

МЕХАНИЗМЫ СУКЦЕССИЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СПЛОШНЫХ ВЫРУБОК В ЕЛЬНИКАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Н.Г. Уланова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
nulanova@mail.ru

Истощение лесных ресурсов в европейской части России – одна из острейших проблем лесного хозяйства России. Мощное воздействие лесохозяйственной деятельности в 1930–1980-х гг. привело к преобладанию на огромных площадях вторичных березово-осиновых лесов, которые образуют новые, измененные человеком, ландшафты. Сохранившиеся естественные хвойные леса фрагментированы и недоступны для освоения, а массивы коренных лесов вообще отсутствуют. Рубка наиболее продуктивных и ценных лесов способствовала ухудшению структуры лесного фонда (Ярошенко, 2004).

Сплошные рубки – основной способ уничтожения таежных лесов России. В конце 80-х гг. на них приходилось более 90% от общего объема заготавливаемой в стране древесины, в последние годы – 70% (Ярошенко, 2005). Молодые вырубки занимают 812 тыс. га в Северо-Западном, 153 тыс. га – в Центральном федеральном округе (на 1 января 2006 года), по данным Рослесинфорга ФГУП, занимая 0.6–2% лесопокрытой площади лесного фонда. По всей видимости, доля сплошных рубок будет оставаться весьма большой и в обозримом будущем, что связано и с особенностями ведения хозяйства в таежных лесах, и с имеющейся лесозаготовительной техникой, и с устоявшимися традициями. Так что вопрос о том, как правильнее всего вести сплошные рубки, еще долго будет оставаться для России весьма важным.

Большинство коренных ельников европейского Центра России практически срублено в настоящий момент, поэтому исследования сукцессионных процессов после уничтожения коренных лесов можно считать последним шансом для выявления механизмов естественного лесовосстановления на разных уровнях организации растительного покрова: на флористическом, популяционном и ценоотическом. Изучение этих процессов стало актуальным для геоботаников и экологов при разработке научно обоснованных методов оптимизации лесопользования и лесовосстановления после антропогенных катастроф.

Исследование растительности сплошных вырубок ведется под руководством автора на кафедре геоботаники биологического факультета МГУ с 1983 г. в подзоне южной тайги в пределах Восточно-Европейской равнины. Исследования проведены в Тверской области на территории Цен-

трально-лесного государственного биосферного заповедника (ЦЛГБЗ), в Вологодской области в национальном парке «Русский Север», в Новгородской и Костромской областях. Впервые в мировой лесной экологии на основе регулярных длительных наблюдений изучены динамические тенденции и популяционные механизмы пространственно-временной природной динамики растительных сообществ после сплошных рубок южно-таежных ельников.

1. Экологические условия сплошных вырубок

Растительность вырубок возникает в определенных лесорастительных условиях на месте лесного фитоценоза (рис. 1). Поэтому исходные условия и лесная растительность определяют состав и структуру растительного покрова вырубок. Однако определяющее значение оказывает технология лесозаготовки и сезон рубки. В результате важными параметрами становятся сохранность древостоя и подроста, а также проведение посадок ели.

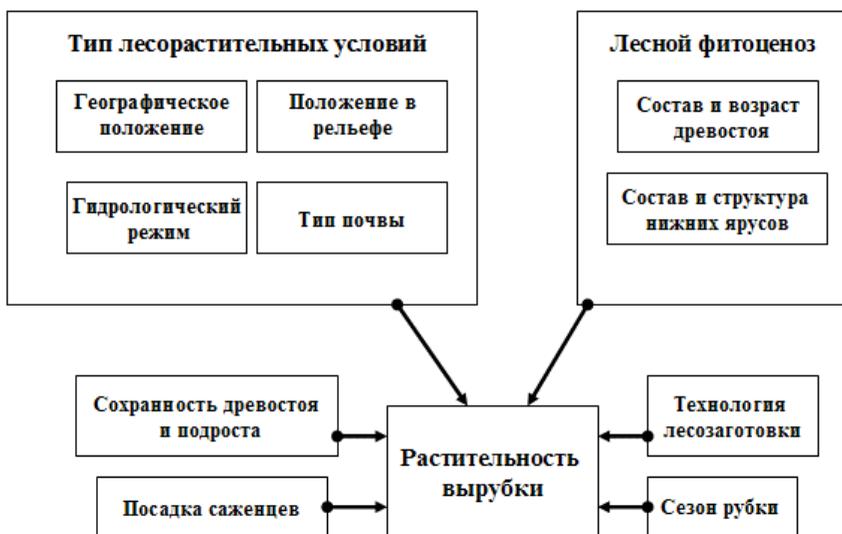


Рис. 1. Основные факторы, определяющие формирование растительности после сплошной рубки ельников

Удаление полога древостоя приводит к резкому изменению экологических условий существования сохранившейся и формирующейся растительности (Орфанитский, Орфанитская, 1971; Молчанов, 1978; Побединский, 1980; Федоров и др., 1981; Vitousek, Matson, 1985; Тощева, 1988; Уланова, Тощева, 1989; Гордеева и др., 1990; Попова, Перевозникова, 1996; Бабинцева и др., 1998; Ballard, 2000; Куваев и др., 2001; Giardina, Rhoades, 2001; Swank et al., 2001; Обыденников, 2002; Ярошенко, 2004).

1. Увеличивается освещенность и изменяется радиационный баланс.

2. Изменяются суточные и сезонные температурные режимы воздуха и почвы; возрастают амплитуда колебаний климатических показателей в течение дня, суток и по сезонам; возрастает опасность заморозков.

3. Изменяется гидрологический режим за счет снижения суммарного испарения, уменьшается транспирация и испарение задержанных осадков; увеличивается влажность почвы и повышается уровень грунтовых вод. Увеличение поверхностного стока приводит к почвенной эрозии.

4. Изменяются основные физические и химические свойства почв. Происходит значительное уплотнение почвы, снижение пористости, уменьшение аэрации и водопроницаемости, ускоряется разложение и минерализация подстилки. Уменьшается кислотность почв.

5. Усиливается круговорот азота в первые 5 лет после рубки за счет возрастания содержания доступного растениям азота и активизации процесса азотфиксации в почвах.

6. Возрастает микробиологическая активность почв и подстилки за счет увеличения доли аэробной бактериальной флоры, при этом угнетаются микоризные и другие грибы лесной подстилки.

7. Происходит смена биоценозов с образованием травяных сообществ с новым комплексом микрофлоры почвы и зооценоза открытых территорий. Образование новых фитоценозов детерминировано, с одной стороны, сохранностью лесной растительности, с другой – условиями новых экотопов.

8. Формируется техногенный микрорельеф на месте фитогенного лесного.

При нарушениях растительного и почвенного покрова в процессе рубки и трелевки древесины техникой на лесосеке образуются и пространственно обособляются четыре типа экотопов (Уланова, 2006б):

1) ненарушенные и малонарушенные – вдоль стен леса, около пней и куртин недорубов без воздействия лесозаготовительной техники на почву;

2) средненарушенные – при протаскивании срубленных деревьев и проходе тракторов; в результате уничтожается подрост, кустарники, травы и сдираются мхи, подстилка и даже верхние почвенные горизонты.

Происходит перемешивание подстилки, порубочных остатков с верхними горизонтами почвы;

3) сильнонарушенные – при многократном проходе тракторов с хлыстами по волокам и дорогам происходит полное уничтожение и перемешивание растительности и подстилки с верхними горизонтами почвы, при этом может оголяться подзолистый горизонт. На магистральных трелевочных волоках, погрузочных площадках, в местах складирования срубленной древесины почва уничтожается полностью и обнажается даже подстилающая порода;

4) кучи или валы из порубочных остатков и выкорчеванных пней.

Почвенный покров вырубок ельников представляет собой комплекс контрастных почвенных комбинаций техногенного происхождения (Тощева, 1988). Условия экотопов отличаются положением в мезо- и микрорельефе, почвами, микроклиматическими и гидротермическими условиями. Качественно новые растительные сообщества вырубок представляют собой комплекс фитоценозов, различных по площади и конфигурации. В итоге в пределах одного исходного лесного фитоценоза после рубки леса формируется комплекс фитоценозов, приуроченных к определенным экотопам. Фитоценозы существенно отличаются ходом последующих восстановительных процессов, и это сказывается впоследствии на структуре древесного яруса вторичного леса (Паутов, Ильчуков, 2001; Ильчуков, 2003).

2. Изменение флористического богатства растительности в процессе зарастания сплошных вырубок ельников

Флористический состав считается важнейшим признаком растительных сообществ. При глобальных антропогенных (рубки) нарушениях изменения, происходящие во флористическом составе сообществ, носят, с одной стороны, закономерный, а с другой – стохастический (случайный) характер. Экологический диапазон местообитаний, который определяется благоприятностью условий для произрастания растений в фитоценозах, рассматривается как определяющий фактор видового разнообразия (Palmer, 1994; Vegon et al., 1996; Kimmins, 2004). Флористическое богатство новых «открытых» фитоценозов оказывается значительно выше исходных лесных (Крышень, 2003). Экотопический отбор новых видов растений, появляющихся из семян, спор и органов вегетативного размножения, происходит довольно быстро и приводит к формированию сомкнутых пионерных фитоценозов. Однако в каждом конкретном фитоценозе видовой состав может заметно различаться. Так, например, флористическое богатство вырубок зависит от расстояния до сельхозугодий и поселков.

Динамика видового разнообразия растительности на сплошных вырубках исследована на 28 постоянных пробных площадях (ППП) с 1983 по 1999 г. в течение 16 лет в основных типах ельников (чернично-сфагновый, черничный, кисличный, липняковый, таволгвый) в охранной зоне ЦЛГБЗ (Уланова, 2006б). Мониторинговые наблюдения проведены на ППП большого размера (около 2 га), что позволило оценить динамику флористического состава в ходе сукцессии, нивелируя влияние сильной вариабельности видового богатства, связанную с высокой комплексностью фитоценозов техногенного происхождения. Полные геоботанические описания проводились на молодых вырубках ежегодно в течение первых 5 лет, а позже – через каждые 5 лет. Всего в обработку вошли 126 геоботанических описаний. Для сравнения были использованы описания исходных лесных фитоценозов.

Существенные изменения интегральной характеристики фитоценозов – видового богатства (общего числа видов) растительности вырубок – произошли за 25 лет сукцессии. Видовое богатство сосудистых растений в процессе зарастания увеличивается в 4 раза в течение первых 3 лет по отношению к исходному типу леса (рис. 2). В дальнейшем происходит постепенное уменьшение общего числа видов, при этом существует достоверная высокая связь между общим числом видов и возрастом после рубки ($r = -0,90$).

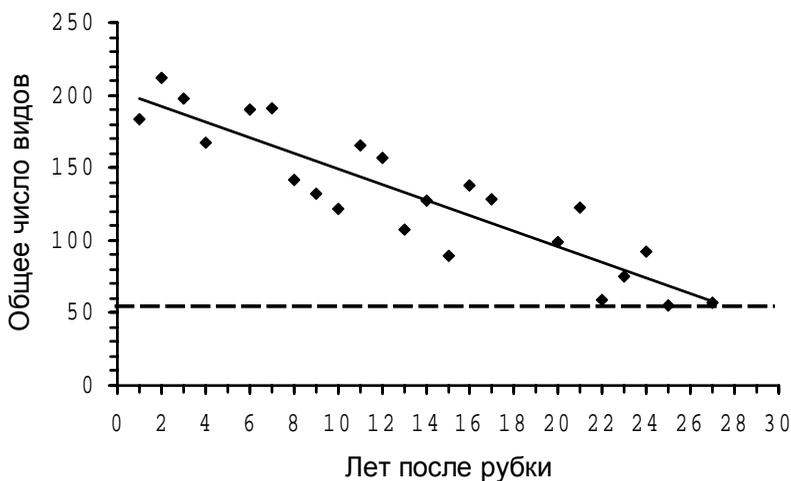


Рис. 2. Изменение общего видового богатства растительности после рубки ельников по результатам мониторинговых наблюдений

Выделено пять главных этапов в изменении видового состава растительности вырубок (Уланова, 2006б).

Первый этап (1–2 года после рубки) связан с уничтожением лесного фитоценоза и образованием «открытых» фитоценозов, в которых преобладает экотопический отбор. Высокое разнообразие экотопов, образующихся в процессе разработки вырубок лесозаготовительной техникой, позволяет прижиться большому числу видов, не характерных для исходных сообществ. Это способствует резкому увеличению флористической емкости сообществ.

Второй этап (3–6 годы после рубки) – новое травяное сообщество становится закрытым, начинает преобладать фитоценотический отбор при сохранении экотопического отбора, который определяет комплексность растительности вырубок. В этот период происходит дифференциация видов на доминанты и соподчиненные виды. При этом часть рудеральных видов, в основном сорных, луговых, резко сокращает обилие. Доминантами становятся виды, обладающие пионерной стратегией жизни, такие как малина (*Rubus idaeus*), вейники (*Calamagrostis arundinacea*, *C. epigeios*, *C. canescens*), ситник (*Juncus effusus*), иван-чай (*Chamerion angustifolium*) и щучка (*Deschampsia cespitosa*).

Третий этап (7–11 годы после рубки) – переломный в изменении видового состава. Мелколиственные породы деревьев, такие как береза (*Betula pendula*), осина (*Populus tremula*) и ива козья (*Salix caprea*), в массе появляющиеся сразу после рубки леса, выходят из яруса трав. Подрост начинает формировать сомкнутый ярус. Уменьшение освещенности под пологом подроста и увеличение корневой конкуренции за воду и элементы минерального питания ведут к постепенному исчезновению луговых, болотных, водных и других видов.

Четвертый этап (12–17 годы после рубки) – сомкнутые молодые лесные сообщества. В этот период происходит смена флористического состава на лесной.

Пятый этап (с 18 лет после рубки) – лесной. К этому времени флористический состав приближается к лесному и полностью формируется лесная экосистема.

Приводимые временные границы последних трех этапов изменения флористического состава условны и связаны с особенностями породного состава леса, образующегося на вырубках, и от регулярности и интенсивности проведения рубок осветления. Полное восстановление исходного флористического состава лесных фитоценозов происходит за 20–30 лет после рубки леса.

3. Особенности лесовозобновления на сплошных вырубках ельников

Биологические и экологические свойства лесообразующих пород в значительной мере определяют основные черты и особенности их возобновления и последующего формирования древостоев, а также смены поколений и пород (Бабинцева и др., 1998; Zhukovskaya, Ulanova, 2006). Исследование популяционной биологии березы и осины, механизмов появления их возобновления и дальнейшего развития их популяций на вырубках остается до сих пор актуальной проблемой фитоценологии (Уланова и др., 2005). Особенно важной эта проблема стоит сейчас, так как береза и осина стали основными лесообразующими породами таежной зоны европейской России и необходимо переводить их в главные (целевые) лесные породы (Авдеев и др., 2003).

Механизмы развития популяции березы бородавчатой в течение 10 лет после рубки ельника черничного изучены на постоянной пробной площади в охранной зоне Центрально-лесного заповедника. Детальный анализ жизни 182 берез от стадии проростка до генеративного состояния позволил понять закономерности формирования древостоя березняка (рис. 3). Пять поколений возникли из семян, однако только первые три поколения достигли виргинильного состояния и сформировали сомкнутый полог древостоя (Уланова, 2006а). Подрост развивается быстро, однако выходят в ярус и формируют древостой только особи, достигшие взрослого состояния к 5–7 годам. В результате формируется одновозрастной древостой (с разницей возраста деревьев в 3–5 лет) исключительно семенного происхождения.

Осина является породой довольно требовательной к плодородию почвы, поэтому смена осиной происходит после рубки ельников на лучших по плодородию и увлажнению почвах. Доминирование осины на вырубках южно-таежных лесов обусловлено следующими факторами: повсеместным участием ее в коренных материнских древостоях, чрезвычайной способностью к образованию корневых отпрысков, слабым влиянием метеорологических показателей на ход вегетативного возобновления, активным нарушением верхнего почвенного слоя, что благоприятствует появлению побегов из спящих почек на корнях осины. Развитие отпрысков от корней материнских деревьев происходит только в первые 5 лет после рубки, лучший же подрост образуется в первые два года. В результате подрост осины полностью заселяет сплошные вырубки даже при небольшом ее участии в составе материнского древостоя. Немногочисленные семенные проростки появляются только в первый год и не доживают до весны следующего года.

Механизмы развития популяции осины на начальных стадиях формирования древостоев осинника после рубки ельника сложного изучены на постоянной пробной площади в течение первых 8 лет (Уланова, 2006б). Детальный анализ жизни 150 осин показал, что весь древостой сформировался уже весной в первый вегетационный сезон после рубки и исключительно из деревьев корнеотпрыскового происхождения (рис. 4). Быстрый рост и развитие позволил лучшим отпрыскам достичь взрослого состояния на третий год жизни, именно они и образовали древостой осинника. Таким образом, осинники, образующиеся на вырубках, абсолютно одновозрастные и имеют порослевое происхождение. Можно предположить, что генетически они однородны, так как в нескольких поколениях образуют один клон.

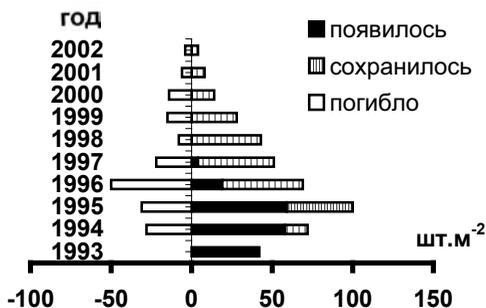


Рис. 3. Динамика структуры подроста березы в течение первых 10 лет в наземнейниковом фитоценозе после вырубке ельника черничного

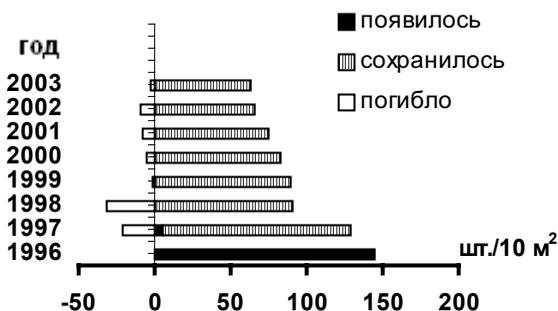


Рис. 4. Динамика структуры подроста осины в течение первых 8 лет после вырубке ельника сложного

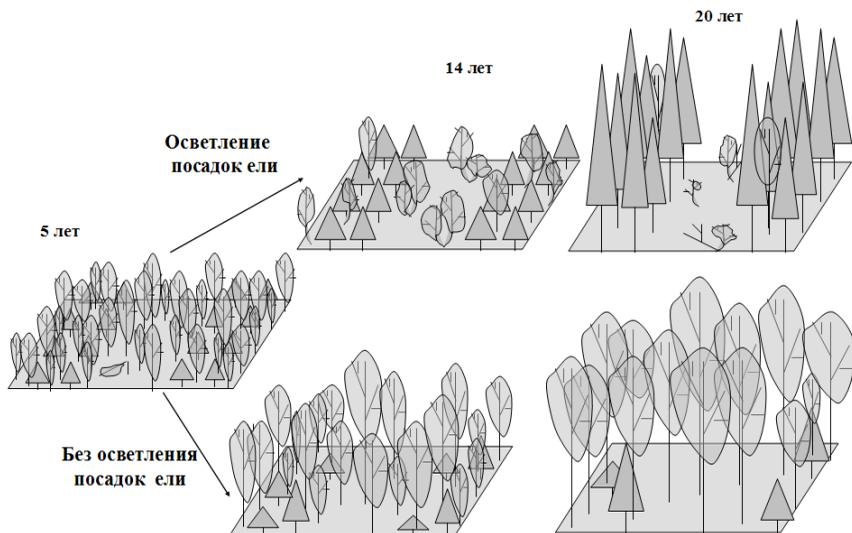


Рис. 5. Схема формирования ельника при проведении рубок ухода (осветлении) посадок ели и березняка без рубок ухода на сплошных вырубках (Zhukovskaya, Ulanova, 2006).

Естественное зарастание вырубок южнотаежных ельников березой или осиной ведет к формированию вторичных лесов, даже если были проведены посадки саженцев ели (рис. 5). Однако при проведении регулярных рубок ухода (осветлении посадок ели) происходит постоянное уничтожение мелколиственных пород и в результате образуются чистые ельники.

3. Экологические и антропогенные факторы, определяющие комплексность растительности вырубок

Высокая экотопическая гетерогенность, возникающая в процессе рубки, и выраженность микро- и мезорельефа определяют комплексность растительности вырубок. Тип каждого фитоценоза определяется влажностью и трофностью нового местообитания и зависит от первоначальной степени антропогенной нарушенности травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) и почв (Уланова, 2006б).

При сильных нарушениях ТКЯ и почв (полное уничтожение растительности, подстилки, верхних горизонтов почвы) происходит образование луговых сообществ, отсутствующих в исходных ельниках. В результате возможно появление новых фитоценозов: щучковых, полевицевых – при дерновом процессе почвообразования; кипрейно-малиновых – при процессе

гумусонакопления; ивовых, ситниковых и камышовых – при процессах глееобразования при заболачивании. Видовой состав луговых сообществ резко отличается от лесных. Это фактически фрагменты других типов растительности. Экологические условия и образующиеся вновь почвы затрудняют поселение деревьев, и такие фитоценозы зарастают лишь кустарниками. Возврат к лесной растительности возможен лишь через 50–80 лет.

При незначительном нарушении ТКЯ и почв в процессе рубки сохраняется лесная растительность. Однако она – принципиально отличается отсутствием деревьев и часто подростом и подлеском. В результате на вырубках образуются фитоценозы, состоящие из лесных видов кустарников, трав и мхов, близкие к исходным, при этом возможно лишь изменение доминирования видов.

Ход сукцессии и время возврата к исходному типу леса зависят от степени начального нарушения экосистемы. Чем масштабнее нарушение лесного биогеоценоза, тем сильнее отличается образующийся фитоценоз от исходного. Таким образом, нелесные сообщества формируются только при сильных нарушениях ТКЯ и почв. Именно в этих сообществах принципиально изменяется видовой состав и экологические условия. Основная задача же лесоводов не допустить потери лесных территорий и ускорить процесс лесовосстановления. Для решения этой проблемы необходимо не допускать снятия верхних горизонтов почвы тяжелой лесозаготовительной техникой и соблюдать правила равномерного расположения по площади лесовозных волоков.

4. Динамика растительности при лесовосстановлении на сплошных вырубках

Проведенные мониторинговые исследования растительности в течение 16 лет на ППП позволили сделать выводы о направлениях изменения растительности после рубки леса (Уланова, 2006б). В средних экологических условиях (ельники черничные, кисличные и сложные) динамический тренд направлен к исходным типам ельников. Происходит восстановление растительности с образованием молодых ельников (при регулярных рубках ухода за посадками елей) или вторичных коротко производных березняков или осинников (при недостаточном уходе за посадками). В крайних экологических условиях (ельники чернично-сфагновые, сфагновые и таволговые) динамический тренд не направлен к исходным ельникам, так как формируются длительнопроизводные березняки или сероолышаники. Восстановление ельников затягивается во времени из-за отсутствия возобновления ели. Для восстановления таких ельников необходимы меры по искусственному возобновлению елей с уходом за посадками. Экономически это не оправдано, так как

в этих условиях образуются низкобонитетные ельники. Проведение сплошных вырубок ельников в заболоченных условиях не рационально и следует использовать другие варианты рубок.

Проведенные исследования позволили предложить схему основных направлений природной динамики растительности после рубки южнотаежных ельников европейской части России (рис. 6).



Рис. 6. Основные направления сукцессий на сплошных вырубках в южнотаежных ельниках (дп – длительнопроизводные леса)

Динамические процессы, происходящие после удаления древесного яруса в южнотаежных ельниках, можно отнести к вторичным сукцессиям, так как происходит смена фитоценозов при уничтожении существующих лесных. Однако возможно выделение трех типов смен фитоценозов в ходе вторичных сукцессий (Уланова, 2006б), следуя терминологии Т.А. Работнова (1992).

1. **Демутации** (восстановление состояния, близкого к исходному фитоценозу) происходят при небольших нарушениях травяно-кустарничкового яруса и почвенного покрова в ходе рубки. В новых фитоценозах в значительной степени сохраняется флористический состав. Ход лесовосстановления ведет к формированию вторичных мелколиственных лесов, которые в свою очередь могут перейти в еловые леса. Демутации происходят только при сплошной рубке ельников черничных, кисличных, кислочно-зеленчуковых и некоторых типах сложных. Сплошные вырубку в этих типах допустимы при условии незначительного нарушения почв.

2. **Квазипервичные сукцессии** возникают при очень сильных нарушениях травяно-кустарничкового яруса и почвы, когда эдафотоп изменяется столь сильно, что сукцессионные процессы приближаются к первичным сукцессиям. Действительно, сукцессии, начинающиеся на оголенном иллювиальном почвенном горизонте (В), имеют черты первичных сукцессий. Формируются новые фитоценозы, флористически далекие от исходных лесных. Их образование зависит от гидрологических условий, поэтому возможно возникновение нескольких ассоциаций: щучковых, полевицевых, ивовых, ситниковых и камышовых. Лесовосстановление не происходит длительное время, поэтому не следует допускать возникновения участков со снятой почвой при проведении сплошных рубок ельников.

3. **Неполночленные вторичные сукцессии** приводят к восстановлению лесных фитоценозов, но не исходных ельников. Переход в ельники затруднен из-за отсутствия возобновления ели в заболоченных сообществах. Образуются длительно производные березняки, осинники и сероольшаники. Неполночленные сукцессии могут проходить в ассоциациях: таволговых, осоково-сфагновых, сероватоейниково-сфагновых, сероольховых и лещиново-осиновых. Проведение сплошных вырубок в заболоченных ельниках недопустимо, так как восстановление исходных лесов маловероятно.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS (01-0527), SCOPES № 7-IP-62658, РФФИ (01-04-49198, 04-04-48469, 05-04-49291), гранта Президента РФ государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами (00-15-97734; 2125.2003.4; 7063.2006.4).

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеев А., Авдеев Э., Дмитриева Т.* О некоторых взаимосвязанных проблемах в лесном хозяйстве и лесопользовании // Лесной бюл. 2003. № 3. С. 9–13.
- Бабинцева Р.М., Бузыкин А.И., Иванов В.В., Масленков П.Г., Пиеничникова Л.С.* Формирование лесных экосистем в условиях интенсивной лесозексплуатации. Новосибирск, 1998. 184 с.
- Гордеева М.М., Игнатова Е.А., Уланова Н.Г.* Бриофлора вырубки охранной зоны Центрально-лесного заповедника // Новости систематики низших растений. 1990. Т. 27. С. 140–144.
- Ильчуков С.В.* Динамика структуры лесного покрова на сплошных вырубках (подзона средней тайги Республики Коми). Екатеринбург, 2003. 119 с.
- Крышень А.М.,* Структура и динамика растительности сообществ вейниковой вырубки в Южной Карелии. 1. Видовой состав // Ботан. журн. 2003. Т. 88, № 4. С. 48–62.
- Кубаев В.Б., Шахин Д.А., Роденков А.Н., Телеснина В.М.* Естественное восстановление сосновых лесов среднего Енисея после рубок (опыт долговременного комплексного мониторинга). М., 2001. 313 с.
- Молчанов А.А.* Воздействие антропогенных факторов на лес. М., 1978. 139 с.
- Обыденников В.И.* Лесоводственно-географические аспекты последствий сплошных рубок // Лесохозяйственная информ. 2002. № 4. С. 28–53.
- Орфанитский Ю.А., Орфанитская В.Г.* Почвенные условия таежных рубок. М., 1971. 96 с.
- Паутов Ю.А., Ильчуков С.В.* Пространственная структура производных насаждений на сплошных концентрированных вырубках в Республике Коми // Лесоведение. 2001. № 2. С. 27–32.
- Побединский А.В.* Рубки главного пользования. М., 1980. 192 с.
- Попова Э.П., Перевозникова В.Д.* Трансформация нижних ярусов растительности и подстилок на вырубках сосняков Среднего Приангарья // Лесоведение. 1996. № 6. С. 47–57.
- Тощева Г.П.* Изменение почвенного покрова на вырубках ельников южной тайги // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1988. 24с.
- Уланова Н.Г.* Мониторинг динамики популяции березы повисшей в первые 10 лет после сплошной вырубки ельника-черничника // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Йошкар-Ола, 2006 а. С. 290–292.
- Уланова Н. Г.* Восстановительная динамика растительности сплошных рубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России). Автореф. дис. ... доктора биол. наук. М., 2006 б. 46 с.
- Уланова Н.Г., Жуковская О.В., Куксина Н.В., Демидова А.Н.* Структура и динамика популяции березы бородавчатой (*Betula pendula Roth.*) в наземной вейниковых фитоценозах сплошных рубок ельников Костромской области // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2005. Т. 110. Вып. 5. С.27–35.
- Уланова Н.Г., Тощева Г.П.* Связь растительности микрогруппировок вейниковой вырубки с почвами // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 1989. Т.94. Вып. 4. С. 73–84.

Федоров С.Ф., Марунич С.В., Буров А.С., Ральцевич Н.Д. Изменение структуры водного и теплового баланса залесенных территорий под влиянием вырубок // Труды Государственного гидрологического ин-та. 1981. № 279. С. 20–31.

Ярошенко А.Ю. Способы минимизации негативного воздействия лесозаготовительной деятельности на природное биоразнообразие и естественную динамику лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М., 2004. Т. 2. С. 507–536.

Ярошенко А.Ю. Об оставлении при сплошных рубках малоценных лиственных деревьев // Лесной бюл. 2005. № 28. С. 27–32.

Ballard T.M. Impacts of forest management on northern forest soil // Forest Ecology and Management. 2000. Vol. 133. P. 37–42.

Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. Ecology. Individuals, populations and communities. 3rd ed. Oxford, 1996. 942 p.

Giardina C.P., Rhoades C.C. Clear cutting and burning affect nitrogen supply, phosphorus fraction and seedling growth in soil from a Wyoming lodgepole pine forest // Forest Ecology and Management. 2001. Vol. 140. P. 19–28.

Kimmins J.P. Forest ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry. New Jersey: Pearson Education Inc., Prentice Hall, 2004. 701 p.

Palmer M.W. Variation in species richness: towards a unification of hypotheses // Folia Geobot. et Phytotaxon. 1994. Vol. 29. № 4. P. 511–530.

Swank W.T., Vose J.M., Elliott K.J. Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clearcutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment // Forest Ecology and Management. 2001. Vol. 143. P. 163–178.

Vitousek P.M., Matson P.F. Disturbance, nitrogen availability, and nitrogen loss in an intensively managed loblolly pine plantation // Ecology. 1985. Vol. 66. P. 1360–1376.

Zhukovskaya O.V., Ulanova N.G. Influence of brushing frequency on birch population structure after felling // Ecoscience. 2006. Vol. 13. № 2. P. 219–225.