

УДК 630*251

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ
ЛЕСОЗАГОТОВОК В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

© 2005 г. В. В. Иванов

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН**660036 Красноярск, Академгородок*

Поступила в редакцию 10.06.2003 г.

Среди всего разнообразия природных условий, определяющих экологическую обстановку на площадях, пройденных механизированными лесозаготовками, важное значение в жизнедеятельности растений имеют метеорологические, гидрологические и эдафические факторы. Исследованы древостой, пройденные разными вариантами рубок главного пользования в елово-пихтовых насаждениях подзоны южной тайги. Степень изменения условий среды при рубках зависит от интенсивности рубок, применяемой техники, технологии и сезона лесозаготовок.

Насаждение, древостой, рубка, лесозаготовка, температура, интенсивность снеготаяния, нарушение поверхности почвы.

Актуальность проблемы рационального ведения лесного хозяйства в Сибири на основе комплексного использования и воспроизводства лесных ресурсов очевидна. Одним из основных звеньев этой проблемы является необходимость сохранения водоохраных, почвозащитных и других средообразующих функций лесных экосистем. Все это требует разработки новых требований, обеспечивающих сохранение природоохранных функций леса, в том числе уточнения и привязки к зонально-типологической основе способов рубок главного и промежуточного пользования, технологических схем разработки лесосек на базе современной техники и т.д.

Среди всей совокупности природных условий, определяющих экологическую обстановку на площадях, пройденных механизированными лесозаготовками, важное значение в жизнедеятельности растений имеют метеорологические и гидрологические факторы. Резкое изменение режимов освещенности, температуры и влажности приземного слоя воздуха, вызываемое рубкой леса, является причиной ослабления и отмирания подроста и молодняка хвойных пород. В результате вырубки древостоя изменяется гидрологический режим лесной территории. Для темнохвойных лесов южной тайги этот вопрос остается недостаточно изученным.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Наши исследования были направлены на изучение экологических условий произрастания хвойных пород на площадях, пройденных разными вариантами рубок главного пользования.

Опытно-производственные варианты рубок были проведены в елово-пихтовом осочково-разнотравном насаждении подзоны южной тайги Красноярского края (Большемуртинский лесхоз). В результате проведения рубки на участке 2 (добровольно-выборочная рубка) площадью 5.5 га было заготовлено 827.1 м³, что составило в среднем около 26% от первоначального запаса. На участке 3 (интенсивно-выборочная рубка) площадью 4.5 га вырублено 812.4 м³, что составило в среднем 41.0% от первоначального запаса. На участке 4 (длительно-постепенная рубка) вырублено 783.6 м³, или в среднем 60% запаса с площади 4.0 га. На участке 5 (сплошно-лесосечная рубка) вырублено 1345.2 м³, или в среднем 94.2% запаса. Объем древесины, в том числе с волоков, составил около 7-8%, причем волока занимали 12.5-14.3% площади пазек. Участки 6 и 7 разрабатывались с использованием агрегатной техники (полосно-постепенная рубка).

Наблюдения за температурным режимом приземного слоя воздуха и поверхности почвы, особенностями перераспределения твердых осадков и интенсивностью снеготаяния проводились в соответствии с общепринятыми методиками. Почва как основной компонент биогеоценозов изучалась с целью выявления размеров нарушения и изменения ее свойств, вызванных рубкой леса. Исследования проводились на вырубках, разработанных с применением базовой (бензопила и трелевочный трактор с чокерной оснасткой ТТ-4, на участках 2-5) и агрегатной техники (валочно-пакетирующая машина ЛП-19 и трелевочный трактор с манипулятором ЛП-18А на участках 6-7) и соответствующих технологий [2].

На пробных площадях (пр. пл.) проводились наблюдения за микроклиматом, для чего были оборудованы метеоточки в центре каждой пробной площади. В каждой метеоточке на высоте 2 м устанавливались недельные термографы, минимальный, максимальный и срочный термометры и осадкомер. Температура почвы измерялась термометрами Савинова на глубине 0, 5, 15, 30 см. Описание и взятие образцов почвы производилось на всех участках по почвенным разрезам на волоке, в середине пасеки и на контроле (в нетронутом древостое).

Наблюдение за накоплением и динамикой таяния снежного покрова осуществлялись по методике, разработанной С.И. Мурашевым, З.И. Кузнецовой [5], И.Д. Копаневым [3], с некоторыми изменениями и дополнениями. В каждом варианте рубки закладывались три снегомерные профильные линии, которые закреплялись на местности вешками, поставленными в зоне волока (центр волока), приволочной зоне (2 м от края волока) и пасечной зоне (середина полупасеки). Толщина снежного покрова у вешек измерялась снегомерной рейкой из расчета по 15 измерений высоты снежного покрова на каждой категории площади в пределах одной профильной линии.

Плотность снега определялась путем взвешивания его проб в снегомерном цилиндре по профилю у каждой вешки в трехкратной повторности. По данным каждой снегомерной съемки вычислялся запас воды в снеговом покрове (мм слоя). Периодичность снегомерной съемки - один раз в 5-10 дней. По данным П.П. Кузьмина [4], ошибка точности по высоте не превышает 4-6%, при $n = 100$, а по плотности при $n = 20$ -7%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что температурный режим в приземном слое воздуха на участках, пройденных рубкой разной интенсивности, отличается от контроля. Температура воздуха в течение суток по вариантам рубки наиболее близка в период ее наименьших значений (4-6 ч) и некоторое отличие наблюдается при ее максимальных значениях (12-14 ч). Однако разница температур между максимумом и минимумом в зависимости от интенсивности рубки существенна. В варианте с интенсивностью вырубki запаса 26% разность температур между максимальными и минимальными ее значениями составила 23.4°, с интенсивностью - 40% - 24.1°, с интенсивностью - 60% - 24.8° и в варианте сплошно-лесосечной рубки - 27.5°. Данные, полученные в мае-июне этого же года, свидетельствуют, что разница температур между дневными и ночными часами в эти месяцы может достигать больших значений, соответственно: 28.5, 31.2, 40.5 и 44.9°. Различия в этих показателях по сро-

кам наблюдений объясняются, по-видимому, тем, что в мае-июне перепад между дневными и ночными температурами более значителен, чем в другие летние месяцы. Однако в том и другом случае, очевидно, что перепад температур в значительной степени зависит и от сомкнутости древесного полога после рубки. Наблюдения в течение ряда лет на постоянных пробных площадях показали, что колебания температур наиболее значительны на участках с интенсивностью рубки более 40%. На наш взгляд, в данных условиях снижение сомкнутости полога темнохвойных высокополнотных древостоев с большей интенсивностью рубки является одним из основных факторов, определяющих степень нарушенности условий произрастания подроста темнохвойных пород.

Наблюдения за температурным режимом верхнего 30-сантиметрового слоя почвы показали, что амплитуда колебаний температуры наиболее значительна на ее поверхности и на глубине 5 см (3-6°C), тогда как на глубине 15 и 30 см она не превышала соответственно 1 и 0.5°. Следует отметить, что в сравнении с местами, нарушенными в процессе лесозаготовки колебания суточных температур значительно сглаживаются в местах с нетронутым напочвенным покровом. Это положение сохраняется и через 5-6 лет после рубки. Относительная влажность воздуха на участках с увеличением интенсивности разреживания древесного полога снижается на 2-5%.

Изменение гидротермического режима в приземном слое воздуха и в почве на вырубках оказывает существенное влияние на распределение твердых осадков. Процесс снеготаяния и снегонакопления является одним из основных факторов, определяющих водный режим лесной территории. Известно, что основным источником питания крупных рек являются твердые осадки, которые формируют 60-80% годового стока. Темнохвойные леса при этом играют большую средообразующую роль [8].

Исследования по изучению снегозапасов и процесса снеготаяния на площадях, пройденных разными вариантами рубок главного пользования, позволили установить особенности залегания снежного покрова в пределах каждого варианта рубки. Так, например, под пологом нетронутого рубкой древостоя высота снежного покрова составила 45-50 см, что в 1.5-2.0 раза меньше по сравнению со сплошной вырубкой (75-80 см), т.е. с увеличением интенсивности рубки увеличивается и высота снежного покрова. В пределах каждого варианта рубки максимальная высота снежного покрова наблюдается на волоках (на 10-20 см больше, чем на пасечной ленте). В приволочной зоне этот показатель имеет промежуточное положение между упомянутыми категориями площадей. Наиболее равномерно снег распределен

на сплошной вырубке. В варианте с полосно-постепенной рубкой с широтной ориентацией волоков разница между пасечной лентой и волоком достигает 35–40 см.

Наблюдения за динамикой снеготаяния позволили установить, что полный сход снежного покрова на контрольном участке (нетронутый рубкой древостой) происходит за 49 дней, в варианте с интенсивностью рубки 26% по запасу - за 51 день, в варианте 40% - за 47 дней, в варианте 60% - за 46 дней, на сплошной вырубке - за 46 дней (табл. 1).

Из этого следует, что при изреживании древостоя более чем на 40% период снеготаяния сокращается на 5 дней по сравнению с контролем. В вариантах с полосно-постепенной рубкой, проведенной с применением агрегатной техники, при расположении волоков с севера на юг сход снежного покрова отмечен также через 46 дней, а при направлении трелевочных волоков с востока на запад - через 55 дней, причем в пасечной ленте он сходит на 10 дней раньше, чем на волоке.

Изучение интенсивности снеготаяния по вариантам рубки показало, что наименее интенсивно происходит оно на контроле (1.0 мм сут^{-1}). С увеличением интенсивности рубки этот показатель достигает максимума (1.8 мм сут^{-1}) на сплошной вырубке. Из всех вариантов, пройденных рубкой, минимальная интенсивность снеготаяния (1.2 мм сут^{-1}) отмечена на участке с полосно-постепенной рубкой с интенсивностью выборки 38% по запасу. Следует отметить, что наличие разных категорий технологических площадей (пасека, приволочная зона, волок) обуславливает пеструю картину интенсивности снеготаяния в пределах одного участка.

В результате изменения температурного и гидрологического режима происходят изменения свойств почвы. Наиболее значительные изменения свойств почвы возникают на технологических площадях. Это происходит в результате нарушения ее поверхности ходовой частью работающих механизмов и трелевочными пачками деревьев (хлыстов). Размер нарушенной (минерализованной) поверхности почвы зависит от почвенно-грунтовых условий, применяемой техники и технологии, способа рубки и сезона заготовки [6, 7].

Установлено, что на сплошных вырубках при разработке лесосек агрегатной техникой в значительной степени нарушается поверхность почвы в летний сезон года, хотя разница между зимними и летними лесосеками по общему показателю минерализации невелика (средней и сильной степени подвергнуто около 40% площади), однако поверхность со слабой минерализацией составляет летом около 20, а зимой 7%. На лесосеке, разработанной весной в таких же условиях, средняя и сильная степень минерализации поверхности отмечена на 66.7% площади и только 12.7% оста-

Таблица 1. Высота снежного покрова и снеготаяние по вариантам рубки

Пр. пл.	Интенсивность рубки, %	Высота снежного покрова в начале снеготаяния, см	Средняя интенсивность снеготаяния, мм сут ⁻¹	Продолжительность снеготаяния, сут
1	0	48.5 ± 1.7	1.0	49
2	26	72.0 ± 2.9	1.4	51
3	41	72.8 ± 2.7	1.5	47
4	60	73.8 ± 2.3	1.6	46
5	94	82.0 ± 3.1	1.8	46
11	58	78.0 ± 2.4	1.7	46
12	38	68.2 ± 2.5	1.2	55

лось не нарушенной. При рубке в летний период лиственных насаждений со вторым хвойным ярусом разница между показателями минерализации поверхности почвы на лесосеках, разработанных базовой и агрегатной техникой по категориям нарушенности в пользу агрегатной техники составила: не нарушенная - 34%, в слабой степени - 1, средней - 29, сильной - 6%. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что при разработке лесосек в лиственных насаждениях по базовой технологии методом узких лент направленный повал деревьев затруднен, так как деревья имеют разный наклон (особенно березняки порослевого происхождения). При этом возникает необходимость в большей маневренности трелевочного трактора, вызывающем увеличение нарушенной поверхности вырубki. В варианте с агрегатной техникой таких затруднений не возникает [1].

Исследования, проведенные на участках, разработанных несплошными рубками с использованием разных вариантов лесозаготовительной техники, позволили получить данные о степени нарушенности почвы и изменениях ее свойств при разной интенсивности вырубki запаса древостоя. Так, например, при использовании трелевочного трактора ТТ-4 и разработке лесосек методом узких лент величина нарушенной поверхности почвы составила: при интенсивности рубки 25% по запасу - 10, при интенсивности рубки 40 по запасу - 20 и при интенсивности 60 по запасу - 26.7%. При сравнении этого показателя вариантов рубок с интенсивностью 40–60%, разработанных базовой и агрегатной техникой, выявлены довольно близкие значения, хотя и при большом их варьировании. Так, например, при разработке базовой техникой величина не нарушенной поверхности почвы составила в среднем 68%, слабо нарушенной - 14, средне нарушенной - 10 и сильно нарушенной - 8%. При разработке лесосек агрегатной техникой

Таблица 2. Изменение водно-физических свойств верхнего 30-сантиметрового слоя почвы при разных вариантах рубки

Пр. пл.	Интенсивность рубки, %	Категория технологической площади	Объемная масса, г см ⁻³	Общая пористость	Порозность аэрации, %
1		Контроль	0.52	78	33
2	26	Пасека	0.82	68	38
		Волок	0.94	63	15
3	41	Пасека	0.80	69	30
		Волок	0.97	63	27
4	60	Пасека	0.83	68	31
		Волок	0.88	61	15
5	94	Пасека	0.77	60	14
		Волок	1.12	54	9
11	58	Пасека	0.76	71	41
		Волок	0.93	64	22
12	38	Пасека	0.74	71	30
		Волок	0.97	61	11

различные категории нарушенной поверхности почвы соответственно составили: не нарушенная - 67.7%, в слабой степени - 14.2, средней - 9.5, сильной - 8.6%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что значительных различий в распределении категорий нарушенности поверхности почвы по обеим технологическим схемам при несплошной рубке не наблюдается. Около 80% площади не нарушено или слабо нарушено и около 20% составляют категории средне- и сильно нарушенной поверхности почвы. Отмечаемые отклонения от этих значений, как показали наблюдения, зависят прежде всего от квалификации лесозаготовителей и их отношения к качеству выполняемых работ при проведении несплошных рубок.

Участки с сильной и средней степенью нарушения поверхности почвы приурочены в основном к волокам и приволочным зонам. Представленность этих категорий на площади вырубki зависит от расстояния между волоками. Так, например, при разработке лесосек валочно-пакетирующей машиной ЛП-19 и расстоянии между волоками 15 м степень сильного и среднего нарушения поверхности почвы на лесосеке была почти в 2 раза больше, чем при расстоянии 25 м; при расстоянии 35 м нарушенная поверхность составила не более 10%. Следует отметить, что нарушение поверхности

почвы с обнажением ее минерального горизонта в значительной степени снижает пожароопасность вырубok в первые 2-3 года [9].

Изучение физико-механических свойств почвы на участках пройденных разными вариантами рубок главного пользования проводилось на постоянных пробных площадях в елово-пихтовом осочково-разнотравном древостое. По данным В.Н. Горбачева в пределах исследуемого типа леса почвенный профиль сравнительно одинаков. На участках в микропонижениях следы оглеения заметны уже с глубины 40 см, на микроповышениях - с 75-80 см. Также неоднороден по своей мощности и характеру распространения дерновый горизонт, который местами отсутствует. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что почва под древостоем на участках серая лесная с двумя гумусовыми горизонтами, глееватая.

Водно-физические свойства почвы (объемная масса, общая пористость, порозность аэрации) в пределах одного варианта рубки на волоке и на пасеке различны, как и в сравнении с контролем (табл. 2). Так, например, порозность аэрации почвы в пределах пасеки в 1.5-2.0 раза выше в сравнении с волоком. Наиболее значительна разница по этому показателю в варианте с 94%-й интенсивностью рубки. На участках, разработанных с применением агрегатной техники (пр. пл. 11, 12), изменения водно-физических свойств почв менее заметны, чем в варианте сплошной рубки на базе бензомоторных плл и трелевочного трактора ТТ-4. Это, на наш взгляд, можно объяснить тем, что при разработке лесосек агрегатной техникой исключается протаскивание хлыстов по волоку, так как пачки хлыстов формирует валочная машина. Кроме того, число рейсов по трелевочному волоку при несплошных рубках меньше, что в целом снижает нагрузку на почву.

Нарушение поверхности почвы механизмами, изменение теплового и светового режимов после рубки оказывает влияние и на микробиологическую активность почвы. Исследование влияния механизированных лесозаготовок на микробные комплексы, которые диагностируют изменения почвенных свойств как непосредственно после проведения рубок, так и в процессе дальнейшего мониторинга, было проведено совместно с Н.Д. Сорокиным. Для изучения микробиологической активности почв и сравнительного анализа изменений, вызванных разными вариантами рубок главного пользования производился анализ следующих групп микроорганизмов азотно-углеродного цикла: аммонификаторов на мясо-пептонном агаре (МПА), прототрофов на крахмало-аммиачном агаре (КАА), микроскопических грибов на сусло-агаре (СА), олигонитрофилов на среде Эшби (среда характеризующая азот связы-

вающую способность как аэробных, так и анаэробных бактерий и грибов). Были рассчитаны коэффициенты минерализации по отношению КАА к МПА и коэффициенты олиготрофности по отношению ЭШБИ к МПА. Анализ полученных данных как в пределах варианта рубки, так и при сравнении различных вариантов по интенсивности и применяемым технологическим схемам показал, что микробные комплексы на рубку леса реагируют по-разному. В целом по мере увеличения интенсивности рубки происходит уменьшение общей численности микроорганизмов и отдельных таксономических групп: бактерий, грибов и актиномицетов.

Минимальной численностью микроорганизмов характеризуется почва на сплошной вырубке. Во всех вариантах отмечается существенное снижение энергии разложения микроорганизмов в почвенных образцах волока по сравнению с пазухой. Уплотнение почвы на волоке, снижение воздухопроницаемости и уменьшение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) приводит к падению численности аэробных форм. Особенно чувствительны к изменению водно-физических свойств почвы микроскопические грибы. Уменьшение численности и активности аммонифицирующих бактерий (на МПА) и грибов приводит к затуханию минерализационных процессов - коэффициенты минерализационных процессов имеют значения ниже единицы. При этом возрастают коэффициенты олиготрофности, что свидетельствует об ухудшении азотного режима, особенно на волоках.

Деформация верхнего органического слоя приводит к тому, что в нижележащих горизонтах для микроорганизмов создаются более благоприятные условия разложения, как это можно заметить в вариантах с интенсивностью рубки 40-60%. На глубине 20-50 см отрицательное влияние техники на микробные почвенные комплексы практически не отмечается во всех вариантах рубки.

Заключение. Суммируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что в результате сплошной вырубки древостоя происходят существенные изменения экологической обстановки на вырубаемых площадях. На сплошных вырубках в весенне-летний период наблюдаются значительные колебания суточных температур, что вызывает обмерзание или ожоги хвои и побегов текущего года у подроста и молодняка темнохвойных пород (особенно у пихты). Участки несплошных рубок характеризуются более плавными переходами дневных и ночных температур и относительной влажности приземного слоя воздуха. Это обеспечивает условия для адаптации подроста и молодняка. Интенсивность снеготаяния при большой мощности снега на сплошных вырубках в 2 раза

выше, чем под пологом нетронутого рубкой древостоя, что приводит к определенному дисбалансу в поступлении паводковых вод в гидрографическую сеть.

В результате разработки лесосек механизированными лесозаготовками происходит значительное (до 40-60%) нарушение поверхности почвы. Нарушенность в средней и сильной степени составляет около 30%. На нарушенных участках существенно изменяются водно-физические свойства почвы, ухудшается азотный режим, снижается воздухопроницаемость и уменьшается общая порозность, что приводит к падению численности аэробных форм микроорганизмов, снижению микробиологической активности почвы.

Механизированные лесозаготовки в темнохвойных лесах Южной Сибири должны проводиться дифференцированно, в соответствии с конкретными условиями и с соблюдением всех эколого-лесоводственных требований, обеспечивающих максимальное сохранение экологической обстановки лесных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.В.* Возможности проведения выборочных рубок с использованием агрегатной техники // Пути решения научно-технических проблем перспективного развития лесопромышленного комплекса. Красноярск: Красноярское краевое управление НТО, 1981. С. 41-43.
2. *Иванов В.В.* Рубки в равнинных лесах южной тайги // Тез. докл. конф. "Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР". Красноярск, 1988. С. 94-95.
3. *Копанев И.Д.* Методы изучения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 226 с.
4. *Кузьмин П.П.* Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 171 с.
5. *Мурашев С.И., Кузнецова З.И.* Руководство по изучению снегового режима в лесах. Пушкино: ВНИИЛХ, 1933. 41 с.
6. *Побединский А.В.* Лесоводственно-экологическая оценка влияния лесозаготовительной техники на почвенно-растительный покров // Лесн. хоз-во. 1995. № 3. С. 30-32.
7. *Поликарпов Н.П., Иванов В.В.* Обеспечение естественного восстановления лесов с помощью полосно-постепенных рубок // Экологические основы охраны природы Сибири. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1988. С. 16-22.
8. *Протопопов В.В.* Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 328 с.
9. *Цветков П.А., Иванов В.В.* Захламленность рубок после применения агрегатной техники // Лесные пожары и их последствия. Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1985. С. 124-132.

Ecological Consequences of Mechanized Logging Operations in Southern Taiga of Krasnoyarsk Krai

V. V. Ivanov

Meteorological, hydrological, and edaphic factors are of great importance in vital functions of plants. Spruce-fir stands in the southern taiga, which were cut using different methods of felling, were studied. The degree of environmental changes due to cutting is related to the intensity of felling, machinery, applied technology, and time of logging.