

Методология и методы исследования динамики лесов

Смирнова О. В., Алейников А. А.

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН



МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ОСНОВЫВАЕТСЯ НА СИНТЕЗЕ КОНЦЕПЦИЙ ЭКОЛОГИИ БИОСИСТЕМ И ИСТОРИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИИ БИОСИСТЕМ

- 1) ПОТЕНЦИЙ И ПОЗИЦИЙ ЭКОСИСТЕМ:** *потенции системы* – это ее свойства, полностью проявляющиеся при спонтанном развитии в оптимальных условиях. Если такое развитие нарушается внешними воздействиями и/или система развивается в неоптимальных условиях, то она проявляет лишь часть свойств и это характеризует ее **позиции** в конкретных условиях;
- 2) ДИСКРЕТНОГО ОПИСАНИЯ ОНТОГЕНЕЗА И ЖИЗНЕННОСТИ ОСОБЕЙ** (*Работнов, 1950; Уранов, 1975*);
- 3) ТИПОВ СТРАТЕГИЙ** (*Раменский, 1938; Grime, 1974*);
- 4) КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ** - мощных средообразователей экосистем (*Crain et al., 2006; Hastings et al., 2007*);
- 5) ЕСТЕСТВЕННЫХ НАРУШЕНИЙ** (*Falinski, 1978; The ecology of natural disturbance, 1985*);
- 6) МОЗАИЧНО-ЦИКЛИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОСИСТЕМ ЛЕСОВ** (*Watt, 1947; McCarthy, 2001; Скворцова и др., 1983*);
- 7) КЛИМАКСОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ** - динамически устойчивого множества популяций ключевых и подчиненных видов разных трофических групп **потенциально способных обитать** на анализируемой территории в условиях современного климата и взаимодействующих в процессе активного преобразования среды (*Смирнова, Торопова, 2016*).



МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ОСНОВЫВАЕТСЯ НА СИНТЕЗЕ КОНЦЕПЦИЙ ЭКОЛОГИИ БИОСИСТЕМ И ИСТОРИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ базируется на **АНТРОПОБИОТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ**.

ЕЕ СУТЬ: человек главный ключевой вид Земли; его присваивающая и производящая деятельность с конца плейстоцена до современности определила изменения климата, гидрологического и температурного режима, сократила разнообразие животного мира и растительности, привела к опустыниванию больших территорий и потере почвенного плодородия (*Антипина, Маслов, 1994; Кульпин, Пантин, 1993*).

Существенную роль в развитии антропобиотической концепции играет **ТЕОРИЯ БИОТИЧЕСКОГО НАСОСА АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ**, которая доказала, что изменения климата и формирование великого пояса пустынь обусловлены уничтожением значительной части лесов человеком (*Горшков, Макарьева, 2006*).

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ объясняет какие типы хозяйственной деятельности определили потери видового разнообразия и сокращение ареалов видов, вызвали разрывы потоков поколений, препятствовали формированию динамически устойчивых экосистем, приводили к деградации почв, неблагоприятным изменениям температурного и водного режимов, к дестабилизации климата и уничтожили природную зональность.

СИНТЕЗ ИДЕЙ И МЕТОДОВ ЭКОЛОГИИ БИОСИСТЕМ И ИСТОРИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

позволяет на модельном уровне создать представления о потенциальной биоте, разработать реконструкции климаксовых экосистем в условиях современного климата и оценить возможность их восстановления в экспериментальных ООПТ.



**МЕСТООБИТАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ ЛЕСНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ –
ОСНОВА МОДЕЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ КЛИМАКСОВЫХ ЭКОСИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА**

микросайты: 1м² – 10м²	мезосайты: 100 м² -1000 м²	макросайты: 100000 м² – 100000м²	мегасайты: 10 км²- 100 км²
функциональная группа – деревья различных видов			
бугры, западины, пни, валеж, подкروновые и межкروновые пространства	элементы гар- mosaic: скопления молодых (im,v), зрелых (g), старых (s) деревьев	совокупность элементарных популяций всех видов в пределах автоморфных или, транзитных, или аккумулятивных ландшафтов	
функциональная группа – бобр речной			
хатки, норы, плотины, тропы	лесосеки, пруды, затопленные и заболоченные леса, болота	совокупность местообитаний всех типов в долине малой реки в пределах площади элементарной популяции бобра	
функциональная группа – крупные стадные фитофаги: зубры			
места отдыха животных, пороги и каталки	коллективные тропы, стоянки небольших групп животных	приводопойные и суходольные поляны, парко- вые редколесья, участки сомкнутого леса	совокупность место- обитаний всех типов в бассейне малой реки в пределах площади элементарной популяции зубра

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА (КЛИМАСОВАЯ ЭКОСИСТЕМА)
ВОССТАНОВЛЕННОГО ЖИВОГО ПОКРОВА ЛЕСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: КОМПЛЕКС
АВТОМОРФНЫХ, ТРАНЗИТНЫХ И ГИДРОМОРФНЫХ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА МАЛОЙ РЕКИ,
где осуществлялся устойчивый оборот поколений элементарных популяций всех
ключевых и подчиненных видов биоты и поддерживается максимальный уровень
биологического разнообразия.**



В СОВРЕМЕННОМ ПОКРОВЕ МЫ АНАЛИЗИРУЕМ ЛИШЬ ОСКОЛКИ ЭТОЙ ЕДИНОЙ СТРУКТУРЫ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ

Истории преобразования лесных экосистем в голоцене демонстрирует невозможность достижения ими **КЛИМАКСОВОГО СОСТОЯНИЯ** в трактовке Ф. Клементса (*Clements, 1936*), в первую очередь, в связи с полным уничтожением ключевых видов животных-фитофагов, ранее определявших успешное возобновление светлюбивых видов деревьев и развитие полноценной наземной и почвенной биоты, а также неблагоприятные изменения климата, гидрологического режима и почвенного плодородия (*Vera, 2000; Кюстер, 2010*).

Однако это понятие значимо:

- 1) для разработки моделей потенциального экосистемного покрова Земли в разные периоды голоцена- времени активного антропогенного преобразования живого покрова СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ (*Kalyakin et al., 2016; Smirnova, Toropova, 2016*);
- 2) для сопоставления созданных моделей с результатами исследований уникальных лесных экосистем, сохранившихся до настоящего времени.

ИССЛЕДОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ, ГЕМИБОРЕАЛЬНЫХ И НЕМОРАЛЬНЫХ ЛЕСОВ РОССИИ, развивающихся по типу аутогенной сукцессии, т.е. без антропогенных воздействий и природных катастроф в течение 3-4-х и более поколений наиболее долго живущих деревьев (более 1-1,5 тыс.лет), позволили охарактеризовать состояние таких лесов как **КВАЗИКЛИМАКСОВОЕ.**



ПРИЗНАКИ КВАЗИКЛИМАКСОВЫХ ЛЕСОВ

1. СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ:

1.1 структурное разнообразие синузиди деревьев: полнота онтогенетических спектров популяций; присутствие в составе древесного яруса видов разных популяционных стратегий и господства видов **C** и **ST** стратегий; наличие окон возобновления (*gap mosaic*), ветровально-почвенных и ветровальных микросайтов (*tree-fall*) всех этапов развития.

1.2 таксономическое разнообразие групп видов разных трофических уровней: максимальная видовая насыщенность (число видов на единицу площади); максимальное видовое богатство (число видов в экосистеме).

1.3 экологическое разнообразие групп видов разных трофических уровней– максимальное разнообразие видов разных экологических групп на каждом трофическом уровне.

2. СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ И ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ:

2.1 структурное разнообразие: наличие и степень выраженности следов многократного обрабатывания гумусового горизонта вывалами; расположение гумусового горизонта непосредственно на почвообразующей породе.

2.2 максимальная мощность гумусового горизонта, соответствующая глубине проникновения в почву основной массы якорных корней деревьев.

2.3 отсутствие следов антропогенных воздействий: пожаров, рубок и распашек.

2.4 полный набор морфо-экологических групп дождевых червей: подстилочных, почвенно-подстилочных, внутрипочвенных и норных.



АУТОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ: ТИПЫ И ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ (на примере бореальных лесов Северного Урала)

ТИПЫ РАЗВИТИЯ	Согласованный тип – полноценные сукцессии	Несогласованный тип – неполноценные сукцессии	
ТИП НАРУШЕНИЯ	рубки/пожары малых размеров с нарушением напочвенного покрова, почв и почвенной биоты	рубки/пожары больших раз- меров с сильным нарушением напочвенного покрова, почв и почвенной биоты	рубки со слабым нару- шением напочвенного покрова
СТЕПЕНЬ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЗНАКОВ КВАЗИКЛИМАКСОВЫХ ЛЕСОВ:			
ДРЕВОСТОЙ: gaps, tree-fall mosaic	частичная или полная реализация	частичная реализация	полная реализация
НАПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ: видовое богатство и насыщенность, экологическое разнообразие	частичная или полная реализация	минимальная реализация	полная реализация
ПОЧВЫ И ИХ БИОТА: мощный гумусовый горизонт, большое разнообразие дождевых червей	частичная или полная реализация	минимальная реализация	полная реализация
РАСПРОСТРАНЕНИЕ в бореальных лесах	РЕДКО: восстановление не прерывалось несколько столетий	ЧАСТО: восстановление прерывалось; много раз	ЕДИНИЧНО: нарушений нет более тыс. лет
ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ	размеры и интенсив- ность нарушений МЕНЬШЕ возмож- ностей биоты	размеры и интенсивность нарушений БОЛЬШЕ воз- можностей биоты	размеры и интенсив- ность нарушений МАЛЫ
МЕРОПРИЯТИЯ	исключение воздейст- вий, мониторинг	мероприятия по реконст- рукции природных черт квазиклимаксовых лесов	исключение воздейст- вий; детальные иссле- дования, мониторинг

АУТОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ - СОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ	БАЛЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОСТПИРОГЕННОЙ АУТОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ (на примере темнохвойных лесов Северного Урала)			
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ В БАЛЛАХ: 0-МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ, 3- МАКСИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ	СОСНЯК ЛИШАЙНИКОВЫЙ - первый этап	ЕЛЬНИК ЧЕРНИЧНО- ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ - второй этап	ЕЛЬНИК БОРЕАЛЬНО- МЕЛКОТРАВНЫЙ - третий этап	ЕЛЬНИК БОРЕАЛЬНО- ВЫСОКОТРАВНЫЙ - четвертый этап
Полночленность онтогенетического состава популяций деревьев R/C,ST -стратегий	1/0	1/1	0/2	0/3
Степень сформированности окон возобновления (gap-mosaic)	0	1	2	3
Степень сформированности ветровальных и ветровально-почвенных комплексов	0	1	2	3
Видовое богатство/видовая насыщенность	1/1	2/1	3/2	3/3
Эколого-ценотическое разнообразие	0	1	2	3
Полнота морфо-экологических групп дождевых червей	0	0	1	2 (редко 3)
Наличие углей, следов рубок и распахек в почве	3	2	1	1 (редко 0)

ПЕРВЫЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

СОСНЯК ЛИШАЙНИКОВЫЙ



Угли из подстилки



подзол



СОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ ЭКОСИСТЕМ: ВТОРОЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

ЕЛЬНИК ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ



дерново-подзолистая почва



**СОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ ЭКОСИСТЕМ:
ТРЕТИЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ**

ЕЛЬНИК БОРЕАЛЬНО-МЕЛКОТРАВНЫЙ



**бурозем грубогумусный
маломощный оглеенный**



СОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ ЭКОСИСТЕМ: ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ

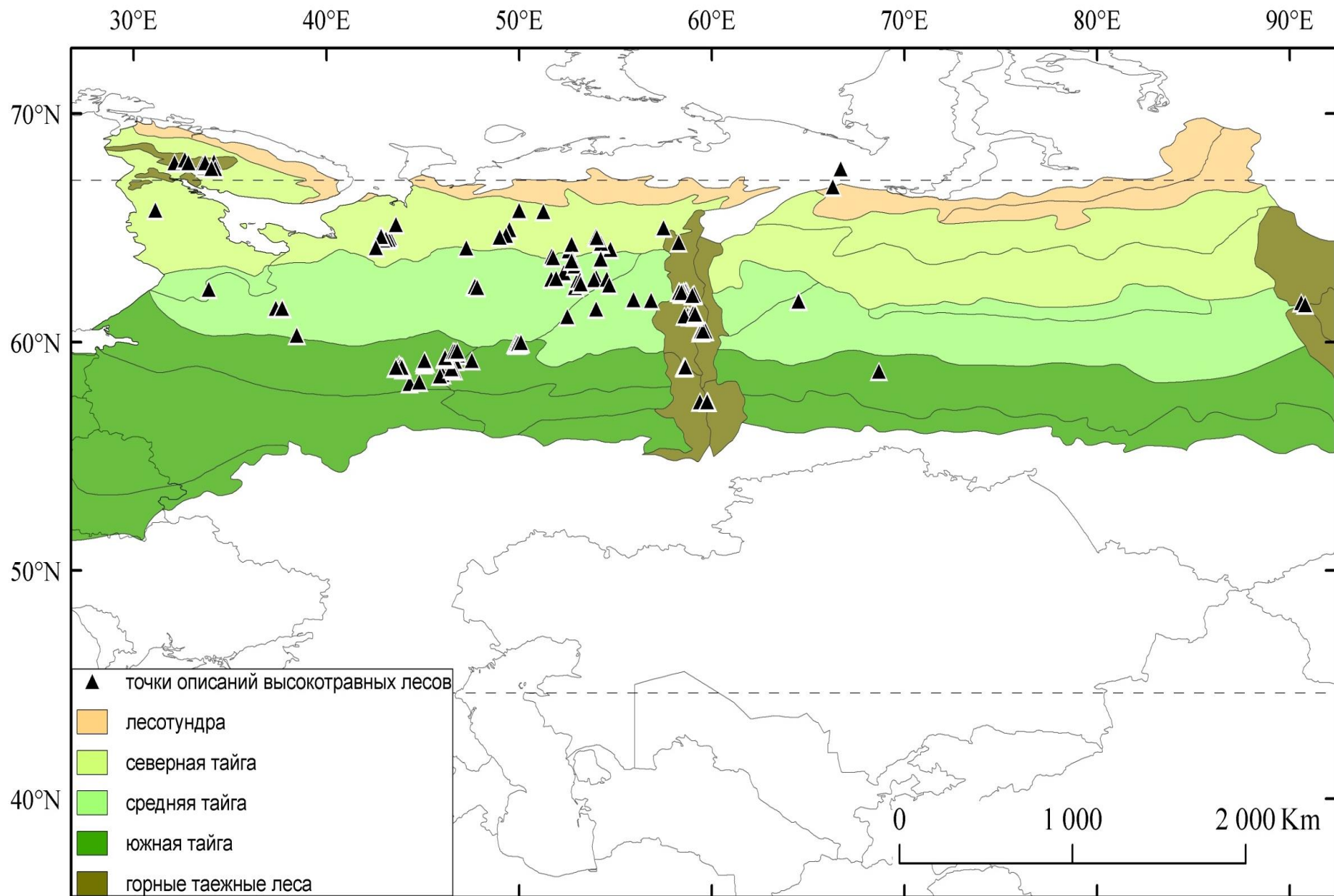
АБСОЛЮТНО РАЗНОВОЗРАСТНЫЙ ЕЛЬНИК ВЫСОКОТРАВНЫЙ



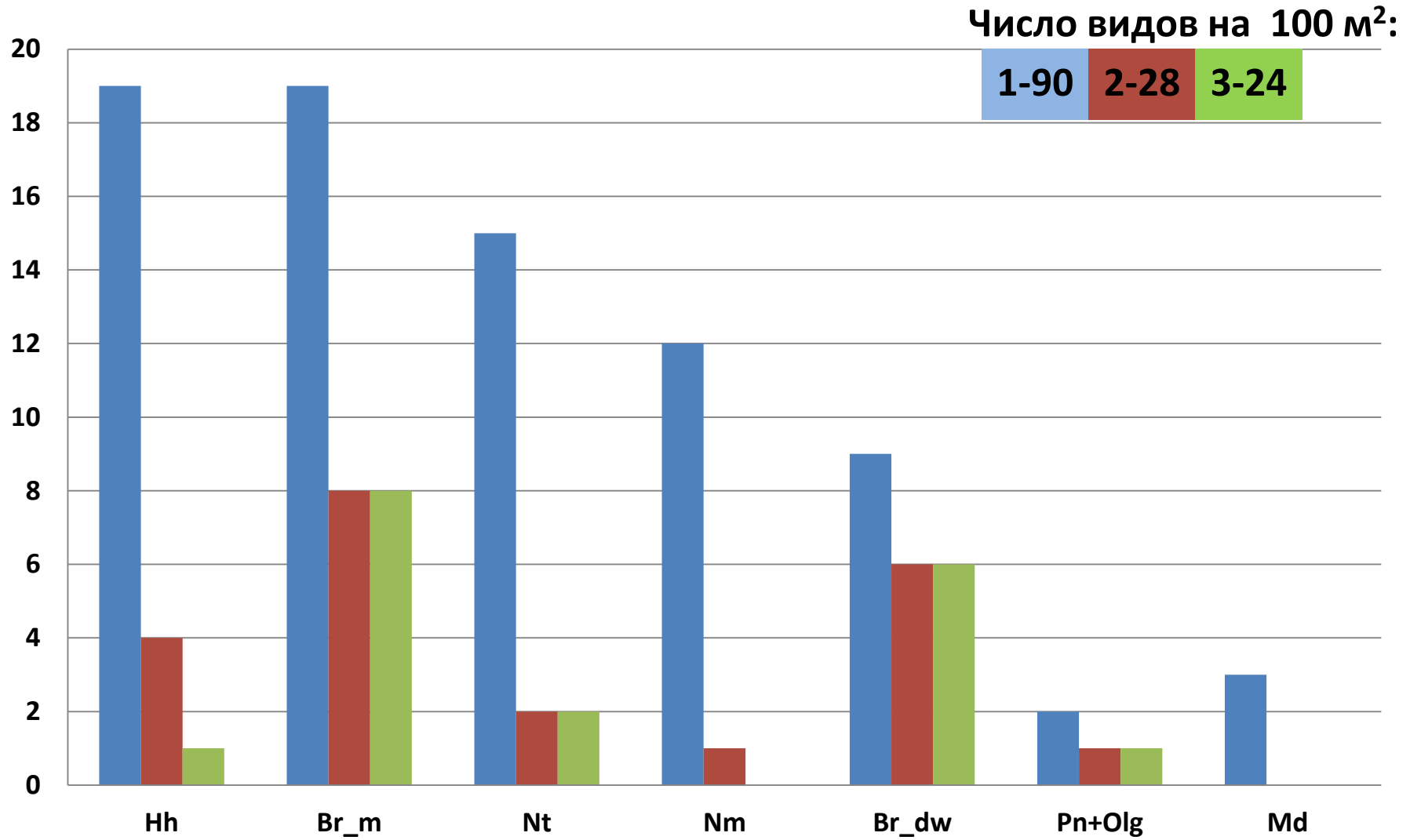
бурозем



ТОЧЕЧНЫЙ АРЕАЛ КВАЗИКЛИМАКСОВЫХ ВЫСОКОТРАВНЫХ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ (Заугольнова и др., 2009)



Видовая насыщенность и ЭЦГ структура бореально-высокотравных (1), бореально-мелкотравных (2) и чернично-зеленомошных (3) лесов



Высокотравье Hh-бореальное, Nt-нитрофильное; травы и кустарнички: бореальные (Br_m, Br-dw), боровые и олиготрофные (Pn+Olg), травы неморальные (Nm) и луговые (Md).

АУТОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ НЕСОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ	БАЛЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОЛЕРУБОЧНОЙ СУКЦЕССИИ (на примере темнохвойных лесов Северного Урала)			
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ В БАЛЛАХ: 0-МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ, 3- МАКСИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ	БЕРЕЗНЯК ЧЕРНИЧНО- ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ - первый этап	БЕРЕЗНЯК С ЕЛЮЮ И ОСИНОЙ ЧЕРНИЧНО- ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ - второй этап	ПИХТО-ЕЛЬНИК ЧЕРНИЧНО- ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ -третий этап	ПИХТО-ЕЛЬНИК С КЕДРОМ ЧЕРНИЧНО- ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ –четвертый этап
Полночленность онтогенетического состава популяций деревьев R/C,ST -стратегий	1/0	1/1	0/2	0/3
Степень сформированности окон возобновления (gap-mosaic)	0	1	2	3
Степень сформированности ветровальных и ветровально-почвенных комплексов	0	1	2	2
Видовое богатство/видовая насыщенность	1/1	1/1	1/1	1/1
Эколого-ценотическое разнообразие	0	0	0	0
Полнота морфо-экологических групп дождевых червей	0	0	0	1
Наличие углей, следов рубок и распашек в почве	3	3	2	2

**НЕСОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЯ И НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭКОСИСТЕМ:
ПЕРВЫЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ (Печоро-Илычский заповедник, Коми)**

БЕРЕЗНЯК ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ, 80 лет после пожара



**НЕСОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЯ И НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭКОСИСТЕМ:
ВТОРОЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ (Печоро-Илычский заповедник, Коми)**

БЕРЕЗНЯК С ЕЛЬЮ И ОСИНОЙ ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ, 120 лет после пожара



**НЕСОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЯ И НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭКОСИСТЕМ:
ТРЕТИЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ (Печоро-Илычский заповедник, Коми)**

ПИХТО-ЕЛЬНИК ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ, 150 лет после пожара



**НЕСОГЛАСОВАННЫЙ ТИП РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЯ И НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭКОСИСТЕМ:
ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП ПОСТПИРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ (Печоро-Илычский заповедник, Коми)**

**АБСОЛЮТНО РАЗНОВОЗРАСТНЫЙ ПИХТО-ЕЛЬНИК С КЕДРОМ ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ, > 200 лет после
пожара**



ТИПЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЛЕСАХ – АЛЛОГЕННОЕ РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ (на примере бореальных лесов России)

Аллогенное развитие в отличие от аутогенного направляют внешние по отношению к экосистеме факторы антропогенного происхождения (*Миркин, Наумова, 2014*).

Отличительный признак аллогенного развития экосистем лесов – уничтожение древостоя до начала формирования системы окон возобновления, ветровальных и ветровально-почвенных комплексов. По сравнению с аутогенных лесами все они находятся на первом этапе развития

ПРИЧИНЫ АЛЛОГЕННОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСОВ :

Многokратные антропогенные воздействия :

- 1) **рубки древостоев первого поколения по достижению ими товарной ценности;**
- 2) **антропогенно-инициированные пожары древостоев первого поколения до достижения товарной спелости.**

Этот тип назван «**аллогенная сукцессия**» поскольку исследователи полагали (*Миркин, Наумова, 2014*), что многократное восстановление лесов одного и того же типа после названных нарушений, возвращает экосистему в исходное состояние, но понятие «сукцессия» предполагает достижение динамически устойчивого состояния (**климакса**), а аллогенное развитие длится только от начала развития древостоя после нарушения до стадии спелости или даже меньше.

Исследования показывают, что аллогенное развитие лесов происходит по типу деградации, причем по мере падения биологического разнообразия, истощения почв, массового размножения патогенных грибов и древоразрушающих насекомых и пр. , леса этого типа теряют ресурсное значение.

БЕССМЫСЛЕННУЮ ТРАТУ СРЕДСТВ И СИЛ НА УСКОРЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ЭТИХ ЛЕСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ РУБОК И ПОЖАРОВ НЕОБХОДИМО ЗАМЕНИТЬ ЗАТРАТАМИ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ПЛАНТАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВ В ПОДХОДЯЩИХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

Пожары, как причина аллогенного развития лесных экосистем



Отличительный признак – уничтожение древостоя до начала формирования gap-mosaic и tree-fall mosaic.

Рубки как причина аллогенного развития лесных экосистем



Отличительный признак – уничтожение древостоя до начала формирования gap-mosaic и tree-fall mosaic.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе синтеза концепций экологии биосистем и исторической экологии создана новая методология, позволяющая на современном уровне знаний оценить возможность реализации основных экосистемных функций как в режиме заповедания, так и подбирая способы ведения хозяйства в защитных и эксплуатационных лесах. Однако достижений целей возможно только при реализации долговременных программ и поддержке собственника лесов (государства).
2. Разработаны новые подходы и методы: датировки времён нарушений, оценок экологических режимов основных компонентов экосистем, состояния основных компонентов биоты экосистем, сопоставления наземных и дистанционных данных. Однако для их реализации необходима координация и комплексные исследования основных типов сукцессионных процессов в разных природных зонах.
3. Предложенную систему подходов и методов целесообразно рассматривать для оценки современного состояния лесных экосистем, оценки его сукцессионного статуса и сохранения наиболее ценных участков.