

Для повышения энергоэффективности при обеспечении естественного лесовозобновления при заготовке и обработке древесины необходимо соответствующее обоснование схем и приемов работы машин [1]. Посредством укрепления волоков порубочными остатками, например, обеспечивается снижение интенсивности уплотнения почвы на волоках. Укрепление волоков обеспечивается схемами и приемами работы машин в системах заготовки и обработки древесины, которые также определяют площадь уплотнения почвы [2, 3] и процент сохранности имеющегося на лесосеке подроста. Кроме того, управление режимами (траекториями, схемами, приемами) работы машин в системах заготовки древесины определяет их производительность [1, 3], обеспечивая синхронизацию машин и снижение энергоемкости соответствующих технологических процессов. На возобновление леса существенно влияют сохранность подроста, степень минерализации почвы и плотность ее верхнего слоя. Определенное влияние оказывают и оставленные на лесосеке порубочные остатки [4]. Таким образом, для достижения поставленной цели разработаны новые способы [5, 6] и выполнена сравнительная экспериментальная оценка традиционного и патентно защищенного [5] способов. На основе анализа результатов промышленной апробации определены энергоэффективность и сохранность подроста при заготовке и обработке древесины указанными способами. Условия и методика проведения промышленной апробации

Эксперимент проведен в июле 2011г. на территории Акчимского участкового лесничества ГКУ «Вайское лесничество» на базе арендуемых лесных участков (квартал 240, делянка №5, выдел 7, площадь 24,4 га) и парка машин (харвестер John Deer 1270, форвардер John Deer 1410, операторы с опытом работы 3 года) ОАО «Соликамскбумпром» в следующих природно-производственных условиях: способ рубки – сплошная, вид рубки – главное пользование, состав древостоя 4Е1П2Е2П1Б+К, запас 150 м³/га, уклон 5°, ширина волоков 5 м. Заготовка и обработка древесины выполнялась традиционным и патентно защищенным способами [5]. При использовании традиционного способа поваленное дерево размещалось в направлении, перпендикулярном оси волока. При этом порубочные остатки располагались как на волоке, так и на пасеке в зоне размещения кроны поваленного дерева [5, 7]. При работе способом по патенту [5, 7] харвестер выполнял валку деревьев вперед или назад под углом к волоку, обеспечивающим направленную валку вершиной на волок. Кроме того, при валке комлевая часть дерева поднималась над землей манипулятором харвестера. После валки поднятая над землей комлевая часть поваленного дерева переносилась к волоку таким образом, чтобы обеспечить компактное расположение сортиментов в пачках за пределами куртин подроста. В том случае если переноса комлевой части поваленного дерева по направлению к волоку было не достаточно для соблюдения указанных условий, осуществлялся переезд харвестера и подтаскивание дерева вдоль волока. Затем выполнялась

обрезка сучьев и раскряжевка. При этом сучья и вершины располагались на волоке. С целью количественной оценки эффективности мер по сохранению подроста при заготовке и обработке древесины описанными способами выполнено обследование естественного возобновления леса под пологом и после рубки. Учет естественного возобновления проводился глазомерно-измерительным способом [8]. Обследование проводилось на прямоугольных пробных площадках размером 20 м² (длина 5 м, ширина 4 м). Под пологом леса учет выполнен на 32 пробных площадках, после рубки по традиционному способу – на 30 площадках, по патентно защищенному – на 28. В связи с тем, что сохранение подроста на волоках не возможно, также выполнена оценка количества и сохранности подроста на пасаках. Результаты обследования естественного возобновления под пологом леса и после заготовки древесины традиционным и патентно защищенным способами представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты обследования естественного возобновления под пологом леса, после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093 и традиционным способом

Количество подроста под пологом леса, шт./га	Количество подроста после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093, шт./га	Сохранность подроста после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093, %	Количество подроста после заготовки сортиментов традиционным способом, шт./га	Сохранность подроста после заготовки сортиментов традиционным способом, %	Количество подроста хвойных пород
4969	3857	78	2083	42	Количество подроста березы
1109	232	21	467	42	Общее количество подроста
6078	4089	67	2550	42	Количество подроста на пасаках
5024	83	3326	55	Количество хвойного подроста на пасаках	4762
96	2717	55	Количество жизнеспособного подроста	4641	
2929	63	1717	37	Количество сомнительного подроста	922
768	83	533	58	Количество не жизнеспособного подроста	516
393	76	300	58	Количество жизнеспособного хвойного подроста	3531
2750	78	1267	36	Количество сомнительного хвойного подроста	922
732	79	533	58	Количество не жизнеспособного хвойного подроста	516
375	73	283	55	Количество жизнеспос. хв. подроста на пасаках	3381
96	1652	47	Количество сомнительного хвойного подроста на пасаках	905	
98	696	75	Количество не жизнеспособного хвойного подроста на пасаках	476	
92	370	72	Количество мелкого подроста	2328	
1054	45	1000	43	Количество среднего подроста	2719
2232	82	967	36	Количество крупного подроста	1031
804	78	583	57	Исследование синхронизации машин и энергоемкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами реализовано по методике активного эксперимента [7], матрица планирования представлена на рис.1.	

Фиксирование соответствующих случайных параметров технологического процесса выполнено на основе показаний информационной системы Timbermatic харвестера и ТМС форвардера. Рис. 1 – Матрица планирования эксперимента по исследованию синхронизации машин и энергоемкости технологического

процесса заготовки и обработки древесины традиционным способом и способом по патенту РФ №2365093 (где Q – рейсовая нагрузка форвардера, шт.; L – расстояние трелевки, м) Результаты промышленной апробации По итогам эксперимента получены следующие результаты. Направленная валка вершиной на волок и компактное размещение сортиментов в пачках около волока с учетом расположения куртин подроста при работе харвестера по новому способу обеспечили практически полное сохранение хвойного подроста, а также деревьев второго яруса, особо ценных пород и сухостоя (биологического разнообразия лесных экосистем) на пасаках (рис.2) и концентрацию всех порубочных остатков на волоке, что позволило снизить уплотнение почвы на них и исключить ее застойное переувлажнение (рис.3). Рис. 2 – Сохранение биологического разнообразия лесных экосистем (хвойного подроста, деревьев второго яруса, особо ценных пород, сухостоя) после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093 Результаты статистической обработки данных учета естественного возобновления, представленные в табл.2, свидетельствуют, что случайная ошибка определения количества подроста на гектар при вероятности 0,68 составляет не более 23% и не превышает допустимую [8]. Рис. 3 – Размещение всех порубочных остатков на волоке и отсутствие значительного уплотнения и переувлажнения почвы после заготовки сортиментов способом по патенту РФ №2365093 Результаты обследования подроста под пологом леса (табл. 1) позволяют сделать вывод о среднем по густоте [9] возобновлении хвойных пород (5 тыс. шт./га) и редком возобновлении березы (1 тыс. шт./га). При оценке без учета породы возобновление под пологом леса классифицируется как густое (6 тыс. шт./га). Сохранность подроста березы при использовании патентно защищенного способа снижается на 19%, что обеспечивает улучшение породного состава возобновления. Численность подроста березы под пологом леса составляет 18% (1 тыс. шт./га), после рубки по традиционному способу – также 18% (0,5 тыс.шт./га), а после рубки по патентно защищенному способу – 6% (232 шт./га). Сравнительный анализ сохранности подроста после рубки по традиционной технологии и по патенту РФ №2365093 свидетельствует, что патентно защищенный способ заготовки сортиментов обеспечивает повышение сохранности подроста, а именно: - сохранность подроста всех пород на всей площади вырубki повышается на 25% (при использовании традиционного способа сохраняется 42% подроста в количестве 2,5 тыс.шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 67% в количестве 4 тыс.шт./га); - сохранность хвойного подроста на всей площади вырубki повышается на 36% (при использовании традиционного способа сохраняется 42% подроста в количестве 2 тыс.шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 78% в количестве 4 тыс.шт./га); - сохранность подроста всех пород на пасаках повышается на 28% (при использовании традиционного способа сохраняется 55% подроста в количестве 3 тыс. шт./га,

при использовании патентно защищенного способа – 83% в количестве 5 тыс. шт./га); - сохранность хвойного подроста на пасаках повышается на 41% (при использовании традиционного способа сохраняется 55% подроста в количестве 3 тыс. шт./га, при использовании патентно защищенного способа – 96% в количестве 5 тыс. шт./га). Оценка жизнеспособности подроста выполнена по методике, изложенной в [9]. Ее результаты свидетельствуют, что под пологом леса жизнеспособный подрост составляет 76% (5 тыс. шт./га жизнеспособного подроста при общем количестве 6 тыс. шт./га). После рубки по традиционной технологии сохраняется 37% жизнеспособного подроста (2 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 67%), после рубки по патентно защищенному способу – 63% (3 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 72%). Доля жизнеспособного подроста в общем количестве хвойного подроста под пологом леса составляет 71% (3,5 тыс. шт./га жизнеспособного хвойного подроста при количестве хвойного подроста 5 тыс. шт./га). После рубки по традиционной технологии сохраняется 36% жизнеспособного хвойного подроста (1 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 61% в общем количестве хвойного), после рубки по патентно защищенному способу – 78% (3 тыс. шт./га, жизнеспособный подрост составляет 71% в общем количестве хвойного). Таким образом, возобновление жизнеспособного хвойного подроста после рубки по традиционной технологии классифицируется как редкое (менее 2 тыс. шт./га), после рубки по патентно защищенному способу сохраняется среднее по густоте возобновление жизнеспособного хвойного подроста. При работе харвестера способом по патенту сохраняется главным образом жизнеспособный хвойный подрост (его сохранность составила 79% при сохранности сомнительного и нежизнеспособного 76% и 77% соответственно). В то время как при заготовке традиционным способом, наиболее значительной является сохранность нежизнеспособного хвойного подроста (составила 58% при сохранности сомнительного и жизнеспособного подроста 54% и 37% соответственно). При заготовке и обработке древесины патентно защищенным способом особенно значительно повысилась сохранность жизнеспособного хвойного подроста на пасаках – на 49% (с 47% до 96%). Таким образом, способ работы харвестера по патенту РФ №2365093 обеспечил соблюдение требований п. 51 «Правил заготовки древесины» [10] по сохранению подроста «...хозяйственно-ценных пород на площадях, не занятых погрузочными пунктами, трассами магистральных и пасечных волоков, дорогами, производственными и бытовыми площадками, в количестве не менее 70 процентов при проведении сплошных рубок». При этом традиционный способ соблюдения данных требований не обеспечивает. Высотная структура возобновления под пологом леса характеризуется преобладанием среднего подроста (3 тыс. шт./га, 45%). При этом количество мелкого подроста составляет 2 тыс. шт./га (38%), а крупного 1 тыс. шт./га (17%). После заготовки сортиментов по патентно защищенному

способу также преобладает средний подрост. Его сохранность составляет 82%, а количество – 2 тыс. шт./га (55%). Доля крупного подроста повышается до 20% (1 тыс. шт./га), а мелкого – снижается до 26% (1 тыс. шт./га). После заготовки сортиментов по традиционному способу высотная структура подроста также изменяется: преобладает мелкий подрост, его количество составляет 1 тыс. шт./га. Доля мелкого подроста повышается до 39%, а среднего – снижается до 38% (1 тыс. шт./га). Оценка успешности возобновления определяет следующие выводы. В соответствии с «Правилами лесовосстановления» [9] для условий Северо-Уральского района характеристика сохраненного подроста после заготовки и обработки древесины по патентно защищенному способу (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 2,2 тыс. шт./га) обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста. После заготовки и обработки древесины по традиционному способу требуется естественное лесовосстановление путем минерализации почвы или комбинированное лесовосстановление (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 0,9 тыс. шт./га). Анализ результатов исследования синхронизации и энергоемкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами показал, что непроизводительные потери топлива харвестера при работе традиционным способом составляют в среднем 0,184 кг/м³, а при работе по новому способу вследствие увеличения коэффициента загрузки харвестера – 0,136 кг/м³ (рис.4).

Рис. 4 – Непроизводительные потери топлива харвестера $R_{прост}$, кг/м³: ○ – при заготовке и обработке древесины традиционным способом, □ – при заготовке и обработке древесины способом по патенту РФ №2365093(номера точек соответствуют номерам опытов на рис.1)

Выводы

1. Валка ромбом, вершинами деревьев на волок, без приземления комлевой части дерева, а также компактное размещение сортиментов с учетом расположения куртин хвойного подроста при заготовке сортиментов патентно защищенным способом обеспечили почти полное сохранение хвойного подроста на пасаках. Валка вершиной на пасаку при заготовке сортиментов традиционным способом привела к повреждению значительной части хвойного подроста на пасаках при обрезке сучьев и раскряжевке, в ходе которых крона поваленного дерева перемещается по площади пасаки.
2. В соответствии с «Правилами лесовосстановления» количество сохраненного подроста после заготовки сортиментов по патентно защищенному способу обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста.
3. Заготовка сортиментов способом по патенту РФ №2365093 обеспечила соблюдение требований «Правил заготовки древесины» по сохранению подроста хозяйственно-ценных пород на пасаках в количестве не менее 70%.
4. Анализ результатов исследования синхронизации и

энергоемкости технологического процесса заготовки и обработки древесины указанными способами показал, что снижение непроизводительного расхода топлива харвестера при работе по новому способу составляет в среднем 0,048 кг/м³ сравнительно с традиционным способом.