



DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-7-18  
УДК 504.05/06

Научная статья

## Экологические последствия в лесных насаждениях, подверженных техногенному воздействию при лесозаготовительных и транспортных операциях

А.В. Абузов, Н.В. Казаков

Тихоокеанский государственный университет  
Российская Федерация, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

**Аннотация.** В статье приведены результаты экспериментальных исследований, отражающих экологическую ситуацию от последствий стандартного лесозаготовительного процесса, при котором происходит уничтожение оставшихся на корню лесных насаждений. Раскрыты основные экологические факторы техногенного воздействия на лесные насаждения, пройденные выборочными рубками с использованием лесозаготовительной техники. Выявлены и формализованы основные закономерности, позволяющие количественно оценивать вред, наносимый оставленным на лесосеке деревьям. Приводятся статистические данные экспериментальных наблюдений повреждаемости лесных насаждений в зависимости от условий их произрастания. Полученные закономерности реализованы в программный комплекс *Predic arplіc 1.0*, официально зарегистрированный в Роспатенте.

**Ключевые слова:** повреждение деревьев, валка леса, экология лесозаготовок, метод, экологические факторы, оценка вреда, лесные насаждения

### Введение

Вопросы ухода за лесными насаждениями и их восстановления после техногенного воздействия неразрывно связаны со степенью воздействия, влияющей на экологический обобщенный показатель качества – причинение совокупного вреда лесной среде (сохранность подроста, деревьев, повреждаемость почвы и др.).

Применение в процессе лесозаготовок традиционных наземных технологических операций в совокупности с вариантами сплошных рубок влечет за собой изменение почвенного покрова, резко усиливает контрастность микроклимата на вырубках, ухудшает водорегулирующие свойства леса, что ведет к изменению влажности почвы и развитию травяно-кустарничкового яруса. Все это сильно препятствует естественному возобновлению леса, провоцирует низкую сохранность тонкомера и подроста. В естественных условиях оставляемый тонкомер способствует созданию благоприятной обстановки на вырубках, что значительно сокращает период адаптации среднего и мелкого подроста, повышая его выживаемость в новых условиях. Поэтому сохранение мо-



лодых деревьев при сплошных рубках, в частности в елово-пихтовых и производных лиственничных древостоях, является одним из важнейших условий естественного возобновления [1].

### Результаты и обсуждение

Согласно статистике ДальНИИЛХ, в среднем на 1 га из объема брошенной на лесосеке древесины приходится: от 15 до 22 м<sup>3</sup>/га на спиленную и брошенную у пня; от 9,2 до 28,1 м<sup>3</sup>/га на вываленную с корнем; от 15 до 28,8 м<sup>3</sup>/га на уничтоженную, сломанную и раздавленную гусеницами тракторов; от 12 до 35,6 м<sup>3</sup>/га на брошенную на погрузочных площадках [2].

В технологическом же аспекте потери древесины на лесосеках зависят от применяемой технологии лесозаготовок (табл. 1).

В настоящее время при любой существующей наземной технологии лесозаготовок почти все тонкомерные, а также дровяные и фаутные стволы спиливаются и бросаются на вырубке. Например, в процессе машинной валки деревьев при использовании валочно-пакетирующей машины во время ее движения от погрузочного пункта валки и формирование пачки деревьев выполняются прямо перед машиной – на впереди растущий лес, тем самым происходит повреждение и вываливание с корнем растущего древостоя. Когда происходит движение машины в обратном направлении, она формирует пачки спиленных деревьев частично на пасеке и частично на волоке позади себя. Таким образом повреждается практически весь оставшийся тонкомер. Одновременно тонкомер, мешающий процессу валки, прогибается или вываливается с корнем от движения стрелы манипулятора машины. Также зафиксировано, что ряд крупных деревьев в процессе спиливания и выноса их с пасеки ломаются и, соответственно, остаются брошенными, тем самым создавая захламленность на лесосеке (рис. 1).

Таблица 1

**Показатели древесного запаса, оставленного на вырубках, в зависимости от комплекта применяемых лесосечных машин**

Применяемые машины и механизмы	Количество древесины, оставленной на вырубке, м <sup>3</sup> /га			
	Спиленной и брошенной у пня	Вываленной с корнем	Раздавленной (обломки)	Всего
Бензопила + трелевочный трактор с чокерами ТТ-4	9,0	9,4	6,9	25,3
Бензопила + трелевочный трактор с коником ЛП-18	9,2	9,1	7,6	25,9
Бензопила + СКУ (самоходная канатная установка)	9,0	9,7	6,8	25,5
Валочно-пакетирующая машина ЛП-19 + трелевочный трактор с коником ЛП-18	34,2	18,4	23,8	76,4
Тимберджек 2618 + трелевочный трактор с коником 933	18,9	24,5	21,8	65,2
Валочно-пакетирующая машина Тимбо 415 + скидер 518С	26,1	19,3	20,9	66,3
Тимберджек 1270 (харвестер) + 1010 (форвардер)	6,3	9,3	7,1	22,7
Валмет 921 (харвестер) + Валмет 860 (форвардер)	7,2	8,5	8,1	23,8
Прентис 620 (харвестер) + Хемек 700 (форвардер)	4,7	6,8	15,3	26,8

Table 1

**Indicators of wood stock left on felling depending on the set of logging machines used**

Used machines and mechanisms	The amount of wood left on felling, m <sup>3</sup> /ha			
	Sawn and thrown by a stump	Rooted out	Crushed (wreckage)	Total
Chainsaw + skidder with chokers TT-4	9,0	9,4	6,9	25,3
Chainsaw + skidder with a taper LP-18	9,2	9,1	7,6	25,9
Chainsaw + SKU (self-propelled cable installation)	9,0	9,7	6,8	25,5
LP-19 feller buncher + skidder with taper LP-18	34,2	18,4	23,8	76,4
Timberjack 2618 feller buncher + skidder with taper 933	18,9	24,5	21,8	65,2
Timbko 415 feller buncher + 518C skider	26,1	19,3	20,9	66,3
Timberjack 1270 (harvester) + 1010 (forwarder)	6,3	9,3	7,1	22,7
Valmet 921 (harvester) + Valmet 860 (forwarder)	7,2	8,5	8,1	23,8
Prentice 620 (harvester) + Hemek 700 (forwarder)	4,7	6,8	15,3	26,8



**Рис. 1.** Захламленность лесосеки после лесозаготовительного процесса  
**[Figure 1.** Lumbering of the cutting area after the harvesting process]

Благодаря проведенным исследованиям известно, что территории, где имели место сплошные вырубki, подвержены возникновению лесных пожаров практически один раз за 7–10 лет. При этом возникший пожар быстро переходит на растущий рядом лес, распространяясь и нанося колоссальный ущерб лесным территориям. Отмечено, что, например, в Хабаровском крае только в 1998 году потери растущего леса от лесных пожаров приблизились к 5,5 млн м<sup>3</sup>.

Изменить сложившуюся ситуацию можно только прекращением применения сплошных вырубок леса с последующим переходом на выборочную заготовку с применением технологий, которые способны обеспечить максимальное сохранение лесной среды, а также быстрое восстановление поврежденных оставшихся на корню деревьев.

Необходимо отметить, что отсутствие в практической эксплуатации природосберегающих лесных технологий вкупе с массовым внедрением выборочных рубок, учитывающих лесное законодательство РФ, только усложняют и без того проблемную ситуацию. В данном случае максимальный уровень экологической безопасности для системы труднодоступных лесов может достигаться принципиально новым подходом к проведению выборочных рубок. В классическом понимании выборочные рубки в горных лесах должны представлять собой частичное изъятие единичных деревьев с определенной площади леса. При этом идеальным представляется практически стопроцентное сохранение подроста, тонкомера и других близстоящих деревьев, а также избежание любого чрезмерного воздействия на почву. Но из-за отсутствия в практическом применении подобных технологий, многие системы выборочных рубок, используемых в настоящее время, являются завуалированными вариациями традиционных сплошных рубок.

Так, сохранность подроста на лесосеках, в соответствии с Правилами рубок главного пользования в лесах Дальнего Востока, должна быть не менее 60 %, следовательно, максимально допускается до 40 % уничтоженного подроста [3; 4]. В действительности наблюдается другая картина. На волоках, которые по технологическим нормам должны составлять до 10–15 % площади лесосеки, а реально в процессе разработки достигают 30–35 %, подрост и тонкомер уничтожаются полностью (рис. 2).



**Рис. 2.** Последствия разработки трелевочного волока полуподвешенной канатной системой  
[**Figure 2.** Consequences of the development of a skid wire with a semi-suspended cable logging system]

Кроме того, допускается уничтожение до 40 % подроста и в пасаках, где только от падения дерева, без учета трелевочных операций, вероятность его уничтожения может достигать 35–40 %. С учетом же поврежденных деревьев и последующим их отмиранием эта цифра в течение 2–3 лет может увеличиться до 45–50 %.

В итоге можно констатировать, что фактическое уничтожение подроста и тонкомера на лесосеках, даже при системе выборочных рубок с использованием стандартной наземной или канатной техники, составляет 75–80 %.

Эта информация подтверждается проводимыми нами на территории Хабаровского края экспериментальными наблюдениями, которые заключались в фиксировании повреждений растущих древостоев в результате падения дерева в процессе его валки. Всего было проверено пять экспериментальных участков с различной конфигурацией склонов (10°, 12°, 17°, 23° и 27°) и запасом леса, варьировавшимся от 160 до 190 м<sup>3</sup> на 1 га. Количество фиксации на каждом участке наблюдения составило по 100 шт. Основными технологиями заготовки на данных участках являлись бензомоторные пилы в совокупности с гусеничным трелевочным трактором или канатной установкой.

Полученные результаты наблюдений были обработаны с помощью программы Statistica 7.0. Обозначенная совокупность факторов и их значений выявила хорошую корреляционную связь между такими зависимостями, как полнота и запас леса, влияние угла склона на количество поврежденных деревьев, оставшихся на корню. Обработав статистические результаты, получили уравнение регрессии, которое можно представить в виде графика с переменными, представляющими собой функцию факторов:

$$N_{\%} = b_0 + b_1 a_{ск},$$

где  $N_{\%}$  – процент повреждения деревьев, %;  $b_0$ ,  $b_1$  – коэффициенты корреляции, данные которых представлены в табл. 2;  $a_{ск}$  – величина склона, гр.

Анализ данного уравнения говорит о стабильной зависимости количества поврежденных оставшихся на корню древостоев при валке дерева от величины лесного склона [5].

Таблица 2

Коэффициенты к уравнению регрессии

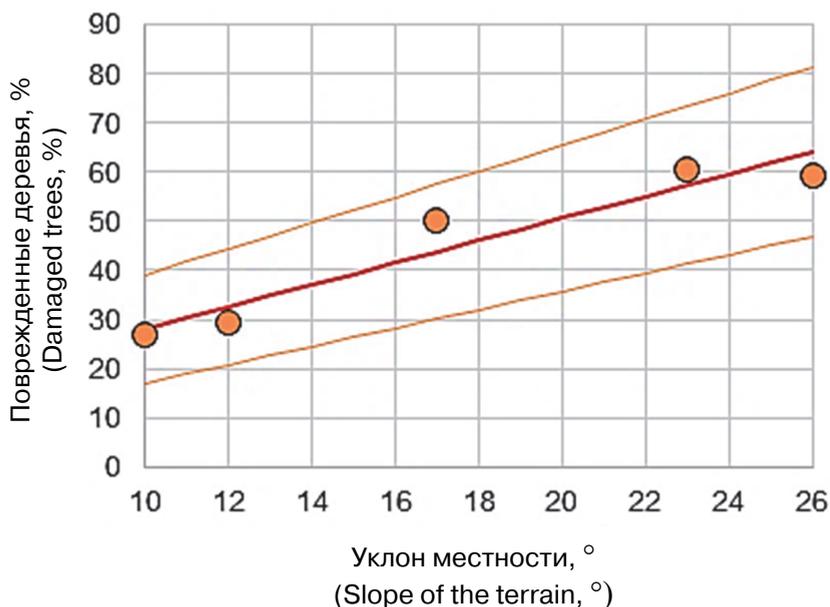
Коэффициенты	Оценка	Минимальное	Максимальное
$b_0$	5,5441	-1,63	12,718
$b_1$	2,2535	1,8687	2,6383

Table 2

Coefficients for the regression equation

Coefficients	Assessment	Minimum	Maximum
$b_0$	5,5441	-1,63	12,718
$b_1$	2,2535	1,8687	2,6383

График, отражающий процент повреждения деревьев в зависимости от уклона местности, представлен на рис. 3.



**Рис. 3.** График, отражающий процент повреждения деревьев в зависимости от уклона местности  
**[Figure 3.** Graph showing the percentage of damage to trees depending on the slope of the terrain]

Также была отмечена следующая закономерность повреждений:

- при увеличении запаса на 10–15 м<sup>3</sup>/га повреждаемость древостоев увеличивалась в среднем на 3,5 %;
- с увеличением склона на 5° повреждаемость древостоев в среднем увеличивалась на 12–13,5 %;
- основным повреждением для подроста и тонкомера являются слом и ошмыг, а для взрослого древостоя преимущественно только ошмыг;
- вероятность одновременного повреждения нескольких (двух – четырех) оставляемых деревьев на одно поваленное дерево составляет 20–28%.

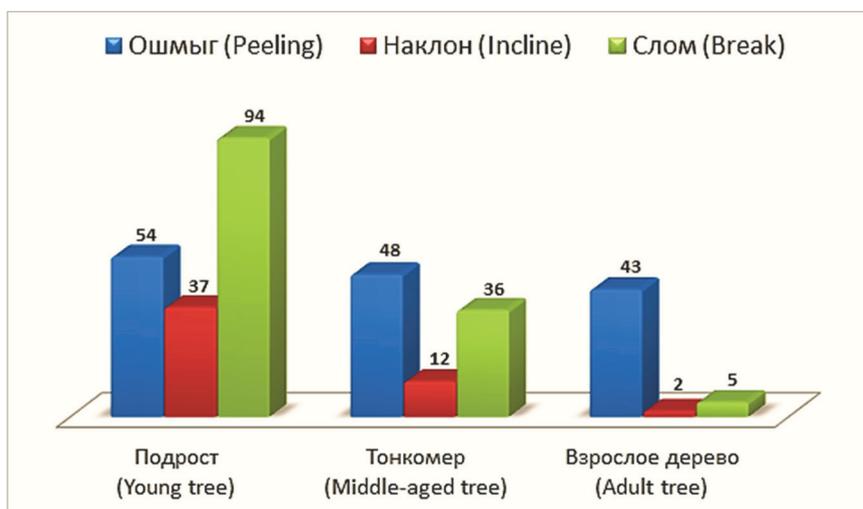
Пример повреждений молодых деревьев от процесса валки дерева, ответственного в рубку, представлен на рис. 5.



**Рис. 4.** Пример повреждения молодых деревьев от процесса валки дерева  
**[Figure 4.** An example of damage to young trees from a tree felling process]

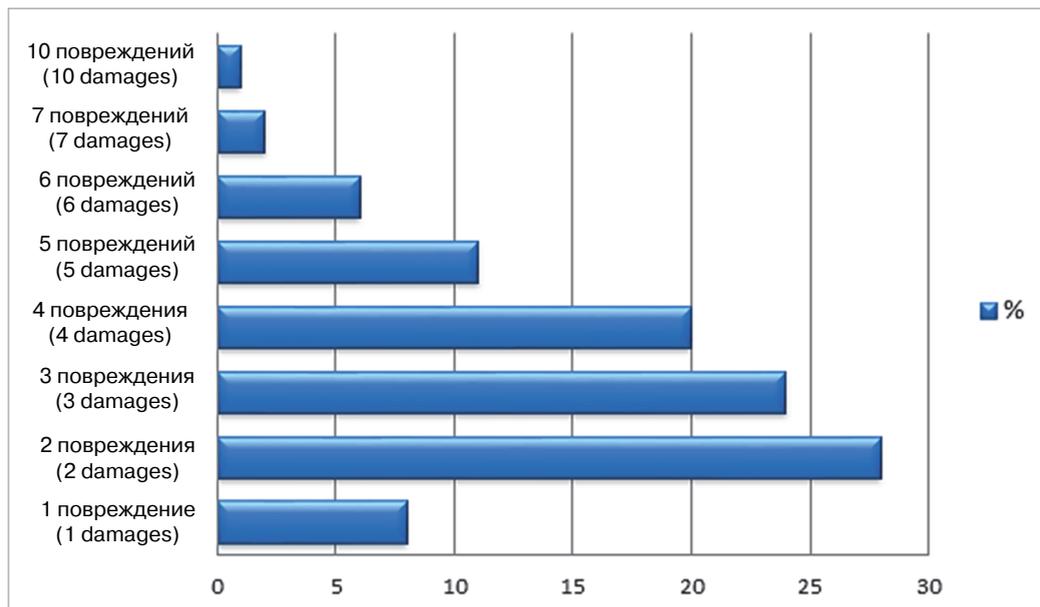
В ходе обработки данных наблюдений были получены усредненные результаты:

- по распределению количества повреждений, приходящихся на 100 фиксаций, по типам древостоя (рис. 5);
- по количеству одновременных повреждений стоящего древостоя, приходящихся на одно поваленное дерево (рис. 6);
- по количеству одновременных повреждений групп стоящего древостоя по типу, приходящихся на одно поваленное дерево (рис. 7).



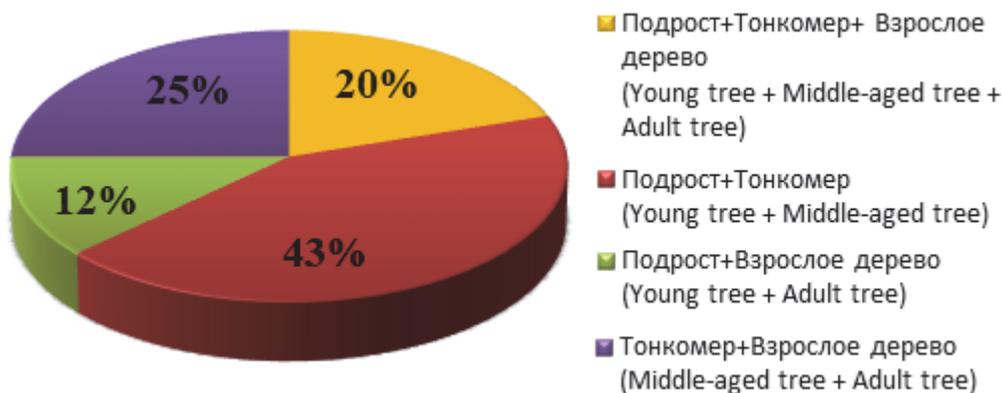
**Рис. 5.** Диаграмма распределения количества повреждений, приходящихся на 100 фиксаций, по типам древостоя, шт.

[Figure 5. Diagram of the distribution of the amount of damage per 100 fixations by type of stand, pcs.]



**Рис. 6.** Диаграмма общего количества одновременных повреждений стоящего древостоя, приходящихся на одно поваленное дерево (исходя из 100 фиксаций), %

[Figure 6. Diagram of the total number of simultaneous damage to a standing stand per one fallen tree (based on 100 fixations), %]



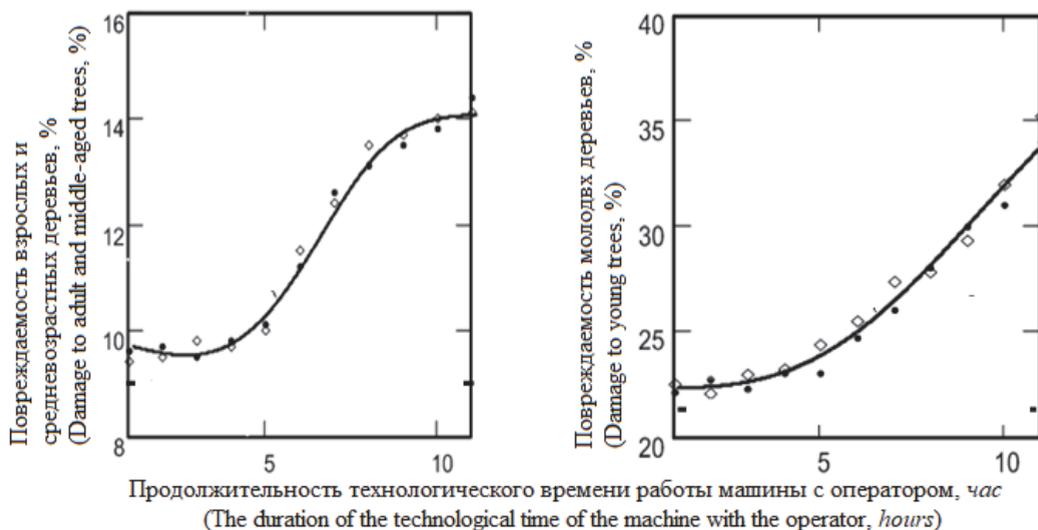
**Рис. 7.** Диаграмма общего количества одновременных повреждений групп стоящего древостоя по типу, приходящихся на одно поваленное дерево (исходя из 100 фиксаций), %  
**[Figure 7.** Diagram of the total number of simultaneous damage to the standing tree groups by type per one fallen tree (based on 100 fixations), %]

Однако для более полной и объективной оценки воздействия лесозаготовительных машин и их механизмов на лесную среду, кроме изученных факторов, отражающих эффективность работы машины, следует принимать во внимание обстоятельства организации работ лесозаготовительного производства, в том числе состояние оператора машины по физиологическим и психологическим показателям.

В целях решения поставленной задачи были проведены совместные многолетние исследования по изучению и формализации влияния продолжительности рабочей смены операторов, их физической и психологической усталости как элемента организации работы лесозаготовительных комбайнов на производительность машин, степень вреда, причиняемого древостоям и окружающей среде [6; 7].

Оценка и формализация влияния организации работ и, как следствие, физического состояния оператора на степень вреда, причиняемого лесу в целом и его элементам, выполнялись по показателям сохранности подроста и деревьев, не подлежащих рубке. Полевые исследования действий операторов харвестера John Deree 1270В проводились в течение всей одиннадцатичасовой смены (в двухсменном режиме) непрерывно на протяжении 15 суток в реальных природно-производственных условиях тайги в ОАО «Горинский ЛПК» Хабаровского края. Количественные показатели оценивались до начала разработки делянок и далее через каждый час выполнения оператором технологических операций по показателям сохранности подроста, повреждения и уничтожения оставляемых деревьев. В процессе фиксации повреждений древостоя учитывались следующие виды: слом ствола или вершины, наклон ствола более 45° и обдир коры.

Вред, причиняемый указанным элементам древостоя, в целом наносится в процессе выполнения следующих технологических операций: наводки процессора харвестера на дерево, приземления кроны дерева после срезания, подтягивания срубленного дерева манипулятором в поле видимости оператора, ориентации ствола дерева в ходе его обработки процессорной головкой, сброса готовых сортиментов.



**Рис. 8.** Зависимость повреждаемости деревьев от продолжительности технологического времени в процессе работы лесозаготовительной машины  
**[Figure 8.** Dependence of damage of trees on the duration of technological time during the operation of a harvesting machine]

Данные, собранные в ходе наблюдений, обрабатывались с использованием разработанного программного комплекса Predic applic 1.0 [8]. Пример результата обработки данных с использованием Predic applic 1.0 представлен в виде графического отражения изменения средних значений исследуемых показателей наносимого вреда деревьям и подросту от продолжительности технологического времени работы машины (рис. 8).

### Заключение

Проведенные исследования подтверждают, что применение наземной техники в лесозаготовительном процессе, даже по системе выборочных рубок, наносит экосистеме лесных насаждений серьезный ущерб, последствия которого распространяются на прилегающие лесные территории.

С целью сохранения флоры и фауны лесных насаждений необходимо кардинально пересмотреть технологии лесозаготовок и сосредоточиться над разработкой и созданием машин и механизмов, работающих на принципах сохранения окружающей среды. Одним из таких направлений могут быть специализированные летательные аппараты с возможностью вертикального изъятия деревьев без их предварительного падения.

### Список литературы

- [1] Абузов А.В. Агрэкология: формирование лесозаготовительных операций с учетом экологических требований // Инженерная экология. 2012. № 1 (103). С. 24–31.
- [2] Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования / под ред. А.П. Ковалева. Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2009. 470 с.
- [3] Правила заготовки древесины в РФ // Приказ от 1 августа 2011 г. № 337 «Об утверждении правил заготовки древесины». М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2011.

- [4] Руководство по лесопромышленному освоению крутых склонов на Дальнем Востоке (на примере горных лесов Сихотэ-Алиня). Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2004. 66 с.
- [5] *Абузов А.В.* Анализ повреждаемости растущих древостоев от процесса валки дерева на горном склоне // Научные чтения памяти профессора М.П. Даниловского: материалы Восемнадцатой Национальной научно-практической конференции: в 2 т. Т. 2 / Тихоокеан. гос. ун-т. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. С. 555–557.
- [6] *Казakov Н.В., Садетдинов М.А.* Интеллектуальное природопользование – основа экологической безопасности и экономического роста // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы II Междунар. науч.-практ. форума. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. С. 184–187.
- [7] *Рябухин П.Б., Казakov Н.В., Абузов А.В.* Метод комплексного анализа систем устойчивого промышленного лесопользования // Лесной вестник. 2013. № 1 (93). С. 129–132.
- [8] *Казakov Н.В., Садетдинов М.А.* Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2011615126. Программный комплекс автоматизированного расчета, оптимизации и прогнозирования применимости лесозаготовительных систем машин и технологий: Predic applic 1.0. М.: Роспатент, 2011.

#### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

#### Для цитирования:

*Абузов А.В., Казakov Н.В.* Экологические последствия в лесных насаждениях, подверженных техногенному воздействию при лесозаготовительных и транспортных операциях // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 1. С. 7–18. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-7-18>

#### Сведения об авторах:

*Абузов Александр Викторович*, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесопользования и ландшафтного строительства Тихоокеанского государственного университета. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1082-9392>; eLIBRARY SPIN-код: 2953-9692. E-mail: [ac-systems@mail.ru](mailto:ac-systems@mail.ru)

*Казakov Николай Владимирович*, доктор технических наук, научный консультант кафедры технологии лесопользования и ландшафтного строительства Тихоокеанского государственного университета. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5222-3845>; eLIBRARY SPIN-код: 2123-1820. E-mail: [kazakov.nikolay@mail.ru](mailto:kazakov.nikolay@mail.ru)

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-7-18

Research article

## Ecological consequences in forest stands subject to anthropogenic impact during logging and transport operations

Aleksandr V. Abuzov, Nikolay V. Kazakov

Pacific National University  
136 Pacific St, Khabarovsk, 680035, Russian Federation

**Abstract.** The article presents the results of experimental studies reflecting the ecological reality of the consequences of the standard logging process, in which the destruction of the remaining forest stands takes place. The main environmental factors of anthropogenic impact on

forest plantations, passed through selective felling using forestry equipment, are disclosed. The main regularities have been identified and formalized, allowing to quantify the damage caused to trees left on the cutting area. Statistical data of experimental observations of damage to forest stands are given, depending on the conditions of their growth. The obtained patterns are implemented in the Predic applic 1.0 software package, officially registered with Rospatent.

**Keywords:** tree damage, forest felling, logging ecology, method, environmental factors, harm assessment, forest plantations

## References

- [1] Abuzov AV. Agrojekologija: formirovanie lesozagotovitel'nyh operacij s uchjotom jekologicheskikh trebovanij [Agroecology: formation of logging operations taking into account environmental requirements]. *Inzhenernaja jekologija [Engineering ecology]*. 2012; 1(103):24–31. (In Russ.)
- [2] Kovaljov, AP. (ed.). *Sovremennoe sostojanie lesov rossijskogo Dal'nego Vostoka i perspektivy ih ispol'zovanija* [Current state of the forests of the Russian Far East and prospects for their use]. Khabarovsk: Dal'NILH Publ.; 2009. (In Russ.)
- [3] *Pravila zagotovki drevesiny v RF: prikaz ot 1 avgusta 2011 g. No. 337 "Ob utverzhdenii pravil zagotovki drevesiny"* [Rules of wood preparation in the Russian Federation: Order of August 1, 2011 No. 337 "On approval of rules of wood preparation"]. Moscow: Federal'noe agentstvo lesnogo hozjajstva Publ.; 2011. (In Russ.)
- [4] *Rukovodstvo po lesopromyshlennomu osvoeniju krutyh sklonov na Dal'nem Vostoke (na primere gornyh lesov Sihotje-Alinja)* [Guide to the timber industry development of steep slopes in the far East (on the example of mountain forests of Sikhote-Alin)]. Khabarovsk: FGU Dal'NILH Publ.; 2004. (In Russ.)
- [5] Abuzov AV. Analiz povrezhdaemosti rastushchih drevostoev ot processa valki dereva na gornom sklone [Analysis of damage to growing timber stands from the process of tree felling on a mountain slope]. *Nauchnye chtenija pamjati professora M.P. Danilovskogo: materialy Vosemnadcatoj Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii [Scientific readings in memory of Professor M.P. Danilovsky: proceedings of the 18<sup>th</sup> National scientific and practical conference]* (vol. 2, p. 555–557). Khabarovsk: Tihookean. gos. un-t Publ.; 2018. (In Russ.)
- [6] Kazakov NV, Sadedtinov MA. Intellektual'noe prirodopol'zovanie – osnova jekologicheskoy bezopasnosti i jekonomicheskogo rosta [Intellectual nature management – the basis of environmental safety and economic growth]. *Prirodnye resursy i jekologija Dal'nevostochnogo regiona: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma [Natural resources and ecology of the Far Eastern region: proceedings of the 2<sup>nd</sup> International science-practical forum]* (p. 184–187). Khabarovsk: Tihookean. gos. un-t Publ.; 2017. (In Russ.)
- [7] Rjabuhin PB, Kazakov NV, Abuzov AV. Metod kompleksnogo analiza sistem ustojchivogo promyshlennogo lesopol'zovanija [Method of complex analysis of systems of sustainable industrial forest management]. *Lesnoj vestnik [Forest Bulletin]*. 2013;1(93): 129–132. (In Russ.)
- [8] Kazakov NV, Sadedtinov MA. *Svid. ob ofic. reg. programmy dlja JeVM No. 2011615126. Programmnyj kompleks avtomatizirovannogo rascheta, optimizacii i prognozirovanija primenimosti lesozagotovitel'nyh sistem mashin i tehnologij: Predic applic 1.0* [Certificate of official registration of the computer program No. 2011615126. Software package for automated calculation, optimization and forecasting of the applicability of logging systems for machines and technologies: Predicapplic 1.0]. Moscow: Rospatent Publ.; 2011. (In Russ.)

## Article history:

Received: 14.11.2019

Revised: 08.12.2019

**For citation:**

Abuzov AV, Kazakov NV. Ecological consequences in forest stands subject to anthropogenic impact during logging and transport operations. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(1):7–18. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-7-18>

**Bio notes:**

*Aleksandr V. Abuzov*, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Forest Management and Landscape Construction Technology of the Pacific National University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1082-9392>; eLIBRARY SPIN-code: 2953-9692. E-mail: [ac-systems@mail.ru](mailto:ac-systems@mail.ru)

*Nikolay V. Kazakov*, Doctor of Technical Sciences, scientific consultant of the Department of Forest Management and Landscape Construction Technology of the Pacific National University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5222-3845>; eLIBRARY SPIN-code: 2123-1820. E-mail: [kazakov.nikolay@mail.ru](mailto:kazakov.nikolay@mail.ru)