

УДК 630.383

ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ ГАЛАКТИОНОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета ПетрГУ, Карельский НИИ лесопромышленного комплекса

galakt@psu.karelia.ru

КОНЦЕНТРАЦИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК НА ЛЕСОСЕКАХ

Статья посвящена исследованию концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках. Рассмотрены ранее не подвигавшиеся исследованию сортиментные технологии лесозаготовок. В статье приведены результаты обработки экспериментальных данных. Установлены области наиболее высокой концентрации отходов лесозаготовок.

Ключевые слова: технология лесозаготовок, отходы лесозаготовок, концентрация, измерение

Отходы переработки древесины в лесной и лесоперерабатывающей промышленности составляют значительную долю от готовой продукции – до 30 % [1]. Отходы лесозаготовок представляют собой наиболее сложную для утилизации часть. Основная сложность состоит в их низкой концентрированности, что приводит к снижению производительности перерабатывающего оборудования. Для повышения производительности необходимо определить размещение и величину их концентрации в зависимости от технологического процесса.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА И ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Методика базируется на методе линейных пересечений, описанном в работах [1, 4, 7].

Измерения проводятся для отходов лесозаготовок, расположенных в любом виде:

- равномерное распределение,
- сгруппированные в большие и малые кучи (охапки),

- расположенные толстым слоем на значительной площади.

Также метод хорошо показал себя при проведении измерений малых концентраций отходов лесозаготовок.

Производим сбор данных о лесосеке: площадь, размеры, запас, породный состав, технологический процесс, способ уборки, длина и ширина волоков, технологическая карта на лесосеку.

Выбираем места для проведения измерений. Необходимо придерживаться типичных для данной лесосеки областей. Наиболее значимые места для проведения измерений характеристик отходов лесозаготовок – пасеки, волока, погрузочные площадки.

Определяем границы областей измерения – элементы транспортной сети лесосеки, границу лесосеки, края волоков и лесовозных усов, границы выделов, охраняемые территории. Предпочтительная форма областей измерений – прямоугольник.

Производим обмер области измерений – измеряем длину, ширину, пересчитываем число деревьев (пней) в границах выбранной области.

ИЗМЕРЕНИЯ

В выбранной области намечаются и закрепляются на местности линии отбора проб. Минимальная длина линии составит:

$$L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k x_i^2}{\frac{3\sigma_k}{h_i} - \sum_{i=1}^k \bar{x}_{Li} + 2\bar{x}_L \sum_{i=1}^k x_{Li}}}, \quad (1)$$

где x_i – величина признака в k -й линии; k – количество пробных линий; σ_k – дисперсия, вычисленная для k -й линии; h_k – относительная частота появления средней величины признака для k -й пробной линии; \bar{x}_{Li} – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии; $\bar{x}_{Li} = x_{cp.k} / l_k$; \bar{x}_L – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины суммарной пробной линии для всех линий; $\bar{x}_L = x_{cp.\Sigma} / \Sigma l_k$; x_{Li} – значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Lk} = x_{ki} / l_k$; l_k – длина k -й линии, м.

Участки сложной формы предварительно оконтуривают. На выбранном участке протягивается размеченный трос.

Измерения выполняются в два этапа.

1 этап. Предварительные измерения. Определение содержания мелкой фракции (до 5 мм) отходов лесозаготовок при прохождении первых линий (одной-двух) – измеряют все элементы, пересекающие ее. Измерения ведут с точностью до 1 мм.

2 этап. Основные измерения. Основные измерения проводим в вариантах: с определением массы, объема или толщины слоя.

- *Объемный вариант.* Цель измерений – определить объем отходов лесозаготовок. Измеряется диаметр отходов лесозаготовок величиной свыше 5 мм, измерения ведутся с точностью до 1 мм.

Объемный вариант применим при обследовании лесосек после их очистки лесосек, при этом фиксируют протяженность кучи в направлении линии отбора проб и ее высоту.

- *Весовой вариант.* Цель измерений – определить массу отходов лесозаготовок. Если отходы сосредоточены в группы (кучи, пачки), то они обмеряются геометрически либо взвешиваются и относятся к соответствующей метке троса. Объем обмеренных пачек определяется перемножением размеров и учетом коэффициента – 0,12 [1].

Исследование распределения отходов лесозаготовок на волоках

Выделяем часть волока, прилежащую к обследуемой пасеке. Определяем длину и ширину участка. Затем проводим измерение толщины

слоя отходов лесозаготовок с точностью до 5 см. На волоке слой отходов лесозаготовок подвергается воздействию лесных машин, поэтому обмер необходимо вести по уплотненным и свободным отходам лесозаготовок.

Обработка собранных данных. По результатам предварительных измерений определяют минимальную длину пробной линии, на которой должны быть проведены измерения отходов лесозаготовок.

Определяют среднюю длину ветвей по данным [5].

Средний объем элемента отходов лесозаготовок составит:

$$\bar{X} = \frac{\pi S_W}{G} \bar{x} \sum_{i=0}^n \frac{1}{l_i},$$

где S_W – площадь исследуемой области, м²; G – коэффициент, характеризующий форму и размеры исследуемой области; x – средняя величина признака, м; l_i – длина пересеченных элементов, определяем по данным работы [5], м.

Коэффициент, формы и размеры исследуемой области определим по формуле:

$$G = \frac{1}{S_W} \left(\frac{S_{WA}}{A} + \frac{S_{WB}}{B} \right),$$

где S_{WA} , S_{WB} – площадь исследуемых подобластей, м²; A , B – расстояние между линией отбора проб и максимально удаленной точкой области, м.

Для определения средней концентрации используем формулу:

$$\rho = \frac{\pi}{G} \sum_{i=0}^n \frac{x_i}{l_i}.$$

Определение локальной концентрации отходов лесозаготовок. Для определения локальной концентрации отходов лесозаготовок необходимо выяснить их расположение по линии отбора проб, а затем определить ее уровень по формуле:

$$\rho = \frac{\pi \sum_{i=0}^n d_i^2}{l_{eo} \sqrt{2^3}}.$$

Пример изменения локальной концентрации на пасеке после работы харвестера представлен на рисунке 1.

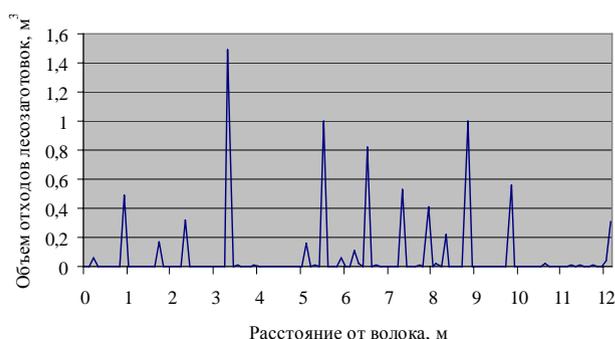


Рис. 1. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке

Определение концентрации отходов лесозаготовок на волокнах

На волокнах объем отходов лесозаготовок определяем с учетом коэффициента полнодревесности их слоя.

Измерялась толщина слоя отходов лесозаготовок по осям колеи и центра волокна. Направления измерений выбраны исходя из следующих соображений: по колеям после прохода харвестера и неоднократных проходов форвардера лесосечные отходы спрессованы до состояния постоянного контакта, а по центральной оси волокна остались практически в исходном свободном состоянии. На основании предложенной методики проведения измерений мы получаем данные как об объеме лесосечных отходов, так и о степени сжатия лесосечных отходов (коэффициент полнодревесности) по окончании трелевки.

Характеристики выборок, полученные для колеи и центральной оси, представлены в таблице 1. Видна значимая разница средних значений толщины слоя, вместе с тем стандартные отклонения отличаются несущественно.

Видна существенная разница между колеями и серединой волокна в высоте слоя отходов лесозаготовок, на этом основании можно определить величину уплотнения лесосечных отходов. Коэффициент полнодревесности для свободных отходов лесозаготовок принимают равным $k_{св} = 0,12$ [1]. Отношение средних величин толщины слоя хворостяной подушки составляет 2,07. Таким образом, коэффициент полнодревесности для сжатых отходов лесозаготовок $k_{сж} = 0,248$.

Так как выделено три зоны расположения отходов лесозаготовок при их равной ширине, то средневзвешенный коэффициент полнодревесности составит:

$$k_{\text{с}} = \frac{2k_{\text{сж}} + 3k_{\text{св}}}{5}.$$

Расчет объема отходов лесозаготовок на волокнах

Расчет ведем для средней ширины волокна 5 м. Суммарный объем на исследуемой площади:

$$V_{\text{отх}} = h_{\text{ср}} \cdot b_{\text{с}} \cdot L \cdot k_{\text{с}},$$

где $h_{\text{ср}}$ – средняя толщина слоя, м; $b_{\text{с}}$ – средняя ширина размещения отходов на волокне, м; L – длина исследуемой области, м.

Локальная концентрация:

$$\rho = \frac{k_{\text{с}}(h_{i\text{сж}} + h_{i\text{св}})}{2},$$

где $h_{i\text{сж}}$, $h_{i\text{св}}$ – толщина слоя сжатых и свободных отходов лесозаготовок в i -й точке, м; $b_{\text{с}}$ – средняя ширина размещения отходов на волокне, м; $S_{\text{ед}}$ – единичная площадь, м²; $l_{\text{ед}}$ – расстояние между точками измерения, м.

Пример изменения лесозаготовок концентрации отходов на волокне показан на рисунке 2.

Таблица 1

Параметры выборок толщины слоя отходов лесозаготовок на волокнах

Параметр выборки	Исследуемая область	
	зона свободных отходов лесозаготовок	зона сжатых отходов лесозаготовок
Величина выборки	49	98
Среднее, см	33,776	16,276
Дисперсия	162,011	147,068
Ст. отклонение	12,728	12,127
Минимальное значение	10,0	0,0
Максимальное значение	60,0	45,0

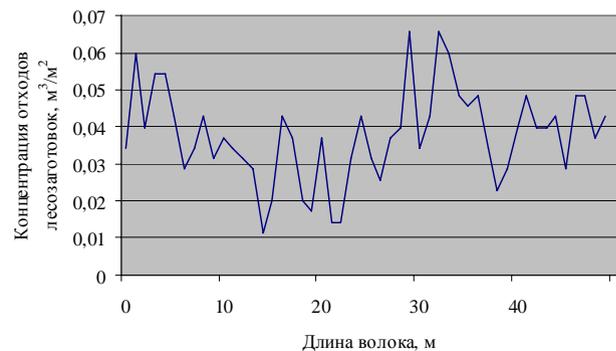


Рис. 2. Концентрации отходов лесозаготовок на волокне

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Исследование концентрации лесосечных отходов проводилось на лесосеках Республики Карелия на предприятиях: Пудожский ЛПХ, Юшкозерский ЛПХ, ООО Олонелес, КСК «Строитель» (Петрозаводск), ЗАО «Шуялес», ЗАО Воломский ЛПХ «Лескарел», опытный лесхоз ПетрГУ (п. Магросы), ОАО «Запкареллес», лесхоз Лисино (Ленобласть).

Сплошные рубки. Хлыстовая технология. Трелевка в хлыстах

Исследования проводились в условиях ЗАО «Шуялес». Дрестовой с преобладанием ели, запас – 145 м³, рубки проводились в зимний период, трелевка трактором ТДТ-55 за вершины, очистка лесосек не производилась.

Суммарная длина линий отбора проб – 30 м, расстояние между линиями определенное на основании данных [6] о ширине кроны – 10 м.

Собранные данные подвергались стандартной обработке для проверки качества исследования. Гистограмма собранных данных и кривая логнормального закона распределения приведены на рисунке 3. Результаты статистической проверки – вероятность совпадения 99 %.

Уровень концентрации элементов ОЛ уменьшается по мере приближения к волоку. Прослеживаются два локальных максимума. Их наличие может быть объяснено тем, что вдали от волока располагаются нижние ветви елей (ель преобладает), а вблизи волока валка деревьев производится под небольшими углами к нему, что вызывает увеличение числа элементов отходов лесозаготовок.

При анализе объемной концентрации (рис. 4) картина несколько меняется. Объемная концен-

трация повышается по направлению к волоку. Однако области повышенной концентрации остаются в тех же местах, что и скопления элементов.

Результаты обработки данных по формулам (1)-(3): средняя концентрация на пасеке составляет $0,027 \text{ м}^3/\text{м}^2$, максимум локальной концентрации – $0,081 \text{ м}^3/\text{м}^2$, расстояние до точки максимума концентрации – $7,8 \text{ м}$.

Модель изменения концентрации (R -квадрат = $78,1142$) имеет вид:

$$\rho = 0.021113 - 0.0110482 l + 0.274513 l^2 - 0.0144399 l^3 + \dots \\ + 0.00303357 l^4 - 0.000278885 l^5 + 0.00000936591 l^6, \text{ м}^3 / \text{м}^2.$$

Максимальный уровень концентрации по сглаженным данным составляет $0,04 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и достигается на расстоянии 8 м от волока, что отличается от экспериментальных данных на 50 и 20% .

Хлыстовая технология лесозаготовок. Трелевка в деревьях

Исследования проводились в условиях КСК «Строитель», состав древостоя смешанный – сосна, ель, береза; запас – 120 м^3 , базовая машина ТБ-1, трелевка производилась по породам, за комли к разделочным площадкам, после обрезки сучьев и раскряжевки сортименты помещались в штабеля, вершины и удаленная крона манипулятором укладывались в кучи.

Длина линии отбора проб – 50 м . Изменение концентрации отходов лесозаготовок вдоль линии отбора проб показано на рисунке 5. На график наложена прямая линейной аппроксимации, видно устойчивое увеличение концентрации отходов лесозаготовок к краю лесосеки. Так как технология разработки лесосеки машиной ТБ-1 отличается от технологических процессов на базе других машин и не имеет ярко выраженного волока, то речь может идти только об исследовании концентрации отходов на лесосеке в целом

В процессе исследования отмечено наличие явления «угона» отходов лесозаготовок, т. е. перемещение трелюемой пачкой деревьев ранее образовавшихся отходов лесозаготовок. Сразу после валки обломившиеся ветви располагаются

равномерно, но после нескольких проходов пакета деревьев они формируются в валики высотой $10\text{--}15 \text{ см}$ и длиной в $1\text{--}1,5 \text{ м}$. (рис. 6), которые в дальнейшем перекачиванием перемещаются в направлении грузового хода. Именно этим явлением объясняется малый уровень их концентрации в правой части графика, приведенного на рисунке 11. Аналогичное явление отмечено при работе других трелевочных машин (чокерных и бесчокерных).

Распределение диаметров отходов лесозаготовок описывается логнормальным законом (соответствие 99%).

Проверка соответствия логнормальному закону приведена по критерию χ^2 , критическое значение – $126,283$, максимальное для интервала – $88,59$.

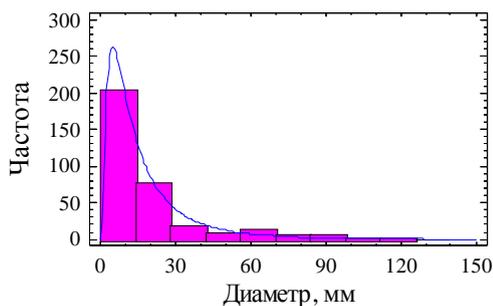


Рис. 3. Распределение элементов отходов лесозаготовок по диаметрам при использовании хлыстовой технологии лесозаготовок



Рис. 4. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке при хлыстовой технологии лесозаготовок

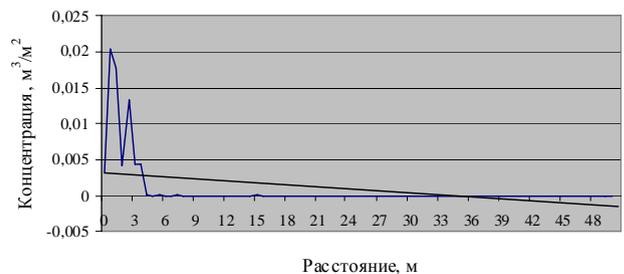


Рис. 5. Концентрация отходов лесозаготовок при разработке лесосек машинами типа ТБ-1



Рис. 6. Явление «угона» отходов лесозаготовок: слева – вид пасаки после валки; справа – сформировавшийся валик

Модель изменения концентрации (R-квадрат = 70,71) имеет вид:

$$\rho(l) = e^{(-7.85054 - 0.165621l)}, \quad (6)$$

где l – расстояние от края волока, м.

Локальная концентрация растет по направлению к стене леса, достигая максимального значения у стены леса со значением $\rho_{\max} = 0,003 \text{ м}^3/\text{м}^2$, в среднем по ширине лесосеки $\rho_{\text{ср}} = 0,0008 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Остальная часть кроны, удаляемая при обрезке-раскряжевке, собирается в большие кучи (рис. 7) со средним значением концентрации $0,24 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Для всех измеренных куч значение концентрации было одинаковым.

Таким образом, отходы лесозаготовок на пасаке не представляют практической ценности из-за низкой концентрации, мероприятия по утилизации отходов следует проводить ориентируясь на сформированные кучи отходов лесозаготовок.

Сортиментная технология с разделкой на пасаке. Технологический процесс на базе харвестера Исследования проводились на базе ЗАО «Шуялес» в условиях сплошной рубки, древостой с преобладанием ели, присутствовали сосна и береза, запас – $140 \text{ м}^3/\text{га}$, ширина волоков – 5 м.



Рис. 7. Кучи отходов лесозаготовок после обрезки сучьев

Общая длина линий отбора проб 120 м. Изменение концентрации на пасаке представлено на рисунке 8. Распределение диаметров отходов лесозаготовок соответствует логнормальному закону распределения с уровнем доверия 99 %.

Модель концентрации имеет (R-квадрат = 99,79) следующий вид:

$$\rho = (0,00119781 + 0,00728884l)^2, \quad (4)$$

где l – расстояние от волока, м.

Ввиду хороших статистических показателей и большого массива данных, лежащих в основе формулы (4), ее можно использовать для описания распределения отходов по любым пасакам с учетом величин отпада, сезона, характеристик пород.

Максимальный уровень концентрации отходов лесозаготовок наблюдается в непосредственной близости от волока.

Исследование концентрации отходов лесозаготовок на волоке

Не обнаружено каких либо корреляций между длиной волока и уровнем концентрации отходов лесозаготовок. Для моделирования расположения отходов на волоке следует руководствоваться средним значением, определенным по экспериментальным данным. Величина соответствия логнормальному закону составляет 99 %.

Средняя толщина слоя отходов лесозаготовок на волоке составляет $0,23 \text{ м}$, концентрация – $0,04 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Сортиментная с разделкой на промплощадке. Исследования проводились в условиях ЗАО «Запкареллес», сплошная рубка, преобладание сосны, запас $180 \text{ м}^3/\text{га}$, технологический процесс на базе машин Тj-850, Тj-460 и харвестера на базе экскаватора Хитачи (харвестерная головка Warattah) работающего в режиме процессора (рис. 9).

Суммарная длина линий отбора проб 90 м, расстояние между линиями 10 м.

Характеристики выборки соответствуют логнормальному закону распределения с доверием 95 %. Средняя величина концентрации отходов лесозаготовок составила $0,0052 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

$$\rho = 0.0102143 - 0.00289426 l + 0.000460332 l^2 - 0.0000224254 l^3.$$

Уровень концентрации растет по направлению к волоку, достигая максимальной величины непосредственно вблизи него.

Резкий рост концентрации отходов лесозаготовок у волока вызван рядом причин, связанных с особенностями реализации технологического процесса лесозаготовок на базе ВПМ и пачкоподборщика: во-первых, на стадии разработки волоков срезанные деревья укладываются в сто-

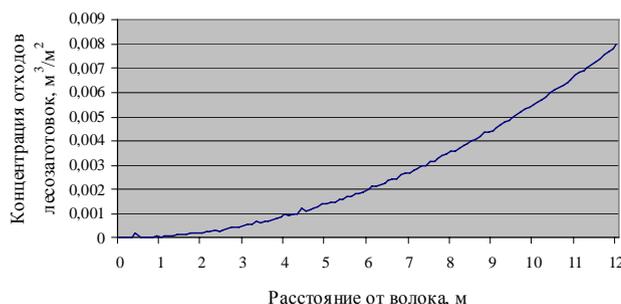


Рис. 8. График изменения концентрации отходов лесозаготовок при сортиментной технологии на базе харвестера

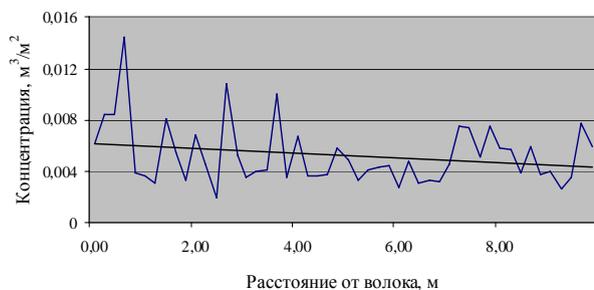


Рис. 9. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке при работе валочно-пакетирующей машины



Рис. 10. Пачки деревьев, подготовленные к трелевке, уложенные в древостой

Обработка данных, собранных на лесозаготовках, методом полиномиальной регрессии позволила получить формулу (R -квадрат = 55,63) для определения концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках по ширине пасеки:

ящий лес (рис. 10), что вызывает интенсивное отламывание сучьев; во-вторых, вторично интенсивное образование отходов лесозаготовок возникает, когда пачкоподборщик начинает вытаскивать пачку для трелевки из древостоя с одновременным ее изгибом и, следовательно, интенсивным взаимодействием кроны со стволами; в-третьих, присутствует явление угона, вызывающее перемещение отходов лесозаготовок к краю пасеки.

В связи с отмеченным расположением отходов лесозаготовок на пасеках не является «естественным», чем и можно объяснить довольно низкую достоверность полученных данных и построенных зависимостей.

На волоке отходы практически отсутствуют. В процессе трелевки они либо угоняются по направлению к промплощадке, либо смещаются к краям волока.

Основная масса отходов лесозаготовок находится на промплощадке возле места обрезки сучьев и раскрывки. Для расчета концентрации следует пользоваться данными для куч технологического процесса на базе ТБ-1.

Выборочные рубки. Сортиментная технология лесозаготовок

Исследования проводились в условиях ЗАО «Лесма». Запас древостоя составлял 120 м^3 , преобладание ели, выборка по запасу составляла 30 %, валка бензопилой, трелевка форвардером.

Общая длина линий отбора проб – 175 м, расстояние между линиями – 10 м.

Отходы лесозаготовок группировались вдоль стволов сваленных и вывезенных деревьев (какого-либо перемещения отходов лесозаготовок не производилось), а так как объем выборки с лесосеки невелик, то в данном случае плотность отходов лесозаготовок была очень низкой – примерно в три раза ниже, чем для лесосек со сплошной рубкой. Поэтому методика измерений была несколько изменена: между пробными точками было установлено большее расстояние – 5 м и вокруг пробной точки собирались отходы с площади 1 м^2 , которые взвешивались, а затем через известную плотность свежесрубленной древесины ($700 \text{ кг}/\text{м}^3$) [6] переводились в объем.

Полученная выборка подчиняется логнормальному закону распределения со средним значением $0,008 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

На рисунке 11 приведен график, показывающий изменение концентрации отходов лесозаготовок с линией ее роста по направлению к волоку. Тенденция к росту выражена неярко, но устойчиво.

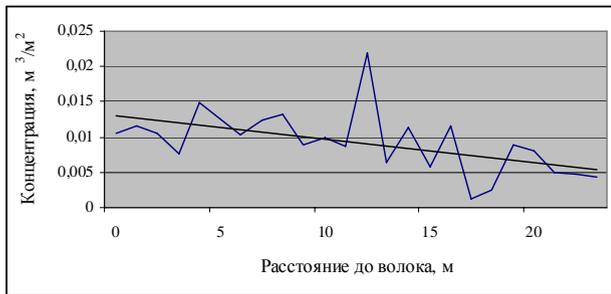


Рис. 11. Концентрация отходов лесозаготовок при выборочных рубках.

С достаточной степенью приближения уровень концентрации в произвольной точке пасеки при выборочных рубках можно описать регрессионной моделью (R -квадрат = 32,16) вида:

$$\rho = (0.107993 - 0.00181582l)^2, \quad (5)$$

где l – расстояние от волока, м.

Уровень концентрации растет по направлению к волоку, достигая максимума в его непосредственной близости.

Определение фоновых значений концентрации отходов лесозаготовок. Для уменьшения трудозатрат при проведении исследований элементы отходов лесозаготовок диаметрами менее 5 мм учитывались только в части пробных линий, а затем должны быть добавлены к концентрации, полученной для отходов лесозаготовок больших размеров.

Определение фона проведем на основании сравнения выборок, полученных для полных данных, и частичных выборок, при измерениях проведенных в условиях сортиментной заготовки на базе харвестера.

В таблице 2 приведены данные для следующих выборок из элементов отходов лесозаготовок:

- полной, включающей все элементы;
- полной, очищенной от мелких элементов (фона)
- частичной, включающей крупные (> 5 мм) элементы;

- частичной, включающей мелкие (< 5 мм) элементы (фон).

По результатам анализа выборок видно, что их различия незначительны. Средние значения необработанной выборки и очищенной (см. табл. 2, колонки 3 и 4) отличаются незначительно, закон распределения предполагается нормальный.

Наличие мелкой фракции увеличивает коэффициент вариации (см. табл. 10, 2-ю колонку), что приводит к увеличению необходимого числа измерений (со 168 до 1188), а также занижает среднее значение диаметра элементов отходов лесозаготовок, что в дальнейшем сказывается на оценке концентрации отходов лесозаготовок.

Еще одним доводом для отдельного учета мелкой фракции служит ее представительство в объеме отходов лесозаготовок – в штучном выражении представляет значительную долю – 46,245 %, тогда как по объему всего – 0,365 %.

Фоновое значение концентрации на лесосеке по приведенным данным составляет $7,87188 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{м}^2$.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА УБРАННЫХ ЛЕСОСЕКАХ

Предыдущие исследования были посвящены перемещаемым отходам лесозаготовок. В процессе реальных лесозаготовок образующиеся отходы могут менять свое расположение в силу нескольких причин.

1. Перемещение отходов лесозаготовок вальщиками на волок

В этом случае на пасеке остается небольшая доля мелких отходов – размерами до 3 см в диаметре и менее 0,5 м длиной. С точки зрения утилизации данные отходы лесозаготовок не представляют ценности ни по размерным, ни по объемным показателям (концентрация составляет менее $0,00001 \text{ м}^3/\text{м}^2$), и исследования не проводились. Объемы и концентрация отходов лесозаготовок на волоке определяются с учетом перемещения их части, расположенной на пасеке.

Таблица 2

Характеристики выборок и соответствие закону распределения

Параметр	Величина для выборки			
	полной	частичной крупной (без обработки)	очищенной полной	частичной мелкой (фон)
1	2	3	4	5
Объем выборки	309	49	43	266
Среднее	4,904	22,674	22,814	1,511
Дисперсия	159,988	639,516	506,346	0,677
Ст. отклонение	12,649	25,289	22,502	0,823
Ст. ошибка	0,719	3,613	3,432	0,0496
Коэффициент вариации	257,897	111,534	98,633	54,453
Необходимое число измерений	1188	191	168	1058



Рис. 12. Кучи отходов лесозаготовок оставленные на пасаках.



Рис. 13. Кучи отходов лесозаготовок сформированные после уборки лесосек.

2. Оставление на пасеке и складывание в кучи на пасеке

Другой вариант размещения отходов лесозаготовок возникает при оставлении некоторой их части на пасаках в кучах (рис. 12).

Средняя концентрация отходов лесозаготовок в кучах составляет $0,06 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Среднее расстояние между кучами отходов лесозаготовок – 8,7 м, расположение куч тяготеет к границе пасек и основная их масса расположена в полосе шириной 4,8 м.

3. Перемещение грейферными захватами в кучи

В настоящее время встречается довольно редко. В ходе исследований найдено два варианта таких технологических процессов с вывозкой сортиментов:

- на базе ТБ-1;
- на базе ВПМ и харвестера в режиме процессора.

Оба варианта подробно рассмотрены выше при исследовании соответствующих технологических процессов.

4. Сбор отходов после окончания разработки лесосек

Наиболее распространенный способ повышения концентрации отходов лесозаготовок, обусловленный обязательностью уборки лесосек. В подавляющем числе случаев уборка лесосек производится вручную бригадами вальщиков.

В ходе исследования были измерены отходы лесозаготовок в условиях сплошной рубки, в древостое с преобладанием ели запас составлял $142 \text{ м}^3/\text{га}$, сезон проведения рубки – зима, валка бензопилами, трелевка форвардером (рис. 13).

Средний объем кучи составил $1,04 \text{ м}^3$, концентрация – $0,401 \text{ м}^3/\text{м}^2$, среднее расстояние между кучами отходов лесозаготовок составило 12,3 м.

Таким образом, проведено исследование концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках в различных природно-производственных условиях.

СВОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНЦЕНТРАЦИИ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Полученные в результате проведенных исследований данные в своей совокупности не противоречат данным, приведенным в отчетах и обзорах предшествующих работ [2, 1, 5]. Следовательно, мы можем использовать полученные результаты для проектирования технологических процессов, а также для определения уровня локальной концентрации отходов лесозаготовок в технологических процессах с вывозкой хлыстов и деревьев.

Необходимо отметить, что произошло некоторое повышение объема отходов лесозаготовок, связанное с ужесточением требований потребителей к сырью, к тому же результату при-

водит более широкое распространение сортиментной технологии лесозаготовок, при которой вальщики, стремясь повысить производительность труда, связанную с их заработной платой, оставляют более длинную вершину, соответственно, с большим диаметром в нижнем отрезе. Указанное увеличение составляет примерно – 1,2 раза.

Полученные результаты описывают величину концентрации в диапазоне запасов древостоев с запасом 120-150 м³/га. Для увеличения предсказательной способности представленной схемы описания распределения отходов лесозаготовок следует применять пересчетные коэффициенты, полученные с использованием данных [1].

Базовые значения концентраций отходов лесозаготовок в различных технологических процессах приведены в таблице 3. Таблица содержит величины локальной концентрации. В при-

ближенных расчетах их можно использовать как нижнюю границу концентрации. Отметим что средняя концентрация по лесосеке даже с учетом увеличивающего коэффициента для древостоя с запасом 120 м³/га составит 0,003 м³/м².

ВЫВОДЫ

- Разработана методика определения концентрации отходов лесозаготовок в произвольной точке лесосеки.
- Получены описание распределения отходов лесозаготовок по площади лесосеки, размерные параметры отходов лесозаготовок.
- Создана основа для определения производительности и обоснования параметров технологических процессов, направленных на переработку отходов лесозаготовок.

Таблица 3

Концентрация отходов лесозаготовок, м³/м²

Тип процесса	Базовая машина	Пасека	Волок	Погрузочный пункт	Примечания
Сортиментный	бензопила	0,0027	0,032	0,002	без уборки
		0,06	0,04	0,002	с уборкой
		0,008	0,008	–	выборочные, 30 %
	харвестер ВПМ	0,0027	0,04	0,002	процессор
		0,0052	0,0052	0,24	
	ТБ-1	0,003	0,003	0,24	
Хлыстовой	ТДТ	0,031	0,031	0,002	
		0,027	0,027	0,002	
Деревья	ВПМ	0,0052	0,0052	0,24	
Уборка	Ручная		0,4		по окончании
		0,06	0,04	0,002	при разработке
Фон	–	7,8·10 ⁻⁶	7,8·10 ⁻⁶	–	элементы < 5 мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (Образование и использование): Справочник. М.: Экономика, 1983. 224 с.
2. Выявление ресурсов низкокачественной и некондиционной древесины и определение направлений их использования. Отчет по теме № 12-1-232-77. Рук. Васюков В. А. КАРНИИЛП. Петрозаводск, 1977. 118 с.
3. Галактионов О. Н. Обоснование рациональных технологических процессов с минимальными потерями древесной зелени: Дис. на соиск. уч. ст. к. т. н. СПб., 2001. 240 с.
4. Татаринов В. П. Пути рационального использования лесных ресурсов. М.: ВНИПИЭЛеспром, 1986. 256 с.
5. Галактионов О. Н. Формирование теоретической базы данных для натуральных и модельных исследований по проблеме освоения лесосечных отходов //Экономические, экологические и технологические проблемы региона: Научные труды № 12 (Серия «Лесопромышленный комплекс»). Петрозаводск, 2004. С. 62-68.
6. Полищук А. П. Валка леса. М.: Лесная промышленность, 1964. 231 с.
7. Naturjungung durch mechanshe Bodenverwundung?/Proll Willfrid, Ruhm Werner//Osterr. Forstztg. 1995. Vol. 106. N 7. С. 34–35.