

О.Н. Галактионов, Р.А. Шадрин, И.С. Алешин

**О ВЛИЯНИИ НАСЫЩЕННОСТИ ЛЕСОСЕКИ
ОБЪЕКТАМИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Введение. Производительность лесных машин – это наиболее важный показатель их работы, определяющийся количеством работы, выполняемой машиной или механизмом в единицу времени. В лесозаготовительной промышленности показатель производительности измеряется в кубометрах в час или в кубометрах в смену ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{см.}$).

Существует производительность машины, механизма и поточной линии (технологического потока). Производительность подъемно-транспортных машин и механизмов измеряется объемом (массой) деревьев, хлыстов или сортиментов, перемещаемых за единицу времени.

Производительность лесозаготовительной техники определяется большим числом факторов, которые можно сгруппировать следующим образом:

- лесорастительные и природные (средний объем хлыста, ликвидный запас леса на 1 га, породный состав насаждений, бонитет, тип леса, тип условий местопроизрастания и др.);
- назначение и конструктивные особенности машины (число и характер выполняемых операций), способ выполнения операций, надежность машины и ее технологического оборудования и др.;
- технологические (размер и конфигурация лесосек, способ формирования пачек деревьев, среднее расстояние трелевки, совершенство схем разработки лесосек и др.);
- технологические параметры машин (мощность двигателя, скорость, ширина захвата, грузоподъемность, маневренность и др.);
- совершенство технологической и производственной эксплуатации машины (квалификация оператора, совершенство технологического оборудования, техническое состояние машины и др.).

Существует целый ряд научных исследований, посвящённых производительности лесных машин [Мехренцев и др., 2007; Белодедова, Сидорова, 2012; Герасимов и др., 2012; Герц и др., 2012; Дербин, Дербин, 2015; Коломинава, 2015; Андронов, Пегов, 2018; Безгина и др., 2018; Хитров и др.,

2020; Савиных, 2021; Свойкин и др., 2021; Ширнин и др., 2022; Соколов и др., 2023; Дудко и др., 2024; Кузнецов, Гайда, 2024; Сергеева и др., 2024; Лопатин и др., 2025; Лукашевич и др., 2025], однако в них не уделяется внимания влиянию насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего научного исследования служит анализ влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации для определения его количественных характеристик.

Задачи исследования:

- проанализировать современную нормативно-методическую основу сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ;
- проанализировать практику сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации;
- на основании этого анализа сформулировать предложения по определению количественных характеристик влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации.

Материалы и методика исследования. Методической основой настоящего научного исследования послужили Приказ Минприроды России от 17.01.2022 №23 «Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки», а также основы теории производительности машин и механизмов [Виногоров, 1984; Технология..., 2012; Шегельман и др., 2015].

В настоящем научном исследовании также были использованы следующие нормативно-методические документы:

1. Лесной кодекс Российской Федерации (от 04.12.2006 №200-ФЗ);
2. Приказ Минприроды России №993 от 01.12.2020 «Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации»;
3. Приказ Минприроды России №534 от 30.07.2020 «Об утверждении Правил ухода за лесами»;
4. Приказ Минприроды России от 16.11.2021 №864 «Об утверждении Составы проекта освоения лесов, порядка его разработки и внесения в него изменений, требований к формату проекта освоения лесов в форме электронного документа»;

5. Приказ Минприроды России от 27.02.2017 №72 «Об утверждении состава лесохозяйственных регламентов, порядка их разработки, сроков их действия и порядка внесения в них изменений»;

6. Постановление Правительства РФ от 31.05.2025 №813 «Об утверждении требований к предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов и линий связи и электропередачи».

В состав материалов настоящего научного исследования также входят технологические карты лесосечных работ, разработанные инженерами лесозаготовительных предприятий, ведущих лесозаготовки в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации.

Результаты исследования. Анализ современных нормативно-методических основ сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ был начат с Приказа Минприроды России от 27.02.2017 №72 «Об утверждении состава лесохозяйственных регламентов, порядка их разработки, сроков их действия и порядка внесения в них изменений», п. 6 которого определяет, что гл. 1 лесохозяйственного регламента должна содержать, среди прочего, характеристику имеющихся и проектируемых особо охраняемых природных территорий и объектов, планов по их организации, развитию экологических сетей, сохранению биоразнообразия.

В свою очередь, Приказ Минприроды России от 16.11.2021 №864 «Об утверждении Составы проекта освоения лесов, порядка его разработки и внесения в него изменений, требований к формату проекта освоения лесов в форме электронного документа» содержит требование, чтобы раздел «Сведения о лесном участке» общей части проекта освоения лесов включал в себя в том числе:

- характеристику имеющихся в границах лесного участка (земельного участка из земель сельскохозяйственного назначения) особо охраняемых природных территорий и объектов (границы и режим особой охраны), мероприятия по сохранению объектов биоразнообразия;
- сведения о наличии мест обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и мест произрастания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов деревьев, кустарников, лиан и иных лесных растений.

Для анализа практики сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации в качестве примера авторы обратились к Лесохозяйственному регламенту Приозерного лесничества Архангельской области, утвержденному Постановлением Министерства природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области от 19 ноября 2018 г. №41п.

Этот регламент разработан с учётом требований, содержащихся в Распоряжении Министерства природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области от 16 августа 2017 г. №1336р, которым утверждены «Методические рекомендации по сохранению биологического разнообразия при заготовке древесины в Архангельской области, применяемые при рубках спелых и перестойных лесных насаждений и уходе за лесом в эксплуатационных и защитных лесах».

В табл. 1 приведены нормативы и параметры объектов биологического разнообразия и буферных зон, подлежащих сохранению при осуществлении лесосечных работ. Таким образом, информация, содержащаяся в табл. 1, позволяет судить о том, какой может быть насыщенность лесосеки объектами биоразнообразия на примере конкретного лесничества.

Таблица 1

Нормативы и параметры объектов биологического разнообразия и буферных зон, подлежащих сохранению при осуществлении лесосечных работ

Standards and parameters of biological diversity objects and buffer zones to be preserved during logging operations

Наименование объектов биологического разнообразия	Характеристика объектов биологического разнообразия	Размер буферных зон (при необходимости)
Участки, относящиеся к экотонным зонам с высоким биоразнообразием, сохранение которых позволит поддержать разнообразие типичных и редких лесных видов после рубки		
1. Участки около болот (если вокруг болота не выделен особо защитный участок (ОЗУ))	Участки леса шириной: не менее 30 м около выделов, протаксированных как переходное или низинное болото*; не менее 20 м около выделов, протаксированных как верховое болото. *Если в таксационном описании отмечено, что болото поросло деревьями на 20% и более, то около выделов, протаксированных как переходное болото, ширина участка – не менее 20 м	Буферная зона не устанавливается. В границах объекта рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки
2. Участки около небольших озер	Участки леса шириной не менее 20 м около озер площадью менее 50 га	Буферная зона не устанавливается. В границах объекта рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки
Уязвимые участки, которые легко могут быть нарушены в результате хозяйственной деятельности и очень долго восстанавливаются		
3. Участки леса вокруг природных выходов подземных вод (родников)	Сохраняются участки леса шириной не менее 50 м вокруг природных выходов подземных вод (родников)*. Для участков характерны: наличие родников; постоянно стоящая вода, часто с ржавым налетом; хорошо развитое высокотравье. *если не выделена водоохранная зона	Буферная зона не устанавливается. В границах объекта рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки.

Продолжение табл. 1

Наименование объектов биологического разнообразия	Характеристика объектов биологического разнообразия	Размер буферных зон (при необходимости)
4. Небольшие заболоченные понижения	Обычно составляют часть выдела, расположены в локальных бессточных или слабопроточных понижениях рельефа. Для участков характерны: низкий класс бонитета (5-5б); низкая полнота древостоя (0,5 и ниже); избыточно увлажненные почвы (болотные, торфяные); индикаторные виды: сфагнум, осоки, кукушкин лен, багульник болотный, белокрыльник болотный, калужница болотная, сабельник болотный	Вокруг объекта устанавливается буферная зона шириной, равной полупасеке. В буферной зоне не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки, сохраняются ветроустойчивые деревья, подрост, подлесок, молодняк. В границах объекта рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки
5. Временные водотоки	Временные (пересыхающие) водотоки с выраженным руслом	Вдоль объекта в обе стороны от русла устанавливается буферная зона шириной, равной полупасеке. В буферной зоне не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки, сохраняются ветроустойчивые деревья, подрост, подлесок, молодняк. В границах лесосеки допускается оборудование переездов через объект не более двух раз. После разработки лесосеки переезды необходимо разобирать, чтобы обеспечить ток воды и незахламление русла
6. Каменистые россыпи, скальные обрывы, скалы	не встречаются	
7. Карстовые образования	не встречаются	
Деревья пород, редких для Архангельской области в силу своих биологических особенностей, или ставшие редкими в результате хозяйственной деятельности человека		
8. Деревья пород, редких для Архангельской области в силу своих биологических особенностей, или ставшие редкими в результате хозяйственной деятельности человека	Наличие в насаждении деревьев следующих пород: вяз гладкий; вяз шершавый; липа сердцелистная; ольха черная; лиственница сибирская; пихта сибирская; можжевельник обыкновенный (древовидная жизненная форма)	Буферная зона не устанавливается. Сохраняются все объекты вне технологической сети. При компактном произрастании возможно сохранение в виде куртины
Ключевые элементы древостоя, присутствие которых является обязательным условием устойчивого существования лесных экосистем и связанных с ними организмов		
9. Старовозрастные деревья всех пород	Для деревьев характерны: толстые ствол, сучья и ветви; крона неравномерная, раскидистая, разреженная, притупленная,	Буферная зона не устанавливается. Сохраняются не менее 5 старых деревьев каждой породы на 1 га*.

Продолжение табл. 1

Наименование объектов биологического разнообразия	Характеристика объектов биологического разнообразия	Размер буферных зон (при необходимости)
	зонтиковидная, часто многовершинная; кора грубая, с глубокими трещинами в нижней части ствола; ствол и часто ветви покрыты мхами, лишайниками; наличие фауны – естественных полостей в стволе, ветвях и под корневой системой, наличие плодовых тел грибов, наростов, дупел, следов кормежки дятлов; следы физических повреждений – пожаров, молний, подсочки; искривленные или наклоненные стволы	В общей сложности на лесосеке должно сохраняться не менее 10 старых деревьев на 1 гектар. Если в насаждении до рубки количество старых деревьев меньше 10 штук на гектар, то они сохраняются все вне технологической сети. *Старовозрастные деревья неветроустойчивых пород на слабых почвах рекомендуется сохранять в посадочных объектах
10. Мертвая древесина всех пород на разных стадиях разложения – сухостой, высокие пни, валеж	Сохраняются объекты, диаметром более 25 см. Сохраняемые объекты не должны представлять опасности для жизни и здоровья работников при разработке лесосеки.	
	10а. Планируется естественное лесовосстановление путем сохранения подроста древесных пород.	Буферная зона не устанавливается. Высокие пни и валеж сохраняются все вне технологической сети. Сухостойные деревья сохраняются в количестве 3 шт./га каждой породы. Если в насаждении до рубки количество сухостойных деревьев менее 3 шт./га, они сохраняются все вне технологической сети
	10б. Планируется искусственное лесовосстановление, минерализация почвы	Буферная зона не устанавливается. Объекты по возможности сохраняются в других ключевых биотопах или специально выделенных для сохранения элементов мертвой древесины
	10в. Участок скопления мертвой древесины. Возраст распада древостоя менее 3 лет. Максимальная площадь объекта 0,1 га. Возраст распада древостоя 3 и более лет. Площадь объекта не ограничивается при условии, что в границах объекта количество жизнеспособного подроста хозяйственно-ценных пород соответствует требованиям таблиц 2 приложений к Правилам лесовосстановления для естественного лесовосстановления	Буферная зона не устанавливается. В границах объекта рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки
11. Деревья с гнездами и дуплами	11а. Деревья с крупными гнездами (диаметр гнезда 1 м и более)	В гнездовой период (апрель-сентябрь) устанавливается буферная зона вокруг дерева с гнездом радиусом не менее 300 м. Во внегнездовой

Окончание табл. 1

Наименование объектов биологического разнообразия	Характеристика объектов биологического разнообразия	Размер буферных зон (при необходимости)
		период (октябрь-март) устанавливается буферная зона вокруг дерева с гнездом радиусом не менее 30 м. В буферной зоне рубки не проводятся, не прокладываются волока, не размещаются погрузочные площадки.
	11б. Деревья с гнездами, диаметром менее 1 м, деревья с дуплами	Буферная зона не устанавливается. Сохраняются все вне технологической сети по возможности в окружении 2-5 других ветроустойчивых деревьев, подроста, подлеска, молодняка
Места обитания редких видов, которые могут быть выявлены и определены работниками предприятия во время отвода или разработки лесосеки, и должны быть сохранены в соответствии с требованиями законодательства.		
12. Места обитания редких видов	Выделяются при обнаружении редких видов животных (и/или следов их жизнедеятельности, убежищ, мест гнездования), растений и других организмов, включенных в Красные книги Российской Федерации и Архангельской области, если нет возможности выделить соответствующий ОЗУ	Буферная зона, ее ширина и режим пользования устанавливаются в зависимости от особенностей биологии и экологии редких видов и сохранения устойчивости оставленного участка леса после рубки

Примечание: местоположение объектов биологического разнообразия и площадь буферных зон указываются при их проектировании, при лесоустройстве и специальных исследованиях

Нужно понимать, что в условиях других субъектов Северо-Западного Федерального округа насыщенность лесосеки объектами биоразнообразия может быть и больше. Всё будет зависеть от фантазии разработчиков региональных нормативных актов и лесохозяйственных регламентов.

Исследования производительности лесозаготовительной техники также нашли своё отражение в работах целого ряда авторов [Коломинова, 2013; Бурмистрова и др., 2021; Савиных и др., 2021].

Прежде, чем сформулировать предложения по определению количественных характеристик влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации, необходимо привести формулы расчёта производительности харвестера (рис. 1) [Шегельман и др., 2015].



Рис. 1. Валочно-сучкорезно-раскряжевальная машина (харвестер) на лесосеке
Fig. 1. Harvester in the cutting area

Сменная производительность харвестера $\Pi_{см}$:

$$\Pi_{см} = \Pi_{ч} (T_{см} - t_{пз}) f, \quad (1)$$

где $\Pi_{ч}$ – часовая производительность харвестера, $\text{м}^3/\text{ч}$; $T_{см}$ – время смены, ч; $t_{пз}$ – время предварительно-заключительных работ, ч; f – коэффициент использования рабочего времени.

Часовую производительность харвестера $\Pi_{ч}$ определим по формуле:

$$\Pi_{ч} = \frac{3600V_{хл}}{T_{ц}}, \quad (2)$$

где $V_{хл}$ – объём хлыста, м^3 ; $T_{ц}$ – время технологического цикла, с. Время технологического цикла $T_{ц}$ находится по формуле:

$$T_{ц} = t_{нав} + t_{зах} + t_{ср} + t_{подт} + t_{раск} + t_{пер} + t_{прот}, \quad (3)$$

где $t_{нав}$, $t_{зах}$ – время, необходимое для наведения ЗСУ и захвата дерева ($t_{нав} + t_{зах} = 10$ с), с; $t_{ср}$ – время на срезание и сталкивание дерева с пня, с;

$t_{подт}$ – время на подтаскивание дерева к машине ($t_{подт} = 7$ с), с; $t_{раск}$ – время выполнения пропилов, с; $t_{пер}$ – время на смену рабочей стоянки, с; $t_{прот}$ – время протаскивания дерева через ножевую головку, с.

Время срезания и сталкивания дерева с пня $t_{ср}$ рассчитаем по формуле:

$$t_{ср} = \frac{d_{ср}^2 \pi}{4\Pi_{чп}} + 3,15, \quad (4)$$

где $d_{ср}$ – средний диаметр дерева на высоте срезания, см; $\Pi_{чп}$ – производительность чистого пиления, см²/с.

Время раскряжевki дерева (выполнения пропилов) $t_{раск}$ определяют следующим образом:

$$t_{раск} = \frac{\pi(d_{ср} + d_{вер})^2}{4\Pi_{чп}} \frac{H_{ср}}{l_{сорт}}, \quad (5)$$

где $H_{ср}$ – средняя длина хлыста, м; $l_{сорт}$ – средняя длина сортимента, м; $d_{вер}$ – диаметр дерева в верхнем отрезе, см.

Время смены рабочей стоянки:

$$t_{пер} = \frac{l_{max}}{v}, \quad (6)$$

где v – рабочая скорость харвестера, м/с; l_{max} – максимальное расстояние между рабочими стоянками, м.

Время на протаскивание дерева:

$$t_{прот} = \frac{H_{ср} - 2}{v_{прот}}, \quad (7)$$

где $v_{прот}$ – скорость протаскивания дерева, м/с.

Из всех приведенных параметров влияние изменения структуры лесосеки будет сказываться на времени, необходимом для наведения харвестерной головки и захвата дерева, а также на времени смены рабочей стоянки.

Для выполнения нормативов, приведенных выше (табл. 1), и создания зоны опушечного эффекта вдоль границы лесосеки предположим, что количество вырубаемых деревьев меняется от крайнего волока до стены леса, не отведенного в рубку. Для удобства оценки комплекса мероприятий следует разработать коэффициент «влияния», который будет характеризовать технологический процесс, ведущийся в условиях создания необходимых местобитаний таежной фауны и без него.

Оценки изменения производительности проведем для харвестера John Deere 1270.

Считаем, что работы ведутся в условиях сплошных рубок. Тогда на участке между крайним волоком и стеной леса создаем полосу разреженного леса, локальная полнота которого равномерно нарастает по прямолинейному закону к стене леса. Ширина указанной полосы равна максимальному вылету манипулятора.

Роль создаваемой полосы состоит в формировании зоны опушечного эффекта с более широким разнообразием местообитаний таежной фауны и организацией плавного перехода от нетронутой лесной среды до территории сплошной рубки. Дополнительно решается проблема ветровала деревьев по краям лесосеки.

Снижение производительности харвестера будет происходить по следующим причинам:

1. Снижение объема заготовленной древесины;
2. Снижение производительности;
3. Затраты времени на наведение и захват очередного дерева;
4. Увеличенные затраты времени на смену рабочей стоянки.

На реализацию мероприятий по сохранению местообитаний требуется оставлять нетронутые участки леса, соответствующие требованиям, приведенным в табл. 1 или характеристикам лесов, обуславливающим выживание того или иного сохраняемого вида.

Низкая выборка древесины напрямую снижает производительность харвестера из-за снижения количества стволов, отбираемых в рубку, в зоне доступа манипулятора.

Большие затраты времени обусловлены необходимостью огнать ЗСУ стволы деревьев, оставляемые на формирование опушечной зоны лесосеки.

Увеличение затрат времени на смену рабочей стоянки обусловлено увеличением доли перемещений в технологическом цикле по отношению к его обычной длительности.

Рассмотрим более подробно указанные эффекты.

Расчет будем вести для лесосеки среднего размера. Например, для Республики Карелия ее площадь $S = 11$ га (по данным, предоставленным работниками лесозаготовительных организаций и лесничеств), форма квадратная с размером стороны $a = 330$ м, с системой волоков шириной $b_{вол} = 4$ м. Средний запас на лесосеке $q = 110$ /га, средний объем ствола $v_{cm} = 0.22$ м³, интенсивность рубок в опушечной полосе зададим на уровне $i = 0,5$.

Количество стволов на 1 га составит [Лукашевич, 2010]:

$$N = q / v_{cm} = 110 / 0,22 = 500 \text{ шт.} \quad (8)$$

Доступный объем заготавливаемой древесины составляет следующую величину:

$$V = (S - 4 \cdot a \cdot l_{\max} \cdot i) \cdot q = (110\,000 - 4 \cdot 330 \cdot 10 \cdot 0,5) \cdot \frac{110}{10000} = 1137 \text{ м}^3. \quad (9)$$

Разница в объеме заготавливаемой древесины по сравнению с исходным объемом

$$S \cdot q = 11 \cdot 110 = 1210 \text{ м}^3 \quad (10)$$

составляет $72,6 \text{ м}^3$ (6,0%). Указанная величина изменения заготавливаемого объема будет зависеть от величины изреживания в создаваемой полосе биоразнообразия и формы лесосеки: чем больше периметр лесосеки, тем выше потери.

Увеличение времени заготовки древесины, находящейся на лесосеке, при данных условиях и создаваемой опушечной полосе шириной 10 м в общем виде для средней лесосеки составит:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{баз}} - T_{\text{стц}}}{T_{\text{баз}}}, \quad (11)$$

где $T_{\text{баз}}$ – базовое время разработки лесосеки, ч; $T_{\text{стц}}$ – время разработки лесосеки с учетом создания полосы для организации местообитаний, ч.

Производительность харвестера John Deere 1270 $\Pi_{\text{ч}}$ в условиях Республики Карелия, по данным [Кузнецов, Гайда, 2024], составляет $15,5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Базовое время разработки лесосеки составит:

$$T_{\text{баз}} = \frac{S \cdot q}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{11 \cdot 110}{15,5} = 78,1 \text{ ч}. \quad (12)$$

Время разработки лесосеки с учетом создания полосы для организации местообитаний составит:

$$T_{\text{стц}} = \frac{(S - 4 \cdot a \cdot l_{\max} \cdot i) \cdot q}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{(11 - 4 \cdot 330 \cdot 10 \cdot 0,5) \cdot 110}{15,5} = 73,4 \text{ ч}. \quad (13)$$

Необходимо учитывать, что снижение общего времени разработки лесосеки кажущееся. При работе на лесосеке мгновенный переход на следующую лесосеку практически невозможен, и полученная разница во времени освоения лесосеки не принесет дополнительного эффекта, т. к. фактически в формуле (1) снизится коэффициент использования рабочего времени f . С учетом сказанного изменение времени составит:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{баз}} - T_{\text{стц}}}{T_{\text{баз}}} = \frac{78,1 - 73,4}{73,4} = 0,06 \text{ (6,4\%)}. \quad (14)$$

Затраты времени на наведение и захват очередного дерева будут увеличиваться в указанной полосе биоразнообразия из-за необходимости огибать оставляемые деревья или перемещаться для захвата очередного дерева.

Считаем, что обход мешающего дерева требует перемещения манипулятора на величину раскрытия захвата $l_{\text{зах}}$ (для John Deere 1270 с харвестерной головкой WARATAN H425 $l_{\text{зах}}$ составляет 1720 мм), необходимый угол поворота ($\alpha_{0,5}$) на середине максимального вылета манипулятора составит $19,7^\circ$, угловая скорость поворота манипулятора $\omega_{\text{ман}} = 10^\circ/\text{с}$, по данным [Лагерев и др., 2024], рабочая скорость движения харвестера, по данным [Хитров и др., 2024], $v_{\text{раб}} = 1,1$ м/с. С учетом сказанного дополнительное время наведения харвестерной головки на дерево составит:

$$t_{\text{нав}} = \frac{l_{\text{зах}}}{\frac{\alpha_{0,5}}{\omega_{\text{ман}}}} \cdot N \cdot i \cdot \frac{\pi l_{\text{мах}}^2 - 2 l_{\text{мах}} b_{\text{вол}}}{10\,000} = \frac{1720}{\frac{19,7}{10}} \cdot 500 \cdot 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2 - 2 \cdot 10 \cdot 4}{10\,000} = 4,1 \text{ с.} \quad (14)$$

Необходимо учитывать, что затраты времени на смену рабочей стоянки ($t_{\text{ст}}$) увеличатся не непосредственно, а в пересчете на кубический метр или дерево ($t_{\text{ст}}^{\text{уд}}$).

Определим затраты времени на смену рабочей стоянки харвестера в целом для разработки лесосеки. Длину волока ($l_{\text{вол}}$) принимаем равной длине стороны лесосеки за вычетом двух вылетов манипулятора в начале и конце волока, ширину пасеки $b_{\text{пас}} = 20$ м. С учетом сказанного длина волоков составит:

$$\sum l_{\text{вол}} = \frac{a}{b_{\text{пас}} + b_{\text{вол}}} \cdot (a - 2 \cdot l_{\text{мах}}) = \frac{330}{(20 + 4)} \cdot (330 - 2 \cdot 10) = 4263 \text{ м} \quad (15)$$

Примем, что следующая рабочая стоянка находится на расстоянии меньшем, чем максимальный вылет манипулятора, в среднем на 1 м, тогда общее их количество:

$$N_{\text{ст}} = \frac{\sum l_{\text{вол}}}{l_{\text{мах}} - 1} = \frac{4263}{10 - 1} = 474. \quad (16)$$

Удельные затраты времени при работе в стандартном режиме составят:

$$\sum t_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}} \cdot \frac{l_{\text{мах}} - 1}{v_{\text{раб}}}}{V} = \frac{426 \frac{10 - 1}{1,1}}{1210} = 2,9 \text{ с/м}^3. \quad (17)$$

Удельные затраты времени при работе в режиме сохранения биоразнообразия составят:

$$\Sigma t_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}} \cdot \frac{l_{\text{max}} - 1}{v_{\text{раб}}}}{V} = \frac{426 \cdot \frac{10 - 1}{1,1}}{1137} = 3,1 \text{ с/м}^3. \quad (18)$$

В абсолютных величинах изменение незначительно, в относительных оно составляет 6,9%.

Обсуждение. В статье [Рукомойников и др., 2024] в результате проведенного производственного эксперимента доказано, что продолжительность всех анализируемых элементов цикла работы харвестера: наведения манипулятора на дерево, подтаскивания хлыста в зону обработки, перемещения харвестера между рабочими позициями – напрямую зависит от факторов, характеризующих состав древостоя в условиях конкретных лесосек, таких как доля вырубаемого компонента и количество деревьев на 1 га.

В то же время, анализируя экспериментальные результаты исследования продолжительности наведения манипулятора, можно отметить рост трудозатрат при снижении доли вырубаемого компонента. Это связано с тем, что остающиеся на дорастивание деревья создают препятствия на пути движения манипулятора. Чем больше густота древостоя, тем сложнее оператору при выборе направления падения дерева, а, следовательно, увеличивается продолжительность анализа ситуации при наведении на него манипулятора. С повышением густоты древостоя оператору сложнее обеспечить передвижение поваленного дерева без повреждения растущих [Рукомойников и др., 2024].

Увеличение средней продолжительности перемещения харвестера на каждую новую рабочую позицию при снижении числа вырубаемых деревьев на площади и росте расстояния между ними не вызывает сомнения. Однако в ходе эксперимента отмечено, что при выборочных рубках с целью минимизации повреждений оставляемых на дорастивание деревьев при перемещении хлыстов в зону обработки оператору харвестера в ряде случаев приходится одновременно с движением манипулятора осуществлять движение харвестера по волоку в обратном направлении, что в последующем повышает расстояние, проходимое харвестером при перемещении вперед до следующей рабочей позиции, и в целом суммарные расстояния передвижений машины по лесосеке. Это показывает, что влияние на среднюю продолжительность перемещения харвестера между рабочими позициями имеет не только количество вырубаемых деревьев, но и количество деревьев, оставляемых на дорастивание [Рукомойников и др., 2024].

В настоящем научном исследовании авторы считают необходимым дополнить проблему затрат времени на технологические операции при выборочных и постепенных рубках тем обстоятельством, что оператору харвестера дополнительно понадобится учитывать необходимость сохранения объектов биологического разнообразия (табл. 1) и помнить о выполнении мероприятий по охране объектов животного мира и среды их обитания.

Необходимость и важность проектирования и выполнения мероприятий по охране объектов животного мира и среды их обитания при осуществлении лесопромышленных и лесохозяйственных производственных процессов в очередной раз подтверждены: с 01.09.2025 вступило в силу Постановление Правительства РФ от 31.05.2025 №813 «Об утверждении требований к предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов и линий связи и электропередачи», где и содержится это требование:

«12. При использовании лесов, планировании и осуществлении мероприятий по их охране, защите и воспроизводству необходимо предусматривать меры по охране объектов животного мира и среды их обитания, включая сохранение условий размножения объектов животного мира, нагула, отдыха и путей миграции в соответствии с целевым назначением защитных лесов и правовым режимом особо защитных участков лесов».

Основываясь на вышесказанном, авторы настоящего научного исследования вносят предложение сконцентрировать все действия природоохранного характера, которые необходимо осуществлять при проведении лесосечных работ, в новую технологическую операцию, которую авторы предлагают назвать «биосохранение».

Тогда формулу расчёта времени технологического цикла (3) авторы предлагают дополнить ещё одним слагаемым $t_{\text{биосохр}}$:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{нав}} + t_{\text{зах}} + t_{\text{ср}} + t_{\text{подт}} + t_{\text{раск}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{прот}} + t_{\text{биосохр}}, \quad (19)$$

где $t_{\text{нав}}$, $t_{\text{зах}}$ – время, необходимое для наведения ЗСУ и захвата дерева ($t_{\text{нав}} + t_{\text{зах}} = 10 \text{ с}$), с; $t_{\text{ср}}$ – время на срезание и сталкивание дерева, с; $t_{\text{подт}}$ – время на подтаскивание дерева к машине ($t_{\text{подт}} = 7 \text{ с}$), с; $t_{\text{раск}}$ – время выполнения пропилов, с; $t_{\text{пер}}$ – время на смену рабочей стоянки, с; $t_{\text{прот}}$ – время протаскивания дерева через ножевую головку, с; $t_{\text{биосохр}}$ – время биосохранения, с.

Из формул (1) и (2) очевидно, что чем больше лесосека будет насыщена объектами биоразнообразия, чем мельче по размерам будут эти объекты и чем более разбросанными они будут по территории лесосеки, тем больше

времени оператор харвестера будет тратить на биосохранение и тем больше будет величина предлагаемого авторами настоящего исследования времени биосохранения $t_{\text{биосохр.}}$.

Составляющие технологического цикла при выполнении операций по формированию площадей по биосохранению при средних показателях древостоя составят:

- Снижение объема заготовленной древесины – 6,0%;
- Снижение производительности харвестеров – 6,4%;
- Затраты времени на наведение и захват очередного дерева увеличатся в среднем на 4,1 с;
- Затраты времени на смену рабочей стоянки – на 6,9%.

Так как в зависимости от принятой схемы разработки лесосеки данные факторы будут сочетаться в разных комбинациях, то предельное изменение производительности составит приблизительно 19,3%, а минимальное – приблизительно 6,0%. Таким образом, можно считать, что снижение производительности в большинстве случаев будет укладываться в диапазон $10 \pm 2\%$ и составит приемлемую величину для применения на практике.

Чтобы понять важность этого слагаемого в формуле (20), достаточно в табл. 1 прочитать характеристику такого объекта биологического разнообразия, как старовозрастные деревья всех пород (п. 9), и представить себе, сколько времени потратит оператор харвестера на принятие решения, соответствует ли данное конкретное дерево вышеназванным характеристикам или нет, и оставлять ли это дерево на корню или не оставлять.

Заключение. Проблему снижения производительности харвестера по причине увеличения затрат времени на сохранение объектов биологического разнообразия (табл. 1) и на мероприятия по охране объектов животного мира и среды их обитания при проведении лесосечных работ авторы предлагают решать следующим образом:

1. Сконцентрировать все действия природоохранного характера, которые необходимо осуществлять при проведении лесосечных работ, в новую технологическую операцию, которую авторы предлагают назвать «биосохранение»;

2. Отказаться от единичных, мелких по размеру, разбросанных по территории лесосеки, часто занесённых снегом, малозаметных оператору харвестера объектов биоразнообразия, увеличивающих затраты его времени на принятие решения, а вместо них сохранять на лесосеке компактные куртины жизнеспособных деревьев и кустарников, чётко обозначенные при отводе лесосеки и хорошо видные оператору из кабины харвестера;

3. Там, где это возможно, отказаться от прямолинейных границ лесосеки в пользу криволинейных, что позволит увеличить протяженность опушечной линии, необходимой для сохранения биоразнообразия лесов.

Чётко обозначенная в технологической карте лесосечных работ технологическая операция «биосохранение» с указанием технологии выполнения, применяемых машин и оборудования станет неотъемлемой частью оптимального технологического решения для данной конкретной лесосеки.

Лесозаготовки – это основополагающая часть лесного комплекса, на результатах работы которой базируются все последующие мероприятия по транспортировке и переработке древесины.

От качества проведения рубок зависит успешное лесовосстановление и сохранение биоразнообразия лесной среды. С другой стороны, высокое качество рубок состоит в максимальном использовании имеющихся на лесосеке древесных ресурсов. Поэтому необходим грамотный выбор такого характера лесозаготовительного процесса, который позволил бы реализовать высококачественное освоение лесного фонда на основе умения подбирать технологические комплексы, наиболее полно соответствующие сортиментному плану и конкретным природно-производственным условиям.

Успешность деятельности лесоинженера оценивается в том числе по достигнутой производительности и ритмичности работы лесозаготовительной техники. В настоящем научном исследовании предпринята попытка показать влияние различных характеристик древостоя и машины друг на друга, а главное – на возможно достижимую производительность имеющегося оборудования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Андронов А.В., Пегов В.Ю. Анализ влияния стажа работы оператора на производительность харвестера // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 г.: сб. ст. по мат. науч.-техн. конф. СПб., 2018. С. 59-65.

Безгина Ю.Н., Герц Э.Ф., Залесов С.В., Теринов Н.Н., Уразова А.Ф. Рациональные параметры технических элементов пасеки для манипуляторных лесозаготовительных машин // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, №4. С. 338-343.

Белодедова А.А., Сидорова М.В. Хронометражное исследование лесозаготовительных операций // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. 2012. Т. 9, №1. С. 4-7. DOI: 10.15393/j2.art.2012.1701.

Бурмистрова О.Н., Просужих А.А., Хитров Е.Г., Куницкая О.А., Лунова Е.Н. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты // ИВУЗ. Лесной журнал. 2021. №3 (381). С. 101-116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-101-116.

Виногоров Г.К. Технология лесозаготовок. Учебник для техникумов. М.: Лесная промышленность, 1984. 296 с.

Герасимов, Ю.Ю., Сенькин В.А., Вьятайнен К. Производительность харвестеров на сплошных рубках // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. 2012. Т. 9, №2. С. 82-93. DOI: 10.15393/j2.art.2012.1642.

Герц Э.Ф., Мехренцев А.В., Якимович С.Б. Сравнительная оценка эффективности технологических схем работы систем машин «харвестер-форвардер» по критериям площади технологических коридоров и производительности // Вестник МГУЛ. 2012. №4. С. 63-67.

Дербин В.М., Дербин М.В. Технология работы харвестера при выборочных рубках // Системы. Методы. Технологии. 2015. №4 (28). С. 120-124.

Дудко А.А., Уразова А.Ф., Демидова А.В., Абишев К.Б., Садыгов Ф.А., Диметренко С.В. Пример расчета производительности харвестера John Deere 803МН с учетом природно-производственных условий Октябрьского района, ХМАО-Югры // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2024. №65. С. 169-174.

Коломинова М.В. К вопросу повышения производительности харвестеров и форвардеров // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса: мат. II между. науч.-техн. конф. Кострома, 2013. С. 118-121.

Коломинова М.В. Пути повышения эффективности технологических процессов лесозаготовок с использованием многооперационных машин // Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения. 2015. №2 (2). С. 11-17.

Кузнецов А.В., Гайда А.А. Сравнительный анализ эффективности харвестеров зарубежного производства // Resources and Technology. 2024. Т. 21, №1. С. 100-112. DOI: 10.15393/j2.art.2024.7543.

Лагерев А.В., Лагерев И.А., Макулина А.В. Динамическая модель харвестера, оснащенного канатной анкерной системой, при проведении лесозаготовительных работ на крутом склоне // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2024. №3. С. 188-206. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-03-188-206.

Лопатин С.Д., Семенов Е.А., Чернышев Д.О. Лесозаготовительная техника на службе лесной промышленности // Парадигма. 2025. №7. С. 206-211.

Лукашевич В.М. Обоснование комплектов и режимов работы лесосечных и лесотранспортных машин с учетом сезонности лесозаготовительных работ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Петрозаводск, 2010. 18 с.

Лукашевич В.М., Кузнецов А.В., Викторова Т.В. Оценка эффективности внедрения рубок ухода высокой интенсивности // Resources and Technology. 2025. Т. 22, №1. С. 72-89. DOI: 10.15393/j2.art.2025.8323.

Мехренцев А.В., Беляйков Ф.Г., Полукаров М.В. Оценка влияния продолжительности рабочей смены оператора харвестера на производительность и состояние природной среды // Вестник МГУЛ. 2007. №8. С. 130-132.

Рукомойников К.П., Сергеева Т.В., Гилязова Т.А., Царев Е.М., Анисимов П.Н. Влияние состава древостоя на временной цикл работы харвестера // ИВУЗ. Лесной журнал. 2024. №3 (399). С. 153-165. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-153-165.

Савиных Т.И. Разработка методики определения производительности харвестера и ее расчет при выборочных рубках // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат. XVII Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2021. С. 44-47.

Савиных Т.И., Савиных М.А., Якимович С.Б. Сравнительный анализ способов заготовки древесины харвестером по критерию производительности и удельной энергоёмкости // Леса России и хозяйство в них. 2021. №4 (79). С. 69-74. DOI: 10.51318/FRET.2021.95.37.006.

Свойкин Ф.В., Свойкин В.Ф., Соколова В.А., Локистанов Б.М., Орлов В.В., Гусева Т.А. Повышение производительности неспециализированной техники на лесозаготовках на базе математического анализа показателей лесосеки // Системы. Методы. Технологии. 2021. №3 (51). С. 135-142. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-3-135-142.

Сергеева Т.В., Гилязова Т.А., Рукомойников К.П. Результаты имитационного моделирования работы харвестера при выборочных рубках леса // Лесной вестник. 2024. Т. 28, №2. С. 136-149.

Соколов А.П., Селиверстов А.А., Суханов Ю.В., Сенькин В.А. О влиянии частичной автоматизации управления манипуляторами на эргономические показатели лесозаготовительных машин // Лесной вестник. 2023. Т. 27, №1. С. 139-152. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-139-152.

Технология и машины лесосечных работ: учебник. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. 362 с.

Хитров Е.Г., Григорьев Г.В., Дмитриева И.Н. Пример расчета производительности харвестера с учетом природно-производственных условий // Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе: мат. Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2020. С. 76-80.

Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Питухин А.В., Галактионов О.Н. Производство лесосечных работ: технология и техника: учеб. пособие для студентов вузов лесинженерного профиля. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2015. 367 с.

Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю., Денисов С.А., Волдаев М.Н., Шарнин И.В. Разработка повреждённых низовым пожаром горельников системой машин «харвестер + форвардер» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2022. №2 (54). С. 55-63.

References

Andronov A.V., Pegov V.Yu. Analysis of the influence of the operator's work experience on harvester performance. *Scientific and Technical Conference of the Institute of Technological Machines and Forest Transport of the St. Petersburg State*

Forestry University based on the results of scientific research in 2017: collection of art. based on the mat. of the sci.-tech. conf. St. Petersburg, 2018, pp. 59-65. (In Russ.)

Belodedova A.A., Sidorova M.V. Timekeeping study of logging operations. Proceedings of the Faculty of Forestry Engineering of PetrSU, 2012, vol. 9, no. 1, pp. 4-7. DOI: 10.15393/j2.art.2012.1701. (In Russ.)

Bezgina Yu.N., Hertz E.F., Zalesov S.V., Terinov N.N., Urazova A.F. Rational parameters of the technical elements of the apiary for manipulator logging machines. Conifers of the boreal zone, 2018, vol. 36, no. 4, pp. 338-343. (In Russ.)

Burmistrova O.N., Prosuzhikh A.A., Khitrov E.G., Kunitskaya O.A., Luneva E.N. Theoretical studies of forwarders' productivity with limited impact on soils. Russian forestry journal, 2021, no. 3 (381), pp. 101-116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-101-116. (In Russ.)

Derbin V.M., Derbin M.V. Harvester technology for selective logging. Systems. Methods. Technologies, 2015, no. 4 (28), pp. 120-124. (In Russ.)

Dudko A.A., Urazova A.F., Demidova A.V., Abishev K.B., Sadygov F.A., Dimetrenko S.V. An example of calculating the productivity of a John Deere 803MH harvester, taking into account the natural and industrial conditions of the Oktyabrsky district, Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra. Actual problems of the forest complex, 2024, no. 65, pp. 169-174. (In Russ.)

Gerasimov Yu.Yu., Senkin V.A., Vyayataynen K. Productivity of harvesters on continuous logging. Proceedings of the Faculty of Forestry Engineering of PetrSU, 2012, vol. 9, no. 2, pp. 82-93. DOI: 10.15393/j2.art.2012.1642. (In Russ.)

Hertz E.F., Mekhrentsev A.V., Yakimovich S.B. Comparative assessment of the effectiveness of technological schemes for the operation of harvester-forwarder machine systems according to the criteria of the area of technological corridors and productivity. Bulletin of the Moscow State University of Forest, 2012, no. 4, pp. 63-67. (In Russ.)

Khitrov E.G., Grigoriev G.V., Dmitrieva I.N. An example of calculating harvester productivity taking into account natural and industrial conditions. Current issues of transport in the forest complex: proc. of the All-Russ.sci.-pract. conf. St. Petersburg, 2020, pp. 76-80. (In Russ.)

Kolominova M.V. On the issue of increasing the productivity of harvesters and forwarders. Actual problems and prospects of the timber industry development: proc. of the II int.sci.-tech. conf. Kostroma, 2013, pp. 118-121. (In Russ.)

Kolominova M.V. Ways to increase the efficiency of technological processes of logging using multi-operational machines. Resources of the European North. Technologies and economics of development, 2015, no. 2 (2), pp. 11-17. (In Russ.)

Kuznetsov A.V., Gaida A.A. Comparative analysis of the effectiveness of harvesters of foreign production. Resources and Technology, 2024, vol. 21, no. 1, pp. 100-112. DOI: 10.15393/j2.art.2024.7543. (In Russ.)

Lagerev A.V., Lagerev I.A., Makulina A.V. Dynamic model of a harvester equipped with a rope anchor system during logging operations on a steep slope. Nauchno-

tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2024, no. 3, pp. 188-206. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-03-188-206. (In Russ.)

Lopatin S.D., Semenov E.A., Chernyshev D.O. Logging equipment in the service of the forest industry. *Paradigm*, 2025, no. 7, pp. 206-211. (In Russ.)

Lukashevich V.M. Justification of sets and modes of operation of logging and forest transport machines taking into account the seasonality of logging operations: author's abstract. Diss. ... Cand. Tech. Sci. Petrozavodsk, 2010. 18 p. (In Russ.)

Lukashevich V.M., Kuznetsov A.V., Viktorova T.V. Evaluation of the effectiveness of the introduction of high-intensity logging. *Resources and Technology*, 2025, vol. 22, no. 1, pp. 72-89. DOI: 10.15393/j2.art.2025.8323. (In Russ.)

Mehrentsev A.V., Belyaykov F.G., Polukarov M.G. Assessment of the impact of the duration of the harvester operator's work shift on productivity and the state of the natural environment. *Bulletin of the Moscow State University of Forest*, 2007, no. 8, pp. 130-132. (In Russ.)

Rukomoynikov K.P., Sergeeva T.V., Gilyazova T.A., Tsarev E.M., Anisimov P.N. The influence of tree stand composition on the time cycle of harvester operation. *Russian forestry journal*, 2024, no. 3 (399), pp. 153-165. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-153-165. (In Russ.)

Savinykh T.I. Development of a methodology for determining harvester productivity and its calculation during selective logging. *Scientific creativity of youth – to the Russian forest complex: proc. of the XVII All-Russ. (nat.) sci-tech. conf.* Yekaterinburg, 2021, pp. 44-47. (In Russ.)

Savinykh T.I., Savinykh M.A., Yakimovich S.B. Comparative analysis of wood harvesting methods by harvester according to the criterion of productivity and specific energy intensity. *Forests of Russia and their management*, 2021, no. 4 (79), pp. 69-74. DOI: 10.51318/FRET.2021.95.37.006. (In Russ.)

Sergeeva T.V., Gilyazova T.A., Rukomoynikov K.P. Results of simulation modeling of harvester operation during selective logging. *Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 2, pp. 136-149. (In Russ.)

Shegelman I.R., Skrypnik V.I., Pitukhin A.V., Galaktionov O.N. Logging operations: technology and technique: a textbook for university students of forestry engineering. Petrozavodsk: PetrSU Publishing House, 2015. 367 p. (In Russ.)

Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Denisov S.A., Voldaev M.N., Sharnin I.V. Development of the harvester + forwarder machine system damaged by a low-level fire. *Bulletin of the Volga State Technological University. Ser.: Forest. Ecology. Environmental management*, 2022, no. 2 (54), pp. 55-63. (In Russ.)

Sokolov A.P., Seliverstov A.A., Sukhanov Yu.V., Senkin V.A. On the influence of partial automation of manipulator control on the ergonomic performance of logging machines. *Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 1, pp. 139-152. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-139-152. (In Russ.)

Svoiikin F.V., Svoiikin V.F., Sokolova V.A., Lokshtanov B.M., Orlov V.V., Guseva T.A. Improving the productivity of non-specialized equipment in logging based on

mathematical analysis of cutting area indicators. *Systems. Methods. Technologies*, 2021, no. 3 (51), pp. 135-142. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-3-135-142. (In Russ.)

Technology and machines of logging operations: textbook. St. Petersburg: St. Petersburg State Technical University, 2012. 362 p. (In Russ.)

Vinogorov G.K. Technology of logging. Textbook for technical schools. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1984. 296 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 14.04.2026

Галактионов О.Н., Шадрин Р.А., Алешин И.С. О влиянии насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 259. С. 237–259. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.259.237-259

Работа посвящена вопросу влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники. Производительность лесных машин – это наиболее важный показатель их работы, определяющийся количеством работы, выполняемой машиной или механизмом в единицу времени. Существует целый ряд научных исследований, посвящённых изучению производительности лесных машин. К сожалению, в них не уделяется внимания влиянию насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники. Целью настоящего научного исследования служит анализ влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации для определения его количественных характеристик. Задачи исследования сформулированы следующим образом: проанализировать современную нормативно-методическую основу сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ; проанализировать практику сохранения биоразнообразия при производстве лесосечных работ в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации; на основании этого анализа сформулировать предложения по определению количественных характеристик влияния насыщенности лесосеки объектами биоразнообразия на производительность лесозаготовительной техники в условиях лесничеств Северо-Запада Российской Федерации. Авторы настоящего научного исследования вносят предложение сконцентрировать все действия природоохранного характера, которые необходимо осуществлять при проведении лесосечных работ, в новую технологическую операцию, которую предлагается назвать «биосохранение». Чем больше будет лесосека насыщена объектами биоразнообразия, чем мельче по размерам будут эти объекты и чем более разбросанными они будут по территории лесосеки, тем больше времени оператор харвестера будет тратить на биосохранение и тем больше будет величина предлагаемого авторами настоящего научного исследования времени

биосохранения $t_{\text{биосохр.}}$. Чтобы понять важность этого слагаемого в формуле расчёта производительности харвестера, достаточно прочитать характеристику такого важного объекта биологического разнообразия, как старовозрастные деревья всех пород и представить себе, сколько времени потратит оператор харвестера на принятие решения, соответствует ли данное конкретное дерево вышеназванным характеристикам или нет.

Ключевые слова: лесные машины, производительность, технология, объекты биологического разнообразия, насыщенность, лесосека.

Galaktionov O.N., Shadrin R.A., Alyoshin I.S. On the effect of saturation of a cutting area with biodiversity objects on the productivity of logging equipment. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2026, iss. 259, pp. 237–259 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.259.237-259

The work is devoted to the issue of the impact of the saturation of the cutting area with biodiversity objects on the productivity of logging equipment. The productivity of forest machines is the most important indicator of their work, determined by the amount of work performed by a machine or mechanism per unit of time. There are a number of scientific studies devoted to the study of the productivity of forest machinery, unfortunately, they do not pay attention to the impact of the saturation of the cutting area with biodiversity objects on the productivity of logging equipment. The purpose of this scientific study is to analyze the impact of the saturation of the cutting area with biodiversity objects on the productivity of logging equipment in the conditions of forestry in the North-West of the Russian Federation to determine its quantitative characteristics. The objectives of the study are formulated as follows: to analyze the modern regulatory and methodological framework for the conservation of biodiversity in the production of logging operations; to analyze the practice of conservation of biodiversity in the production of logging operations in the conditions of forestry in the North-West of the Russian Federation; Based on this analysis, to formulate proposals for determining the quantitative characteristics of the impact of the saturation of the cutting area with biodiversity objects on the productivity of logging equipment in the conditions of forestry in the North-West of the Russian Federation. The authors of this scientific study propose to concentrate all environmental protection actions that need to be carried out during logging operations into a new technological operation, which is proposed to be called "bio saving". The more a cutting area is saturated with biodiversity objects, the smaller these objects will be and the more scattered they will be across the cutting area, the more time the harvester operator will spend on bio saving, the greater the value of the bio saving time proposed by the authors of this scientific study. To understand the importance of this term in the harvester productivity calculation formula, it is enough to read the characteristics of such an important object of biological diversity as old-age trees of all breeds and imagine how much time the harvester operator will spend deciding whether this particular tree meets the above-mentioned characteristics or not.

Keywords: forest machinery, productivity, technology, biodiversity objects, saturation, cutting area.

ГАЛАКТИОНОВ Олег Николаевич – профессор Петрозаводского государственного университета, доктор технических наук. SPIN-код: 3419-8438. 185910, пр. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Россия. E-mail: galakt@petsu.ru

GALAKTIONOV Oleg N. – DSc (Technical), Petrozavodsk State University. SPIN-code: 3419-8438. 185910. Lenina av. 33. Petrozavodsk. Russia. E-mail: galakt@petsu.ru

ШАДРИН Роман Александрович – старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 1768-1512.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: shadrin-ra1976@yandex.ru

SHADRIN Roman A. – Senior Lecturer, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 1768-1512.

194021. Institute per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: shadrin-ra1976@yandex.ru

АЛЕШИН Илья Сергеевич – аспирант Петрозаводского государственного университета.

185910, пр. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Россия.

ALYOSHIN Ilya S. – PhD student, Petrozavodsk State University.

185910. Lenina av. 33. Petrozavodsk. Russia.