

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ АЛЬФЕ-ГУМУСОВЫХ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ РУБКИ ДРЕВОСТОЯ

Ткаченко Ю.Н.

Карельский научный центр Российской Академии Наук, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. На территории Республики Карелия, происходит заготовка леса различными способами. Примерно 2/3 покрытой лесом территории республики пройдено рубкам. Рубку древостоя можно отнести важным антропогенным факторам, которая в свою очередь сказывается на динамике структуры и породном составе лесов. В статье рассматриваются альфе-гумусовые почвы под древостоями, находящимися на различных стадиях восстановления после рубки главного пользования. Рассматриваются характер и динамика изменений морфологических и физико-химических свойств почв в результате смены древесной и напочвенной растительности.

Ключевые слова. Сосняк брусничный, рубка главного пользования, альфе-гумусовые почвы, стадия сукцессии, динамика, свойства почв.

CHANGE OF PROPERTIES OF ALPHE-HUMUS SOILS AS A RESULT OF TREE FELLING

Tkachenko Y.N.

Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. On the territory of the Republic of Karelia, forest harvesting takes place in various ways. About 2/3 of the republic's forested area has been cut. Felling of the stand can be attributed to important anthropogenic factors, which in turn affects the dynamics of the structure and species composition of forests. The article discusses alpha-humus soils under stands that are at various stages of restoration after felling. The nature and dynamics of changes in the morphological and physicochemical properties of soils as a result of a change in woody and ground vegetation are considered.

Keywords. Lingonberry pine, main cutting, alpha-humus soils, succession stage, dynamics, soil properties.

В результате рубки древостоя происходит формирование вторичных лесных сообществ, находящиеся на различных стадиях восстановительной сукцессии [1, 5,16-19]. Это один из ведущих механизмов сохранения функциональной стабильности таежных ландшафтов, так называемая устойчивость «регенерационного» типа, находящийся под контролем зональных факторов [11]. Смена растительного покрова оказывает непосредственное влияние на процессы и скорость трансформации почв и почвенного покрова [1,3,10]. Почвы занимая центральное место в ландшафтных системах, тесно связаны с водными и воздушными геохимическими потоками вещества. Поэтому нормальное функционирование почв как биокосных природных и природно-антропогенных подсистем большое значение для экологической устойчивости в целом.

Наши исследования проводились в северной почвенной зоне Карелии, для нее характерны неблагоприятные климатические условия, а также значительная пестрота форм рельефа, грубый и сравнительно однообразный гранулометрический состав почвообразующих пород. Частые зимние оттепели, замерзание и оттаивание почв, а также суточные перепады температур способствуют физическому выветриванию, особенно в поверхностных горизонтах. Малая мощность толщи покрывающих рыхлых отложений, медленное разложение растительных остатков обуславливают формирование почв с укороченным профилем и мощной лесной подстилкой. Мощный органогенный горизонт продуцирует большое количество кислых органических веществ, способствующих формированию мощных подзолистого и иллювиально-гумусового горизонтов. Кроме общих зональных закономерностей в структуре почвенного покрова четко прослеживается влияние рельефа территории.

В связи с широким распространением почв легкого механического состава на территории северотаежной подзоны, отмечается преобладание сосновых древостоев, которые делятся на следующие группы типов леса: лишайниковые, зеленомошные, долгомошные и сфагновые [15]. Зеленомошные леса на территории Карелии занимают наибольшую площадь, к ним относятся сосняки брусничные (IV-V классы бонитета). В напочвенном покрове обильно произрастает брусника (*Vaccinium*

vitis-idaea L.), реже черника (*Vaccinium myrtillus* L.). Хорошо развит моховый покров из *Hylocomium splendens* Hedw и *Dicranum rugosum* Hedw.

Свойства альфегумусовых почв [14], изучались на участках, где по признакам возраста главной древесной породы были выделены следующие стадии сукцессии: вырубки, молодняки, средневозрастные, спелые и климаксовые леса [7, 9].

Стадия вырубки не относится к лесному этапу, это кратковременная фаза развития лесного сообщества, длящаяся с момента рубки древостоя до стадии сомкнутого молодняка. В лесовосстановлении выделяются и фазы развития культур и естественного возобновления на вырубках. Ряд авторов [2, 4, 5, 8] выделяет несколько этапов, которые отличаются между собой древесными породами.

Одним из важных диагностических показателей степени нарушенности и трансформации на стадии восстановления почв является, мощность верхних генетических горизонтов. Согласно средним значениям мощности органогенного горизонта, почв сосняков можно расположить в следующий ранжированный ряд: 180- летний (12,3) <40- летний (6,7) <60 и 100-летние (6,3) <50-летний (5,8) <свежая и 140-летний (5,0) <240-летний (3,5) <5-летний (3,0).

Так, сразу после рубки, отмечается значительное нарушение верхних почвенных горизонтов лесозаготовительной техникой. В результате чего верхняя часть почвенной толщи не имеет четкой дифференциации на генетические горизонты.

Частично сохранившийся органогенный горизонт имеет невысокую мощность и довольно высокую зольность (около 61%) за счет примеси минеральных горизонтов (R^2 1,0). В минеральных горизонтах отмечается высокое содержание органического материала (R^2 1,0), состоящего из порубочных остатков, лесной подстилки, корешков и напочвенной растительности (потеря при прокаливании 1,1%).

Характер лесозаготовки и вид применяемой техники (R 0,8), обусловили неоднородность распределения мощности (CV около 0,6), зольности и потери при прокаливании (CV 0,8-1,0) почвенных горизонтов. Сохранившаяся лесная подстилка имеет ту же мощность и структуру, что и в исходном древостое (R^2 0,25).

На пятый год древесные породы выходят из пространства травянистого яруса и начинают разрастаться. В растительном сообществе наблюдается ослабление влияния злаков и увеличение доли разнотравья [7].

Под травянистой растительностью формируется дерновый горизонт, густо переплетенный корнями. Для него характерна небольшая мощность и наличием в нем минеральной примеси (зольность 52%) (R 0,8). Также отмечается формирование маломощного переходного горизонта (R 0,8), в котором содержание органического материала меньше (ППП 1,3%), чем в турбированной минеральной части почв свежей вырубки. За счет равномерного распределения травянистой растительности по площади всей вырубки, происходит снижение варьирования мощности органогенного горизонта (CV 0,4) и количества в нем минеральных примесей (CV 0,5).

Сформированный к десяти годам, древесный ярус еще не оказывает существенного влияния на напочвенный покров. Равномерное распределение древесной и травянистой растительности по поверхности почвы привел к формированию лесной подстилки (R 0,8), состоящей из опада листовых пород (зольность 52%). В верхней части почвенного профиля наблюдается четкая дифференциация (R 1,0) на подзолистый (около 10 см) и иллювиально-железистый горизонты (около 20 см), значительной вариации мощности не наблюдается (CV 0,5).

В 40-летних древостоях происходит дифференциация деревьев по размерам кроны и ствола и интенсивным отмиранием деревьев в загущенных древостоях. В напочвенном покрове вслед за изменениями в древесном ярусе также происходит заметная перестройка, выражающаяся в изменении соотношения лишайников и зеленых мхов, кустарничков *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L. Состав лесной подстилки меняется (зольность 40%), мощность увеличивается и достигает 7см (R 0,9). Мощность минеральных горизонтов не изменилась, но они стали более выраженными. Так как на вырубке наблюдается неравномерное распределение кустарничков, мхов и лишайников происходит варьирование зольности лесной подстилки (CV 0,6). Формирование древесного яруса и постепенная смена напочвенной растительности оказывает значительное влияние на формирование верхних почвенных горизонтов в данный период (R^2 0,9).

50-60-летние древостои, характеризуется продолжающейся дифференциацией деревьев, в видовом составе преобладают *Avenella flexuosa* (L.) Drej., *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, а моховой покров выражен и представлен *Dicranum polysetum* Sw., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. Значительных изменений мощности и состава лесной подстилки не происходит. Подзолистый горизонт становится более выраженным и достигает мощности 7см.

Постепенное приближение структуры фитоценоза к исходным древостоям наблюдается в сосняках 100-140-летних. В этот период влияние древостоя уже настолько сильное, что нивелирует

действие факторов среды. В травяно-кустарничковом ярусе абсолютно доминируют кустарнички: *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitisidaea*, *Vaccinium uliginosum* L. И *Ledum palustre* L. В мохово-лишайниковом ярусе кроме *Pleurozium schreberi* бывают обильны *Hylocomium splendens* и *Dicranum polysetum*. В подлеске обычна *Sorbus aucuparia* L., часто встречается *Juniperus communis* L. В этот период в почве существенных морфологических изменений не происходит. Окончательно сформировавшиеся древостой и напочвенный покров, оказывают (R^2 0,9), сильное влияние на мощность (R около 1,0) и ППП минеральной части почв (R 1,0). Вариабельность мощности (CV 0,2), зольности (CV 0,9) и ППП (CV 1,0) почвенных горизонтов схожими с почвами средневозрастных древостоев.

Для данного типа почв характерна высокая кислотность, которая постепенно снижается с глубиной. Потенциальная кислотность лесной подстилки варьирует от 2,7 до 3,2. Т.к. на севере не происходит значительного заселения вырубке мелколиственными культурами, то и значительного изменения (CV от 0,04 до 0,1) этого показателя с возрастом древостоя не происходит.

Кислотность нижних минеральных горизонтов снижается до 3,0-3,5 в элювиальном горизонте, достигая в иллювиальном горизонте 4,5-5,4. Несмотря на механическое перемешивание горизонтов, значительной вариабельности кислотности не наблюдается (CV 0,1). На всех этапах процесса лесовосстановления почвенная кислотность остается довольно стабильным показателем.

В отличие от потенциальной, гидролитическая кислотность менее стабильный показатель. Рубка древостоя оказала значительное влияние на этот показатель (R и R^2 1,0), особенно в первые годы (CV 0,4) гидролитическая кислотность достигает 105 мг/100г почвы.

Для гидролитической кислотности характерно резкое снижение до 2-5 мг/100г почвы в минеральных горизонтах, и высокая вариабельность (CV 0,3-1,0). В первые годы после рубки она достигает 3,6-4,6 мг/100г почвы, с последующим снижением до 2,4 в сосняках средневозрастных. В спелых древостоях происходит увеличение кислотности до 4 мг/100г почвы. Высокие показатели изменчивости приурочены к периодам смены как древесной породы, так и к изменениям в напочвенном покрове.

Степень обменных оснований в лесной подстилке имеет высокую вариабельность CV 0,4-1,2. Самые высокие коэффициенты приурочены к восстановительным этапам после рубки и переходным периодом формирования древостоя. Степень насыщенности основаниями минеральных горизонтов выше (от 70 до 90%), чем в органогенных горизонтах (от 40 до 80%). Вариабельность показателя находится в пределах 0,2-0,7, более высокие показатели в перестойных древостоях.

Содержание обменного калия в изучаемых почвах низкое. Основное накопление его происходит в органогенном горизонте и носит биогенный характер. Ранжированный ряд для органогенного горизонта будет иметь следующий вид: 60 и 100-летние (175,7мг/100г почвы) <40-летний (140,2) <180-летний (124,2) <свежая (118,0) <140-летний (108,3) <5 и 10-летние (63,0) <240-летний (42,5).

Сразу после рубки древостоя (R и R^2 1,0) отмечается увеличение содержания калия в верхней части почвы до 118,0 мг/на 100г. Что объясняется увеличением поступления растительного материала и обогащением минеральными частицами верхней части почвы в результате деятельности лесозаготовительной техники, с этим же связано и неоднородность распределения калия по все площади вырубке (CV 0,6). К моменту появления травянистой и мелколиственной растительности (молодняки), содержание в органогенном горизонте резко снижается, из-за неравномерного зарастания площади вырубке степень варьирования подвижного калия остается высоким (CV около 0,6). Продолжающаяся дифференциация древостоя и неоднородность по покрытию травяно-кустарничкового яруса в средневозрастных насаждениях сказались (R и R^2 1,0) на увеличение содержания калия и его вариабельности (CV 0,7) в лесной подстилке. В спелых древостоях происходит некоторое снижение калия в органогенном горизонте до 110-120мг/100г почвы, распределение его в древостое выравнивается (CV 0,2).

В минеральных горизонтах отмечается подвижного калия значительно меньше по сравнению с лесной подстилкой. Так, сразу после рубки и в молодняках оно достигает 2,0-3,0 мг/100г почвы, с довольно высокой неоднородность распределения по вырубке (CV до 0,8). В сосняках средневозрастных происходит накопление подвижного калия в верхних минеральных горизонтах до 8,0 мг/100г почвы на фоне высокой вариабельности, достигающей 1,0. В сосняках спелых за счет выноса его в нижнюю часть почвенного профиля происходит резкое снижение содержания калия в верхних минеральных горизонтах до 2,0 мг/100г почвы (CV около 0,5).

Основное накопление подвижного фосфора также происходит в органогенном горизонте, ранжированный ряд будет иметь следующий вид: 40-летний (48,6мг/100г почвы) <180-летний (29,1) <свежая (26,0) <60 и 100-летние (19,8) <5-летний (17,7) <140-летний (11,2) <10-летний (8,8) <240-летний (6,9).

После рубки древостоя основное накопление фосфора происходит в верхнем горизонте и достигает 26,0 мг/100г почвы, резко снижаясь в верхних минеральных горизонтах 2,2 мг/100г почвы. Коэффициент вариации достигает 1,3.

Появление листовых пород и злаковой растительности сказалось (R и R^2 1,0) на снижении фосфора в органогенном горизонте в молодняках (5 лет- 17,7 и 10 лет- 8,8 мг/100г почвы). Снижение в верхних горизонтах и увеличение содержания фосфора в минеральных горизонтах связано с усилением разложения и минерализации органического вещества. Для почв характерна высокая вариабельность фосфора в почвенных горизонтах, CV от 0,7 до 1,7.

По мере смены древесной растительности и внутренних перестроек внутри растительных сообществ происходит изменение состава и структуры органогенного горизонта (R и R^2 0,9). Эти изменения сказались на постепенное снижение фосфора в лесной подстилке средневозрастных и приспевающих, с 48,0 (средневозрастный) до 20,0 мг/100г почвы (в приспевающих). Варьирование в почвах также снижается с 0,9 до 0,5. В минеральных горизонтах сосняков средневозрастных наблюдается довольно широкий диапазон содержания фосфора в почве от 20,0 (40-летний) до 61,0 мг/100г почвы (50-летний) (CV 1,1).

В органогенном горизонте сосняков перестойных содержание подвижного фосфора колеблется от 11,2 (140-летний) до 29,1 мг/100г почвы (180-летний). Коэффициент вариации постепенно снижается с 0,7 до 0,3. В минеральных горизонтах с возрастом происходит снижение фосфора с 50,4 (100-летний) до 21,5 мг/100г почвы (240-летний) (CV около 1,0).

Накопление углерода и азота в исследуемых подзолах носит биогенный характер накопления. Используя средние показатели содержания этих элементов в органогенном горизонте можно построить следующие ряды: азот- 140- летний (1,6%) <5 и 10-летние (1,5) <свежая (1,4) <40,60,100 и 180-летние (1,2) <240(0,8); углерод- 140 и 180-летний (55,0%) <5,10, 60 и 100-летние (48,5) <свежая (35,4) <240-летний (6,1).

В целом почвы характеризуются низким их содержанием, находящимся в пределах от 35,0 (молодняки) до 55,0% (перестойные).

Как следствие нарушения или полное уничтожение лесного сообщества и верхнего органогенного горизонта в результате рубки (R и R^2 1,0), наблюдается снижение содержания углерода в верхней части почв. В молодняках его содержание увеличивается, что объясняется поступлением органического материала от сформированного к этому времени растительного сообщества. Несмотря на значительные изменения, происходящие средневозрастных и приспевающих сосняках (R 0,8), существенного изменения содержания валового углерода не происходит. В перестойных древостоях происходит его увеличение до 55,0%. Варьирование содержания углерода в органогенном горизонте не высокое (CV от 0,1 до 0,3).

Содержание азота в органогенном горизонте не претерпевает сильного изменения в результате процессов восстановления почв после рубки и смены растительных сукцессий (от 1,2 до 1,6). В молодняках содержание общего азота достигает 1,5% и варьирует в пределах 0,3. На стадии средневозрастных древостоев его содержание снижается до 1,2%, при этом повышается вариабельность до 0,4. Лесная подстилка почв сосняка 140-летнего содержит 1,6% азота с последующим снижением до 1,2% (180-летний) и в сосняке 240-летнем достигает 0,8%. Вариабельность содержания невысокая и составляет 0,3.

С глубиной содержание азота значительно снижается, так в верхних минеральных горизонтах изучаемых почв его накапливается от 0,02 до 0,1%. В молодняках верхние горизонты содержат общего азота 0,1%, снижаясь до 0,03% в сосняках средневозрастных и в последующем сильно не изменяется (0,04%- перестойные). Этот показатель подвержен значительным изменениям, так наибольшая вариабельность характерна для почв сразу после рубки (0,8) и молодняках (2,0), стабилизируясь в средневозрастных древостоях (0,7) и оставаясь примерно на этом же уровне в сосняках перестойных (0,8). Тем не менее, состав растительных сообществ сказывается на содержании его в верхних почвенных горизонтах, так R и R^2 1,0.

Исследования временной динамики свойств почв, нарушенных в результате рубки древостоя продемонстрировали динамичность происходящих процессов [13]. Значительное воздействие на этапы восстановления почв оказывают внешние факторы. Влияние их сказывается на изменении состава и содержания отдельных компонентов, а также на характер связей между ними.

Наиболее динамичные изменения морфологических и физико-химических свойств отмечается в первые годы после рубки. В этот период наблюдается изменение состава растительности [7], ослабление влияния исходного древостоя. В дальнейшем такая динамика отмечается при переходе древостоя из одной стадии в другую.

Список использованных источников

1. Бобровский М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. –М.: Тов-во науч.изд. КМК, 2010. 359 с.
2. Бойченко А.М. Типы вырубков и лесовосстановительные мероприятия в сосняках северотаежного Зауралья // Динамическая типология леса. М.: Агропромиздат, 1989. С. 99-107.

3. Втюрин Г. М. Структура почвенного покрова таежной зоны европейского Северо-Востока. – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1991. 152 с.
4. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение. 1974. №2. С. 3-20.
5. Корконосова Л.И., Кожухов Н.И. Вейниковые вырубки севера Пермской области // Некоторые вопросы типологии леса и вырубок. Архангельск: Сев.-Зап. КН. Изд-во, 1972. С.104-117.
6. Крышень А. М., Гнатюк Е. П., Преснухин Ю. В., Ткаченко Ю. Н. К вопросу о разнообразии производных лесов Карелии // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика. Матер. Междунар. Конф. Т1. – Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2006. С.130-132.
7. Крышень А. М. Растительные сообщества вырубок Карелии. – М: Наука, 2006. – 262с.
8. Маслаков Е.Л., Колесников Б.П. Классификация вырубок и естественное возобновление сосновых лесов среднетаежной подзоны равнинного Зауралья // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1968. Вып.1. С.246-279.
9. Мелехов И.С. Основы типологии вырубок // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. Архангельск: Ин-т леса и лесохимии АН СССР, 1959а . С.5-23.
10. Телеснина В. М., Шахин Д. А. Влияние послевырубочных лесовосстановительных сукцессий на лесные почвы (на примере песчаных подзолов средней тайги Западной Сибири) // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 2. С. 37–45.
11. Тимофеев Д. А. Механизмы геоморфологической устойчивости // Механизмы устойчивости геосистем. – М.: Наука, 1992. – С. 68–75.
12. Ткаченко Ю.Н. Влияние рубки ухода на свойства почв северо-таежной подзоны Карелии // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2006. С.222-223.
13. Ткаченко Ю.Н. Трансформация почв на разных стадиях восстановления сосняков // Тр. Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. Апатиты: Изд-во РАН, 2017. С.410-412.
14. Ткаченко Ю.Н. Изменение свойств почв в процессе лесовосстановления после рубки главного пользования // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2017. С.297-299.
15. Яковлев Ф.С., Воронова В.С. Типы лесов Карелии и их природное районирование. – Петрозаводск: Госиздат Карелия, 1959. – 190 с.
16. Gamfeldt L., Hillebrand H., Jonsson P.R. Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning. *Ecology*, 2008. 89(5): 1223–1231.
17. Hector A., Bagchi R. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature*, 2007. 448: 188-190.
18. Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardlaw D.A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge // *Ecol. Monogr.* 2005. Т. 75. № 1. С. 3–35.
19. Schwartz M.W., Brigham C.A., J.D., Lyons K.G., Mills M.H., Mantgem P.J. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia*, 2000. 122:297–305.

Работа выполнена в рамках ГЗ ИЛ КарНЦ РАН.