех ярусов характерно в 17(18)-летних ПС П и ПВ, за счет внедрения не характерных для лесных экосистем видов. Со смыканием древостоя в 48(49)-летних ПС П и ПВ они элиминируются и видовое богатство становится ниже чем в сообществах КЕ.

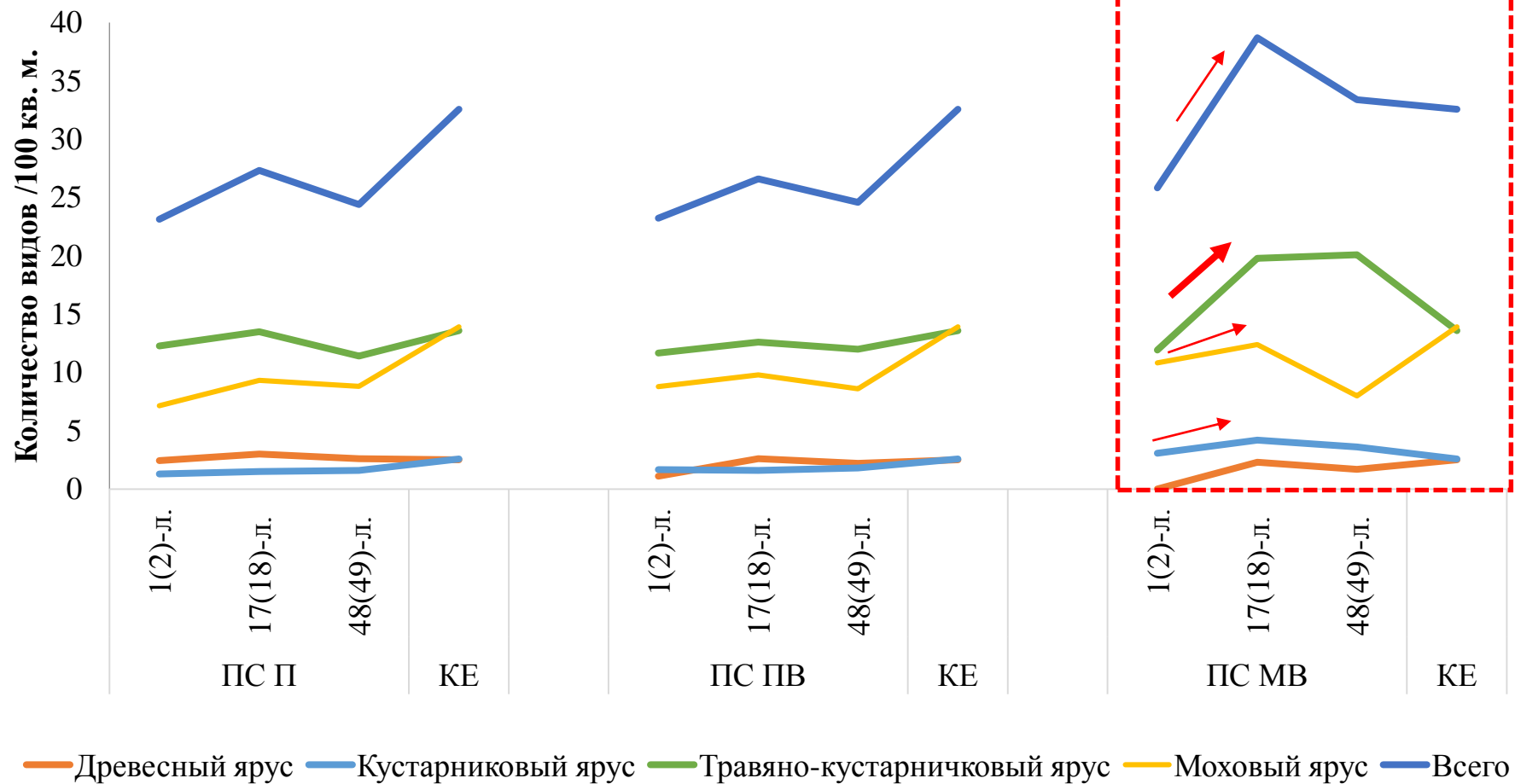
ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообщества пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

КЕ – коренной ельник

Динамика видового богатства в сообществах



В ПС МВ в ходе квазипервичной сукцессии видовое богатство сообществ быстро нарастает и становится выше, чем в сообществах КЕ. Максимальное видовое богатство отмечено в 17(18)-летних ПС. Оно обусловлено как накоплением числа видов эксплерентов, так и началом восстановления разнообразия лесных видов. Особенно существенный рост показателя отмечен для травяно-кустарничкового яруса. В 48(49)-летних ПС МВ со смыканием древесного яруса видовое богатство снижается, в первую очередь за счет угнетения мхов листовым опадом и элиминированием ряда видов в связи со сменой экопических условий. В целом показатель остается по-прежнему выше, чем в коренном сообществе.

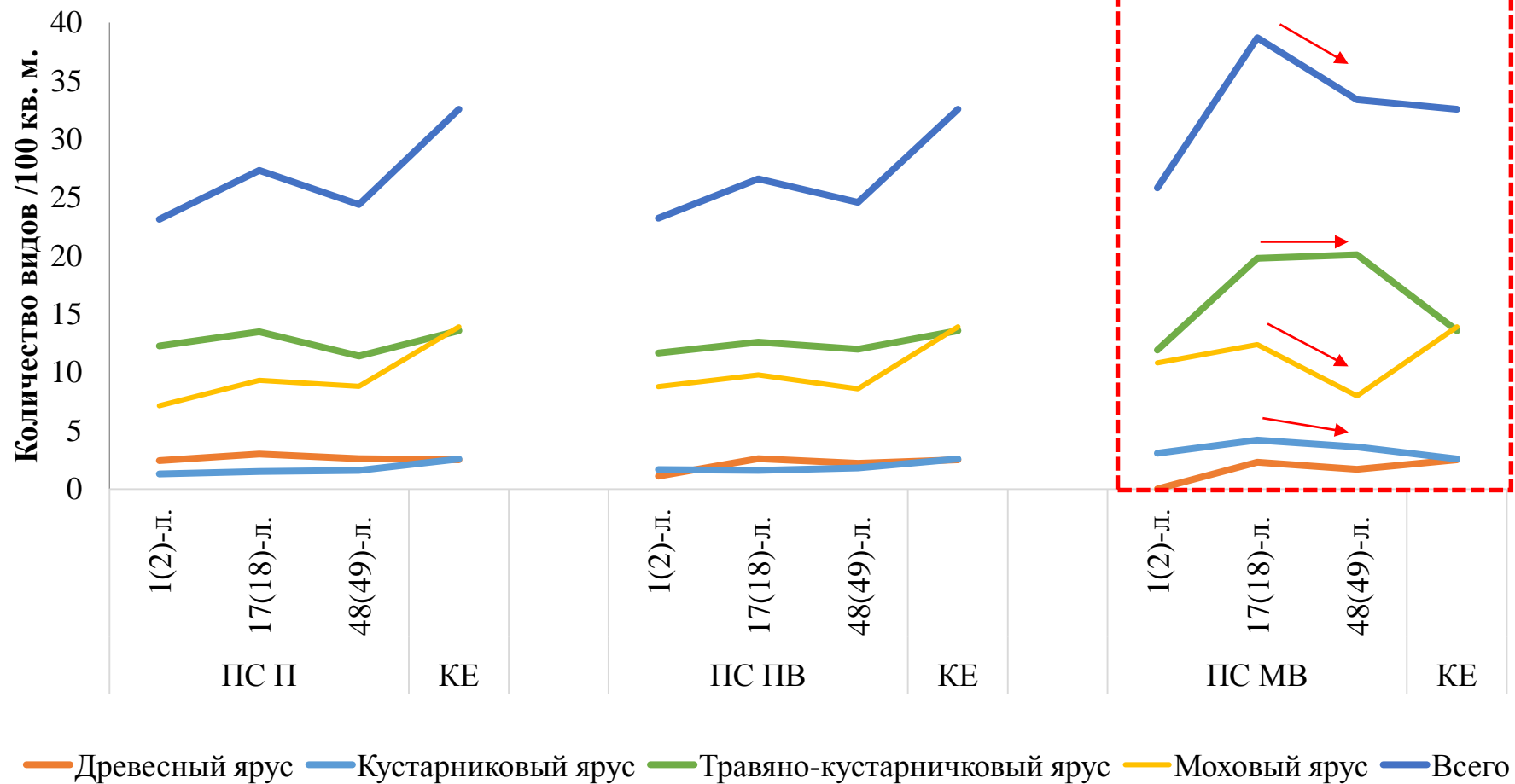
ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообщества пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

КЕ – коренной ельник

Динамика видового богатства в сообществах



В ПС МВ в ходе квазипервичной сукцессии видовое богатство сообществ быстро нарастает и становится выше, чем в сообществах КЕ. Максимальное видовое богатство отмечено в 17(18)-летних ПС. Оно обусловлено как накоплением числа видов эксплерентов, так и началом восстановления разнообразия лесных видов. Особенно существенный рост показателя отмечен для травяно-кустарничкового яруса. В 48(49)-летних ПС МВ со смыканием древесного яруса видовое богатство снижается, в первую очередь за счет угнетения мхов листовым опадом и элиминированием ряда видов в связи со сменой экологических условий. В целом показатель остается по-прежнему выше, чем в коренном сообществе.

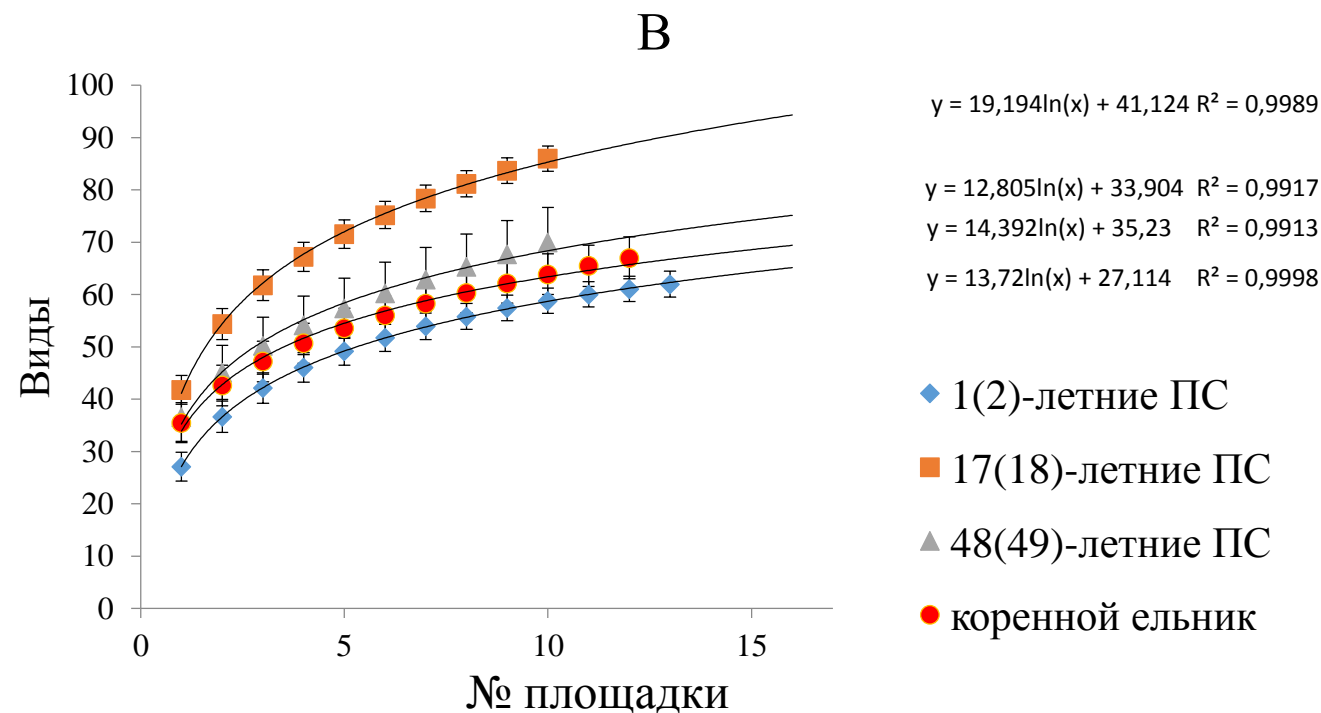
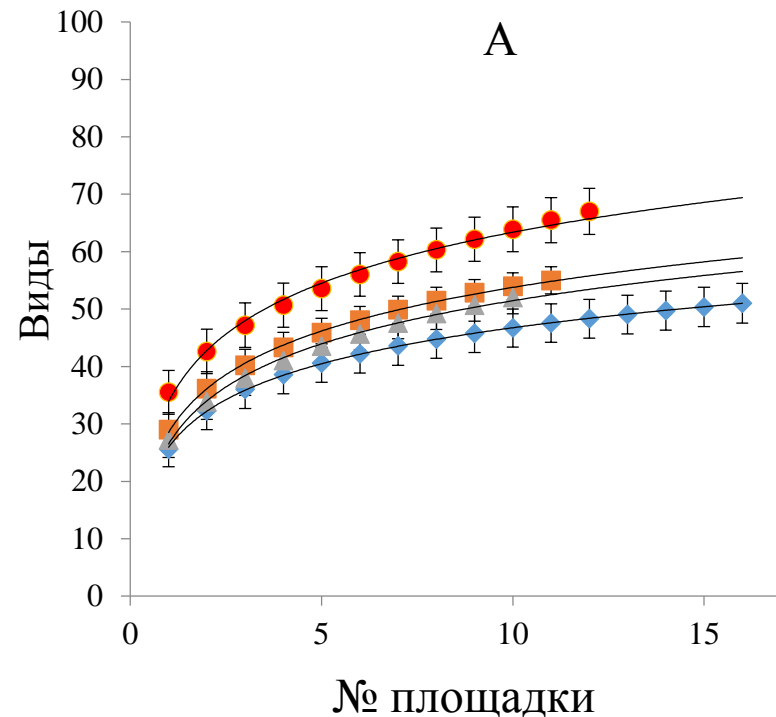
ПС П – производные сообщества пасек

ПС ПВ – производные сообщества пасечных волоков

ПС МВ – производные сообщества магистральных волоков

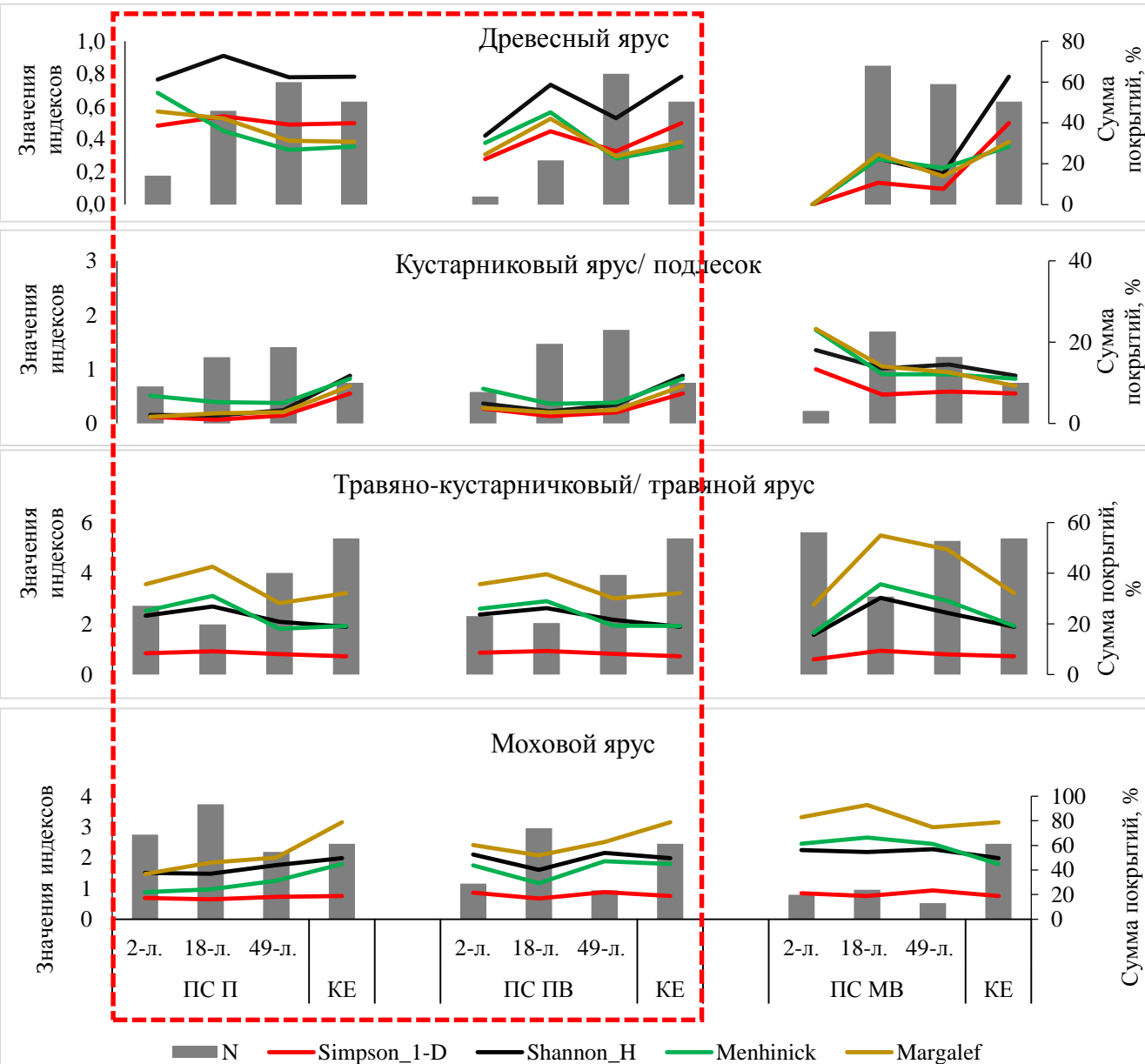
КЕ – коренной ельник

Кривые накопления видов: А – в сообществах коренного леса и производных сообществах (ПС) пашек, пасечных волоков; В – коренного леса и магистральных волоков. Планками погрешностей отмечена стандартная ошибка.



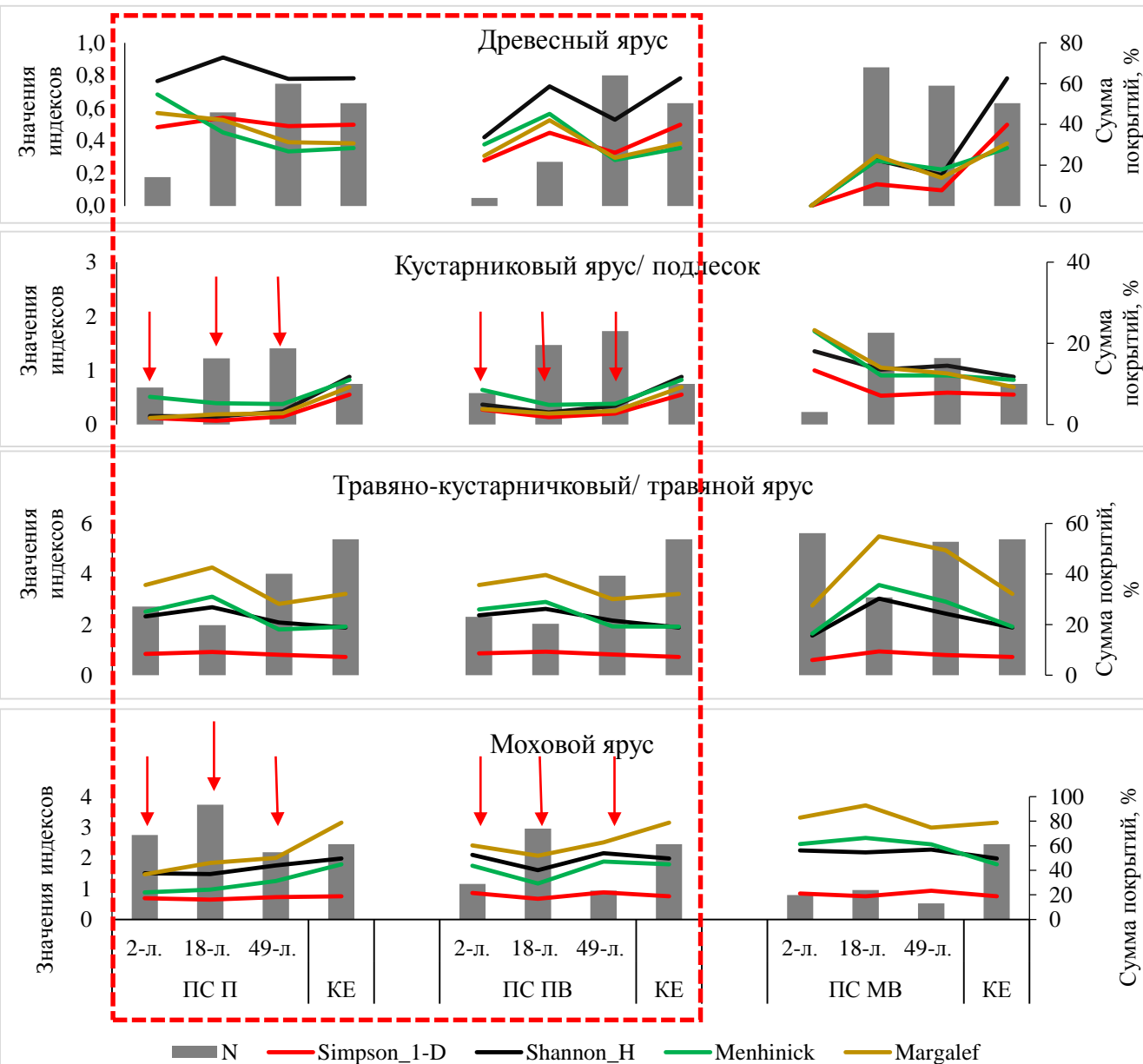
- Описанные закономерности хорошо визуализируют графики накопления видов. В производных сообществах пашек и пасечных волоков видовое богатство значительно ниже сообществ коренного леса. В сообществах магистральных волоков показатель выше (исключение травяные фитоценозы первых лет сукцессии) сообществ коренного леса, однако значительно выше, только в случае 17(18)-летних сообществ.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



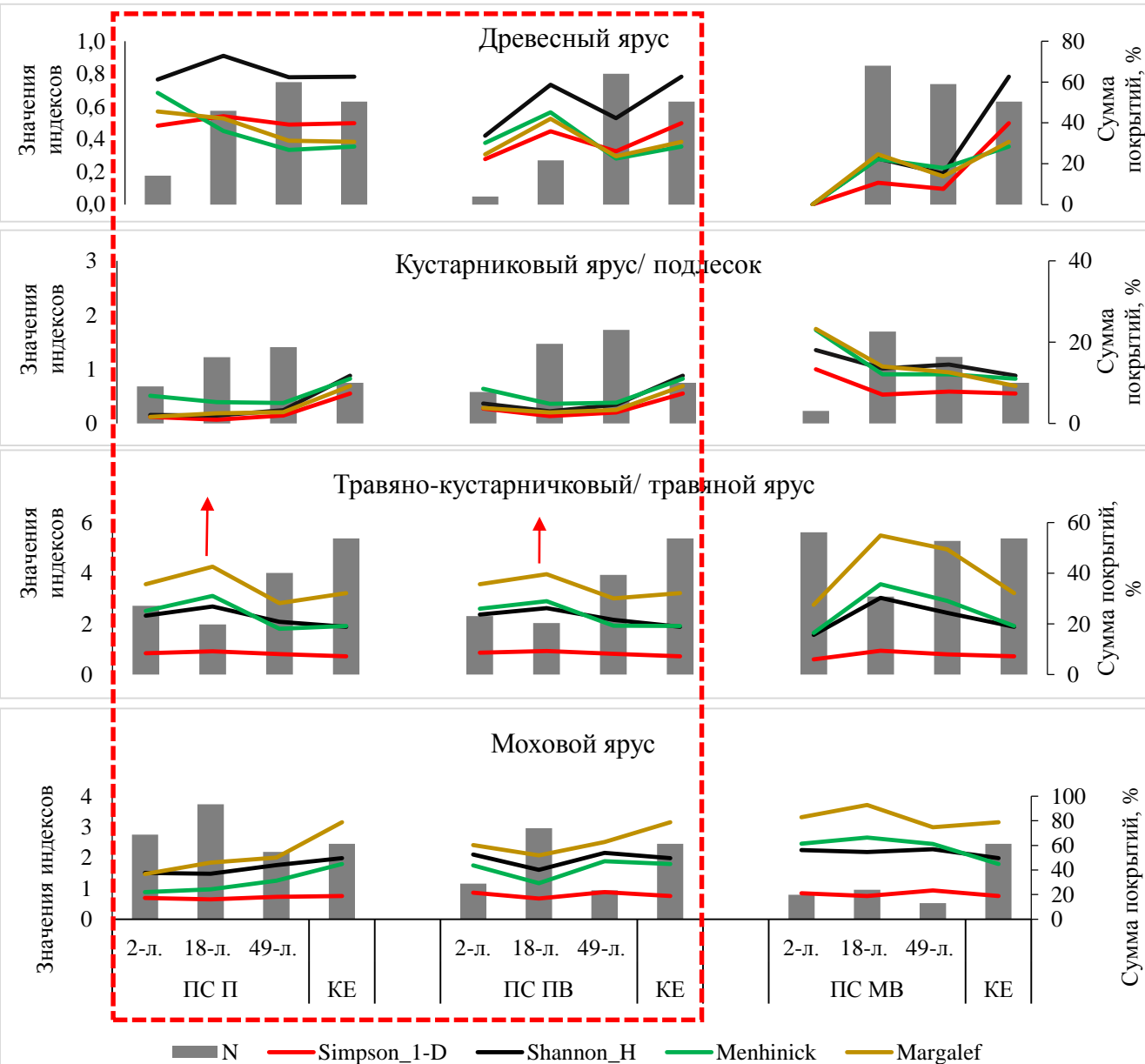
- После удаления древостоя на территории пастек и пасечных волоков отмечено снижение разнообразия в древесном ярусе, которое увеличивается в 17(18)-летних сообществах, а затем в 48(49)-летних сообществах опять снижается из-за высокой плотности сформировавшегося древостоя. Снижение биоразнообразия в кустарниковом и моховом ярусах, по сравнению с коренными сообществами, характерно практически для всех ПС П и ПВ сукцессионного ряда. В травяно-кустарниковом ярусе за счет внедрения свето- и влаголюбивых трав и снижения обилия доминантных видов коренного ельника биоразнообразие на первых этапах сукцессии увеличивается, но в 48(49)-летних сообществах снижается до значений более низких, чем в коренных сообществах.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



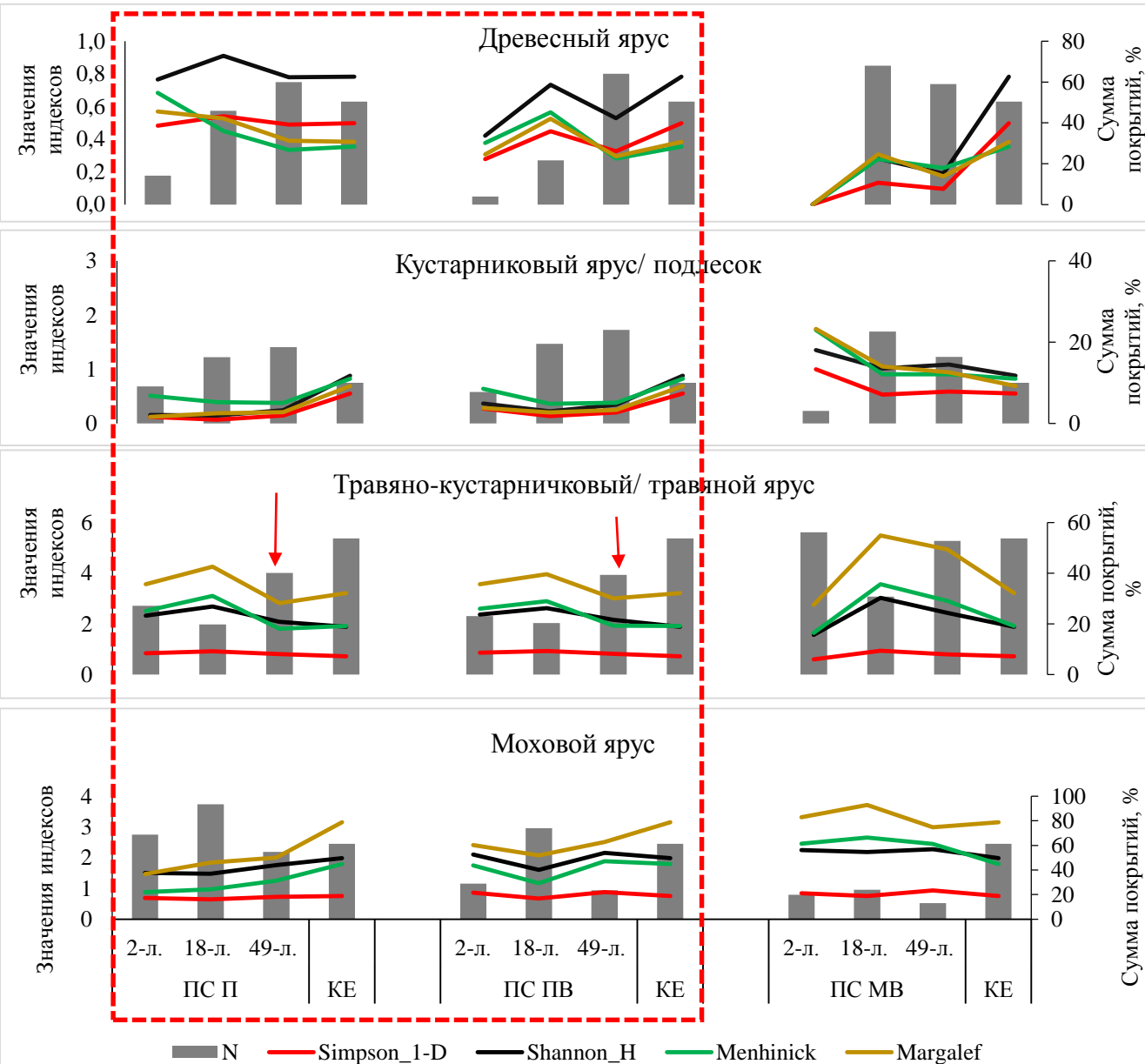
- После удаления древостоя на территории пастек и пастечных волоков отмечено снижение разнообразия в дровесном ярусе, которое увеличивается в 17(18)-летних сообществах, а затем в 48(49)-летних сообществах опять снижается из-за высокой плотности сформировавшегося древостоя. Снижение биоразнообразия в кустарниковом и моховом ярусах, по сравнению с коренными сообществами, характерно практически для всех ПС П и ПВ сукцессионного ряда. В травяно-кустарничковом ярусе за счет внедрения свето- и влаголюбивых трав и снижения обилия доминантных видов коренного ельника биоразнообразие на первых этапах сукцессии увеличивается, но в 48(49)-летних сообществах снижается до значений более низких, чем в коренных сообществах.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



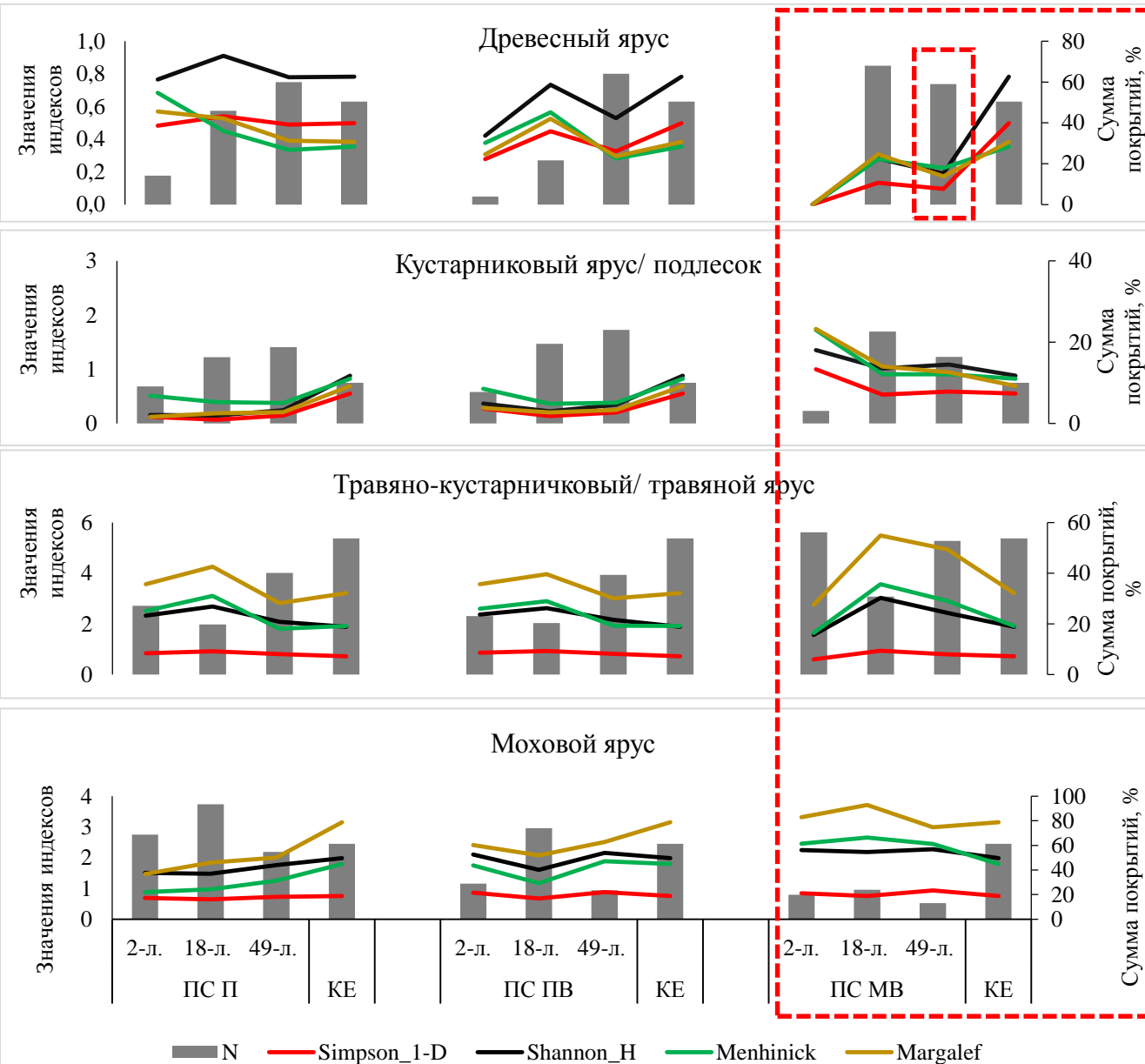
- После удаления древостоя на территории пастек и пасечных волоков отмечено снижение разнообразия в древесном ярусе, которое увеличивается в 17(18)-летних сообществах, а затем в 48(49)-летних сообществах опять снижается из-за высокой плотности сформировавшегося древостоя. Снижение биоразнообразия в кустарниковом и моховом ярусах, по сравнению с коренными сообществами, характерно практически для всех ПС П и ПВ сукцессионного ряда. В травяно-кустарничковом ярусе за счет внедрения свето- и влаголюбивых трав и снижения обилия доминантных видов коренного ельника биоразнообразие на первых этапах сукцессии увеличивается, но в 48(49)-летних сообществах снижается до значений более низких, чем в коренных сообществах.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



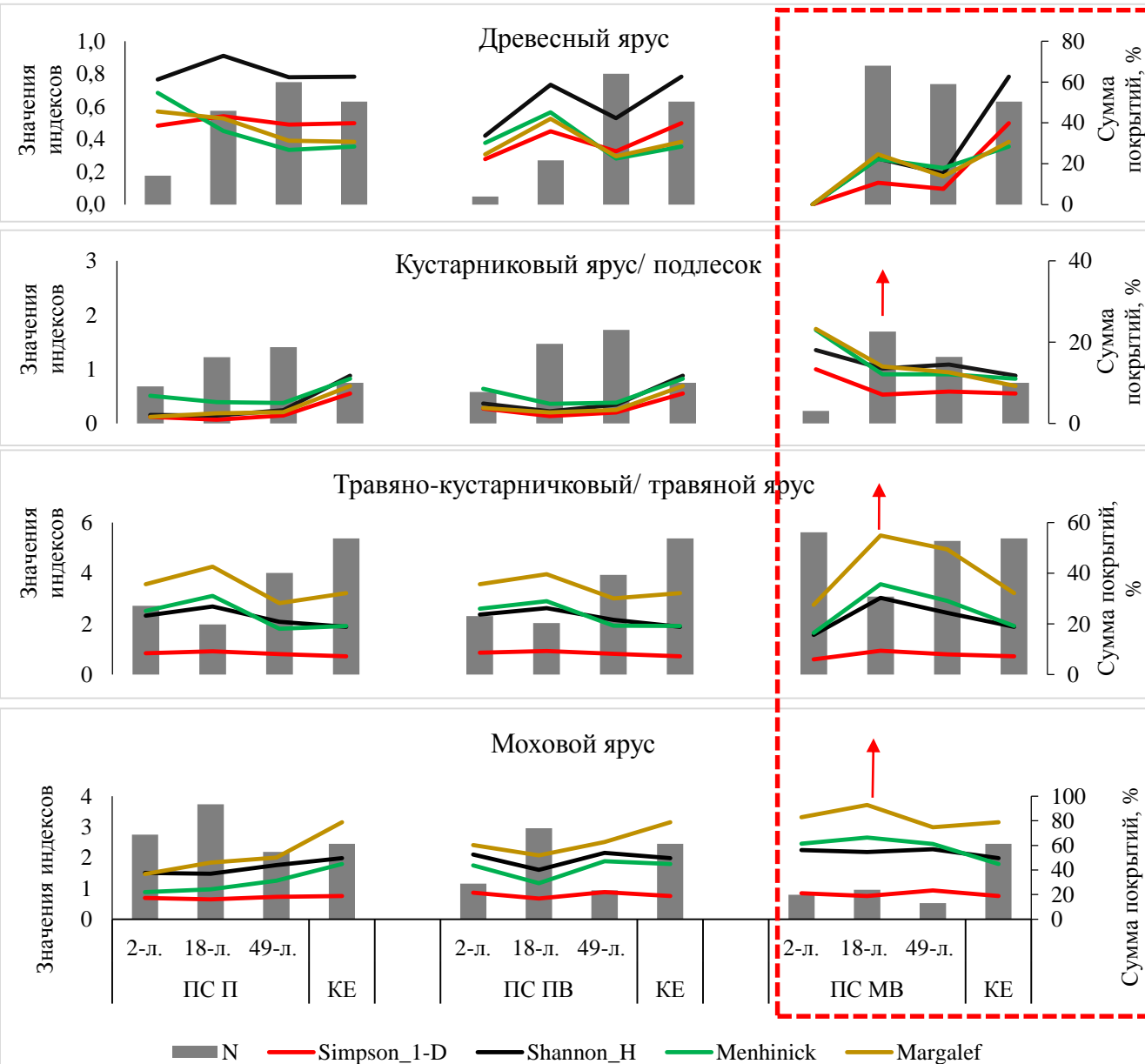
- После удаления древостоя на территории пастек и пасечных волоков отмечено снижение разнообразия в древесном ярусе, которое увеличивается в 17(18)-летних сообществах, а затем в 48(49)-летних сообществах опять снижается из-за высокой плотности сформировавшегося древостоя. Снижение биоразнообразия в кустарниковом и моховом ярусах, по сравнению с коренными сообществами, характерно практически для всех ПС П и ПВ сукцессионного ряда. В травяно-кустарничковом ярусе за счет внедрения свето- и влаголюбивых трав и снижения обилия доминантных видов коренного ельника биоразнообразие на первых этапах сукцессии увеличивается, но в 48(49)-летних сообществах снижается до значений более низких, чем в коренных сообществах.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



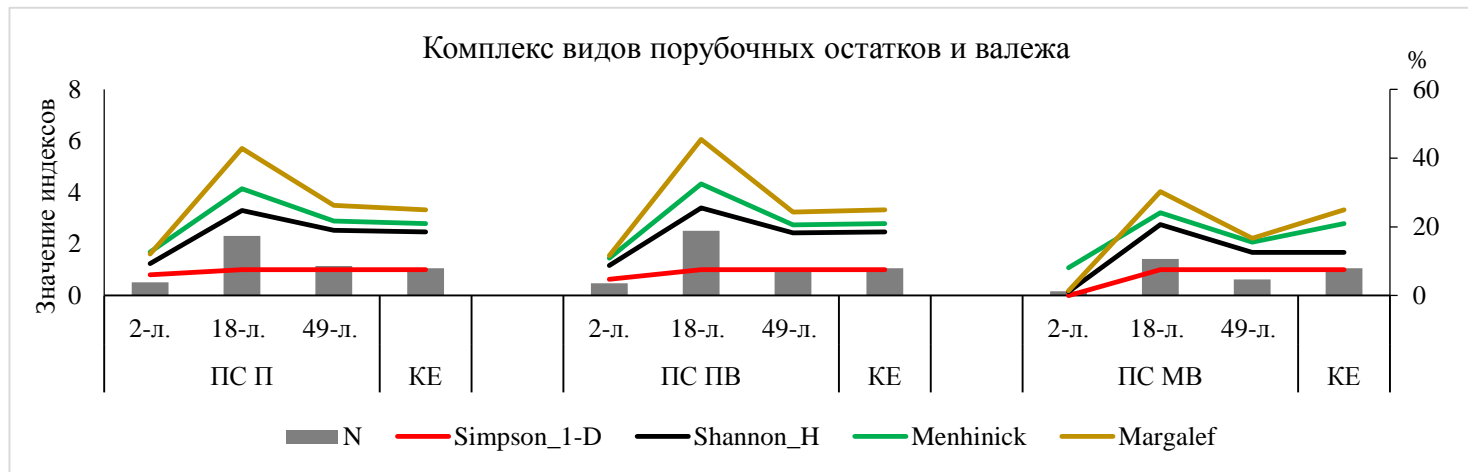
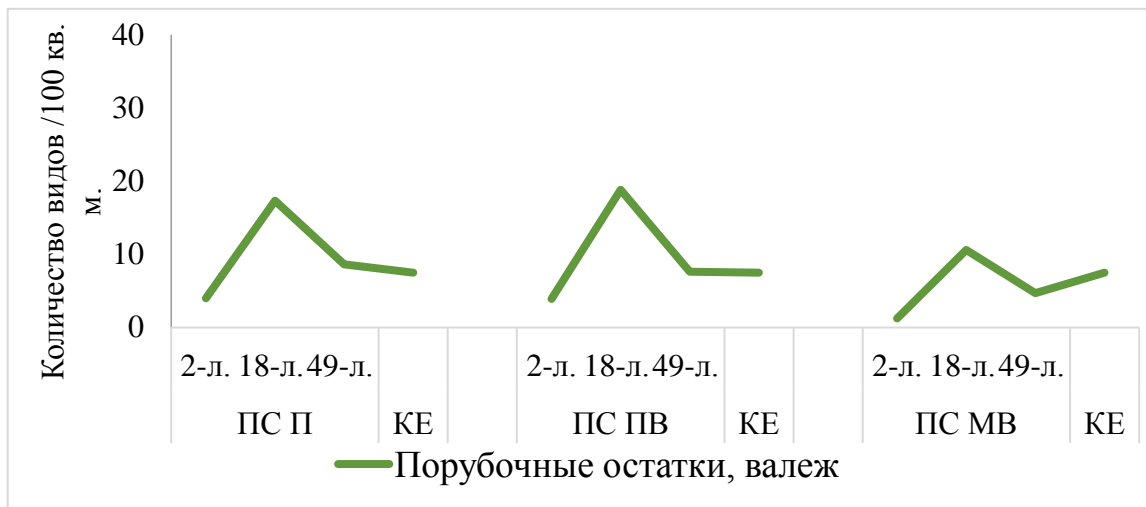
- В ходе квазипервичной сукцессии на магистральных волоках за 48(49) лет сукцессионных изменений восстановление биоразнообразия древесного яруса не происходит, индексы биоразнообразия имеют более низкие значения по сравнению с коренными сообществами. Биоразнообразие остальных ярусов выше, чем в коренных сообществах за счет их большего видового богатства и большей выравненностью видов по обилию.

Видовое разнообразие сообществ в ряду послерубочного восстановления ельников черничных по ярусам.



- В ходе квазипервичной сукцессии на магистральных волоках за 48(49) 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 коренных сообществах за счет их большего видового богатства и большей выравненностью видов по обилию.

Динамика биоразнообразия комплекса видов приуроченных к валежу и порубочным остаткам



ПС П – производное сообщество пазек

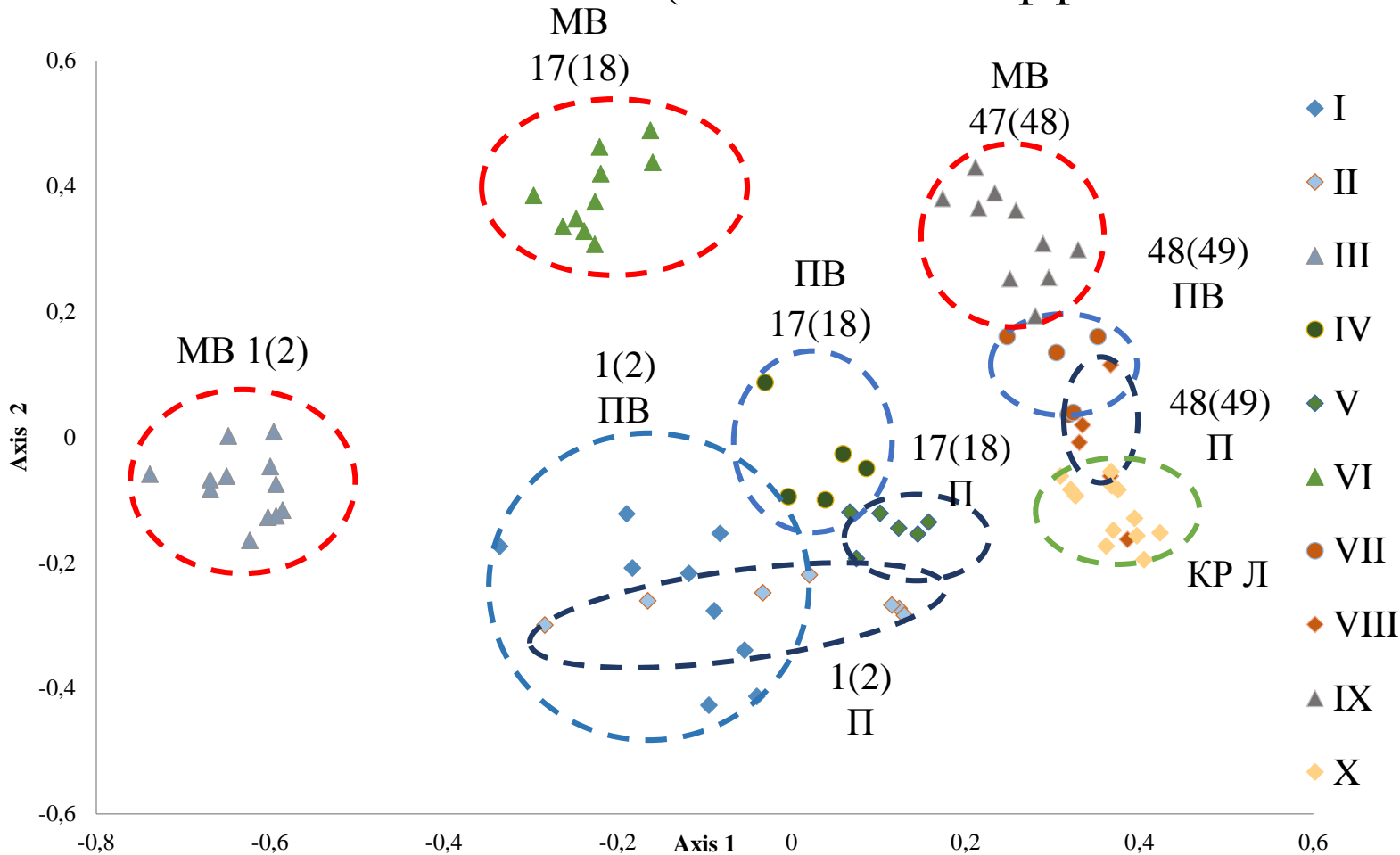
ПС ПВ – производное сообщество пасечных волоков

ПС МВ – производное сообщество магистральных волоков

КЕ – коренной ельник

Существенное захламление вырубок крупными древесными остатками существенно влияет на формирование разнообразия комплекса видов, приуроченных к древесине разных стадий разложения. В 17(18)-летних сообществах порубочные остатки зарастают мхами и эпигейными лишайниками, нехарактерными для коренных ельников (*Cladonia cenotea*, *C. chlorophaea* s. str., *C. coniocraea*, *C. gracilis* subsp. *turbinata*, *C. mitis*, *C. rangiferina* и др.), что объясняет всплеск разнообразия. В 48(49)-летних сообществах за счет уменьшения освещенности и сгнивания порубочных остатков (период разложения стволов ели до стадии мацерации в таежной зоне — 45–50 лет (Storozhenko, 2014)) видовое разнообразие лишайников резко уменьшается, сохраняются эпифиты (*Cladonia digitata*, *Vulpicida* sp.) и эпиксилы (*Plagiothecium laetum*, *Cladonia botrytis*, *Tetraphis pellucida* и др.), эпигейные виды исчезают. Биоразнообразие комплекса видов приуроченных к валежу и порубочным остаткам становится сравнимым с коренным лесом.

NMS-ординация производных сообществ и коренного ельника (на основе коэффициента Жаккара)



NMS — ординация сообществ. I – 1(2)-летние производные сообщества (ПС) пасечных волоков (ПВ), II – 1(2)-летние ПС пашек (П), III – 1(2)-летние ПС магистральных волоков (МВ), IV – 17(18)-летние ПС ПВ, V – 17(18)-летние ПС П; VI – 17(18)-летние ПС МВ; VII – 48(49)-летние ПС ПВ; VIII – 48(49)-летние ПС П; IX – 48(49)-летние ПС МВ; X – коренной лес

Ординация растительных сообществ коренного ельника и производных сообществ, приуроченных к разным технологическим элементам рубки, показала существенное различие между видовым составом сообществ на сильно нарушенных магистральных волоках и слабонарушенных пашках и пасечных волоках. В ходе сукцессии разница сглаживается, производные сообщества приближаются по своему видовому строению к сообществам коренного ельника.

Выводы

- В производных сообществах на территории пасек и пасечных волоков в биоклиматических условиях средней тайги наблюдается закономерное снижение общего видового богатства сообществ и биоразнообразия в древесном, кустарниковом и моховом ярусах, при возрастании – в травяно-кустарничковом из-за 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 даже спустя пятьдесят лет после антропогенного воздействия.
- На сильнонарушенных участках лесосеки (магистральные волока) 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.

Благодарю за внимание!

