

## Лесозаготовки и экология лесной среды

П.Б. Рябухин

Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская 136, Хабаровск, Россия

000340@pnu.edu.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Статья поступила 13.06.2019, принята 05.07.2019

*В статье предложена методика решения наиболее проблемной задачи, связанной с оценкой влияния работы систем лесозаготовительных машин (ЛЗМ) на окружающую среду. Представлены результаты исследований в области экологической оценки систем ЛЗМ, работающих по различным технологическим процессам. В результате проведенных расчетов определено, что в выбросах дизельных двигателей ЛЗМ содержатся такие компоненты, как оксиды углерода и азота, диоксид серы, углеводороды и другие составляющие. Установлено, что минимальный ущерб от произведенных выбросов в атмосферу и, соответственно, ее загрязнения от различных систем ЛЗМ, использующихся сегодня лесозаготовительными компаниями дальневосточного региона, наносит система, в которую входят валочно-пакетирующая машина с формировочно-транспортным модулем. Указанный модуль представляет собой прицепное устройство на базе колесного полуприцепа, который служит для формирования и первичной транспортировки пачек деревьев в пределах лесосеки. Предложенная методика проведения оценки количества выбросов в атмосферу вредных веществ от используемых машин позволит руководителям лесозаготовительных компаний принимать взвешенное научно обоснованное решение при выборе приобретаемой лесозаготовительной техники.*

**Ключевые слова:** системы лесозаготовительных машин; экологическое воздействие; оценка; выбросы; загрязняющие вещества; ущерб.

## Logging and forest environment ecology

P.B. Ryabukhin

Pacific National University; 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russia

000340@pnu.edu.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Received 13.06.2019, accepted 5.07.2019

*The article proposes a method for solving a sore problem related to the assessment of the impact of the operation of systems of logging machines (LM) on the environment. The results of research in the field of environmental assessment of LM systems working on various technological processes are presented. As a result of the calculations, it was determined that emissions of LM diesel engines contain components such as carbon and nitrogen oxides, sulfur dioxide, hydrocarbons and other components. It has been established that the minimum damage from the produced emissions into the atmosphere and, accordingly, its pollution from various LM systems used today by logging companies in the Far Eastern region, is caused by a system that includes a feller buncher with a forming-transport module. The specified module is a hitch on the basis of a wheeled semi-trailer, which is used for the formation and primary transportation of packs of trees within the cutting area. The proposed methodology for estimating the amount of emissions to the atmosphere of harmful substances from the used machines will allow the leaders of the logging companies to make a weighted, scientifically based decision when choosing the acquired logging equipment.*

**Keywords:** harvesters; ecology; assessment; emissions; atmosphere; pollutants; damage.

### Введение

Проведение экологической и лесохозяйственной оценки лесосечных машин и технологий их применения требуется для определения предельно допустимых воздействий лесозаготовительных процессов на лесные биоценозы и принятия рациональных управленческих решений [1–3]. Реализуемые в лесном комплексе способы рубок практически не изменяются с течением времени, но технологии лесосечных работ постоянно совершенствуются за счет внедрения современных научно обоснованных зонально-типологических систем ведения лесного хозяйства и появления на рынке более экологичных лесозаготовительных машин.

Лесные ресурсы имеют исключительно большое значение в регулировании экологического баланса окружающей среды, поскольку являются гарантом сохранения других природных ресурсов и экологической обстановки в целом. При реализации процессов промышленной лесозаготовки не только происходит значительное нарушение баланса всех существующих в лесу биоресурсов, но и оказывается отрицательное воздействие на состояние окружающей среды при загрязнении атмосферного воздуха, почвы, водных объектов.

Воздействие на атмосферный воздух в процессе эксплуатации дизельных двигателей лесозаготовительных машин и лесных автопоездов проявляется в выде-

лении в ходе выполнения технологических работ оксидов азота и углерода, углеводов, диоксидов углерода и серы, сажи. Все эти соединения оказывают негативное воздействие не только на лесную растительность, но и на почву и водные ресурсы, что приводит к угнетению растительности и ухудшению процесса естественного восстановления лесной среды [3; 4].

Выполнение оценки эффективности и целесообразности использования систем лесозаготовительных машин (ЛЗМ) должно основываться на комплексном анализе их влияния на экономическую составляющую деятельности лесозаготовительных предприятий, а также учитывать, наряду с лесохозяйственными и технологическими, экологические аспекты. Качественные характеристики промышленных древостоев Дальнего Востока Российской Федерации ежегодно ухудшаются, происходит резкое снижение запасов древесных лесных ресурсов, что неизбежно приводит к понижению их экологического потенциала. Решение этой проблемы видится в соблюдении основных экологических и технологических принципов [5; 6] и требует незамедлительного изменения правил лесопользования, перехода на технологии и системы машин, обеспечивающих сохранение экологического баланса.

Только древесные ресурсы могут обеспечить сохранность других природных лесных ресурсов и экологической обстановки в целом, поскольку имеют большое влияние на взаиморегулирование и равновесие природной среды. При реализации технологических процессов различные системы лесозаготовительных машин оказывают значительное воздействие на окружающую среду, что приводит к нарушению баланса во взаимосвязанной системе биоресурсов.

Различают четыре группы факторов, оказывающих влияние на степень воздействия технологического оборудования на лесные экосистемы [7]. К ним можно отнести следующие:

- природно-климатические;
- организационные;
- технологические;
- конструктивные.

Первая группа факторов является неуправляемой и обусловлена природой—время года (сезон работы), температура, лесорастительные условия (таксационные характеристики древостоев, рельеф местности, вид и структура почв).

Другие три фактора относятся к числу управляемых. Практика проведения организационно-технологических мероприятий лесопромышленными предприятиями показывает, что очень сложно выполнить подбор численности машин в комплекте так, чтобы их объемы выработки за единицу времени на всех технологических операциях процесса лесосечных работ находились на одном уровне. Подобное несоответствие в оценке возможностей ЛЗМ приводит к простоям наиболее производительных машин и снижению эффективности комплекта в целом [8; 9]. Результирующий объем произведенной продукции такого комплекта ЛЗМ определяется выработкой машины на одной из операций, имеющей минимальную производительность. Подобная ситуация приводит к необходимости привлечения дополнительных машин в комплекте на

выполнение одной-двух операций и увеличению количества дней работы машин на лесосеке с целью выполнения плановых показателей. В результате увеличения продолжительности разработки лесосеки значительно повышается вредное воздействие систем ЛЗМ на лесную среду в виде роста объема вредных выбросов в атмосферу с выхлопными газами.

Как показали исследования, при работе силовых установок ЛЗМ в атмосферный воздух выделяются оксиды азота и углерода, диоксид углерода (парниковый газ), углеводороды, которые оказывают негативное воздействие на экосистему и приводят к угнетению лесных ресурсов региона [10].

С целью реализации возможностей руководителей лесопромышленных компаний по сравнительному анализу и выбору наиболее эффективных экологических систем ЛЗМ автором выполнены теоретические и практические исследования, в результате которых скорректирована и адаптирована к технологическим процессам лесозаготовки существующая методика определения количественных характеристик выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива для технологических машин.

В связи с тем, что конструкции машин, выполняющих технологическую работу разной направленности, принципиально идентичны и, соответственно, могут быть использованы в различных видах деятельности, в процессе проводимых исследований в качестве базовой методики была использована методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации машин строительно-дорожного направления [11]. Натурные измерения численных параметров разовых выбросов дизельных двигателей ЛЗМ выполнялись в течение зимнего и летнего сезонов лесозаготовок для следующих систем машин, реализующих хлыстовой и сортиментный способы лесозаготовок:

1. Валочно-пакетирующая машина (ВПМ) «Тимберджек-950» + трелевочная машина (ТМ) «Тимберджек-660» + процессор РС-250 + погрузчик челюстной ПЧ-1;
2. ВПМ «Тимберджек-550», снабженная формовочно-транспортным модулем (ФТМ) + трелевочный трактор Т-147-02 + установки группового удаления сучьев + погрузчик челюстной ПЧ-1;
3. ВПМ «Тимберджек-950» + процессор РС-250 + погрузчик «Варата» + ТМ «Тимберджек-1410В»;
4. Харвестер «Валмет 911.4» + форвардер «Валмет 860.4» + погрузчик «Валмет 860.4».

**Методика и результаты исследования.** Теоретические значения максимального разового выброса загрязняющих веществ лесосечных машин  $G_i$  (г/с) определяются по формуле:

$$G_i = \sum_{n=1}^n (M_{осин} \cdot t_{ос} + 1,3 M_{ос.нар.} + M_{хх} \cdot t_{хх}) \cdot N_k / 1800, \quad (1)$$

где  $M_{осин}$  и  $M_{хх}$ —численные значения величины удельных выбросов загрязняющих веществ ЛЗМ при эксплуатации в режимах «без нагрузки» и «холостой ход»;  $1,3 M_{осин}$ —численные значения величины удельных

выбросов загрязняющих веществ ЛЗМ при работе в режиме «под нагрузкой»;  $N_n$ —количество ЛЗМ каждого  $n$ -го типа, работающих одновременно на одной лесосеке;  $t_{\text{дв}}$ ,  $t_{\text{нагр}}$  и  $t_{\text{хх}}$ —время движения с грузом и работы на холостом ходу соответственно;  $n$ —количество ЛЗМ в комплексе по технологическим операциям лесосечных работ.

Численные значения валового выброса загрязняющих веществ ЛЗМ ( $B_i$ , (м/год)) определялись для зимнего и летнего сезонов заготовки по каждому виду машин:

$$B_i = \sum_{k=1}^k (M_{\text{дв}ik} \cdot t'_{\text{дв}} + 1,3M_{\text{дв}ik} \cdot t'_{\text{нагр}} + M_{\text{хх}ik} \cdot t'_{\text{хх}}) \cdot D_{\text{ф}} \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где  $t'_{\text{дв}}$ ,  $t'_{\text{нагр}}$  и  $t'_{\text{хх}}$ —суммарное время движения ЛЗМ при различных режимах эксплуатации в течение смены.

В связи с тем, что токсичность элементов, входящих в структурный состав выбросов ЛЗМ, имеет разные численные показатели, обобщенная экологичность исследуемых систем машин выражена через параметр приведенной массы  $M_{\text{нрк}}$  (м):

$$M_{\text{нрк}} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ПДК}_{\text{сcco}} \cdot B_i}{\text{ПДК}_{\text{сци}}}, \quad (3)$$

где  $\text{ПДК}_{\text{сcco}}$  — предельно допустимая среднесуточная концентрация оксида углерода СО;  $\text{ПДК}_{\text{сци}}$  — предельно допустимая среднесуточная концентрация  $i$ -го компонента, входящего в состав выбросов;  $B_i$  — масса выброса  $i$ -го компонента.

Величина приведенной массы  $M_{\text{нрк}}$  определялась в виде суммарных значений за два технологических сезона работы лесосечных машин на 1 га разработанной лесосеки. Результаты расчетов по определению численных значений экологических показателей работы исследуемых систем ЛЗМ на примере лесоработочных и производственных условий ОАО «Горинский ЛПК» представлены на рис. 1–3.

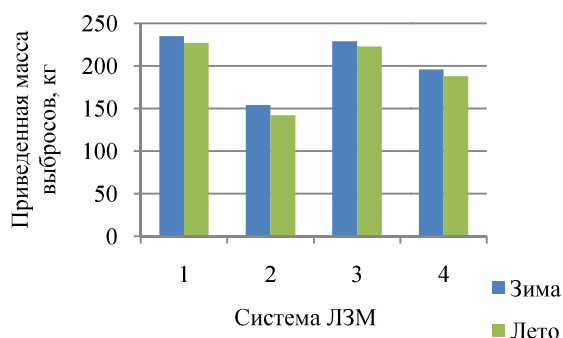


Рис. 1. Приведенная масса выбросов комплексами ЛЗМ по сезонам заготовки

Интегральный ущерб, наносимый экосистеме при работе использующихся систем ЛЗМ ОАО «Горинский ЛПК», устанавливался с использованием следующей зависимости:

$$Y_j^a = \gamma_j^a \cdot L_j^a \cdot O_j, \quad (4)$$

где  $\gamma_j^a$  —показатель удельного ущерба от загрязнения атмосферного воздуха,  $p./\text{усл.м}$ ;  $L_j^a$  —постоянный параметр опасности загрязнения атмосферы;  $O_j$  — опасность загрязнения атмосферы.

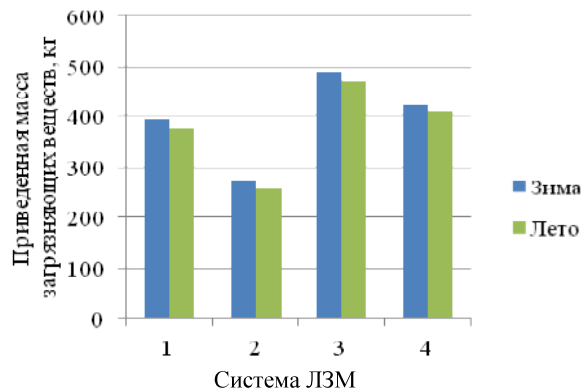


Рис. 2. Приведенная масса загрязняющих веществ для исследуемых систем ЛЗМ

Результат расчетов показателя ущерба от загрязнения атмосферы со сравнительным анализом систем ЛЗМ, работающих по различным технологиям, представлен на рис. 3. В проведенных расчетах допущено, что территория активного загрязнения для лесов эксплуатационной группы однородна, в связи с чем можно принять  $L_j^a = 0,025$ .

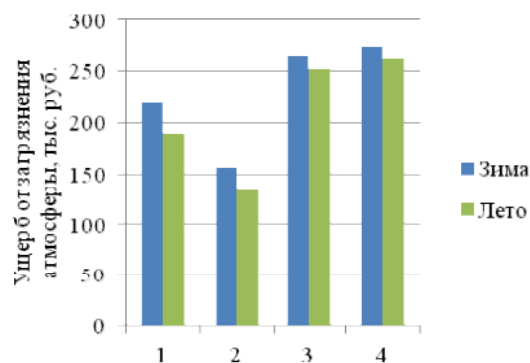


Рис. 3. Ущерб от загрязнения атмосферы лесозаготовительными машинами по видам технологий лесосечных работ

### Заключение

Выполненные теоретические исследования по изучению экологического воздействия существующих систем ЛЗМ на окружающую среду показали, что реализуемый лесозаготовительными компаниями технологический процесс лесозаготовок оказывает значительное влияние на атмосферный воздух. При этом выбросы дизельных двигателей ЛЗМ содержат такие компоненты, как оксиды углерода и азота, диоксид серы, сажа и углеводороды. Сравнительный анализ исследуемых систем ЛЗМ выявил, что максимальный ущерб от загрязнения атмосферного воздуха приносит сортиментная технология лесозаготовок, реализуемая системой машин «Харвестер «Валмет 911.4» + форвардер «Валмет 860.4» + погрузчик «Валмет 860.4»», что объ

ясняется большим количеством машин, необходимых для выполнения планируемого годового объема лесозаготовок.

Значительно меньший ущерб может нанести система ЛЗМ «ВПМ “Тимберджек-550”», снабженная формировочно-транспортным модулем + трелевочным трактором Т-147-02 + установками группового удаления сучьев + погрузчиком челюстным ПЧ-1 в связи с относительно меньшим количеством высокопроизводительных машин в системе.

Предлагаемая методика по проведению предварительной оценки количества выбросов в атмосферный воздух вредных веществ дает лесопромышленным компаниям возможность получать комплексную (технологическую, конструкционную, урбанистическую, экологическую) оценку лесозаготовительной техники на рынке производителей ЛЗМ.

#### *Литература*

1. Рябухин П.Б., Казаков Н.Б., Луценко Е.В. Алгоритм решения задач по комплексной оценке технологических процессов лесопромышленных предприятий // Вестн. КрасГАУ. 2008. № 1. С. 26-33.
2. Ковалев А.П. Эколого-лесоводственные основы рубок в лесах Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во ФГУ ДальНИИЛХ, 2004. 270 с.
3. Karjalainen T., Makipaa R. Contribution of Forest and forestry in Finland to mitigate greenhouse effects: Pap.COST E21 Workshop // Biotechnol. agr., soc. et environ. 2004. № 4. P. 275-280.
4. Майорова Л.П., Дербенцева А.М. Экологическая безопасность лесопромышленного комплекса. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. 137 с.
5. Рябухин П.Б., Рыжаков М.Р. Эффективность систем лесозаготовительных машин в лесорастительных и производственных условиях Дальнего Востока // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур: сб. докл. междунар. экол. Семинара / Тихоокеан. гос. ун-т. Хабаровск, 2015. С. 74-78.
6. Рябухин П.Б., Майорова Л.П. Воздействие лесозаготовок на окружающую среду // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 8. С. 73-77.
7. Климов О.Г. Влияние выбросов лесохозяйственных тракторов на состояние экологии // Лесное хозяйство 2003. № 1. С. 46-47.
8. Рябухин П.Б., Казаков Н.В. Комплексная модель для решения задачи структурно-параметрического синтеза систем лесозаготовительных машин // Системы. Методы. Технологии. 2009. № 2. С. 42-44.
9. Рябухин П.Б. Оценка эффективности лесозаготовительных машин в природно-производственных условиях лесопромышленных предприятий Дальневосточного федерального округа: моногр. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 176 с.

10. Башкин В.Н. Управление экологическим риском М.: Научный мир, 2009. 346 с.

11. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ для баз дорожной техники (расчетным способом). М., 2009. 57 с.

12. Майорова Л.П. Методические подходы к оценке экологической и техногенной опасности при функционировании лесопромышленного комплекса // Вестн. КрасГАУ. 2007. Вып. 4. С. 82-86.

#### *References*

1. Ryabukhin P.B., Kazakov N.In., Lutsenko E.V. Algorithm for solving the problem of complex assessment of technological processes of timber enterprises. Herald Of Krasgau. № 1. 2008. Pp. 26-33.
2. Kovalev A. P. Ecological and forestry bases of felling in the forests of the Far East. Khabarovsk: publishing house of the Federal Dalniipkh. 2004. 270 p.
3. Karjalainen T., Makipaa R. Contribution of Forest and forestry in Finland to mitigate greenhouse effects: Pap.COST E21 Workshop // Biotechnol. agr., soc. et environ, 2004. № 4. Pp. 275-280.
4. Mayorova L.P., Dербentseva A.M. Ecological safety of timber industry complex. Khabarovsk : publishing house of the Pacific. state UN-TA. 2013. 137 p.
5. Ryabukhin P.B., Ryzhakov M.R. Efficiency of logging machine systems in forest-growing and production conditions of the Far East. Philosophy of modern nature management in the Amur river basin : sat. Dokl. international. Ecol. seminar (Khabarovsk, may 6-8, 2015) / Under the editorship of Professor P. B. ryabukhina. Khabarovsk: publishing house of the Pacific. state University press, 2015. Pp. 74-78.
6. Ryabukhin P.B. Impact of logging on the environment/L.P Mayorova, P.B. Ryabukhin Herald of Krasgau. № 8. 2012. Pp. 73-77.
7. Klimov O.G. the Impact of emissions of forestry tractors on the state of ecology. Forestry 2003. № 1. Pp. 46-47.
8. Zaikin A.N. Logging technology (Part 1. Management of in-process inventory, the calculation of the modes of operation of machines and techno-economic indicators): a tutorial.- Bryansk: BGITA, 2001. 80 p.
9. Ryabukhin P.B. Evaluation of efficiency of logging machines in natural and industrial conditions of timber enterprises of the far Eastern Federal district: monograph. Khabarovsk: publishing house of the Pacific. state un-ta, 2018. 176 p.
10. Bashkin V.N. Environmental risk management. M.: Scientific world, 2009. 346 p.
11. Methods of inventory of emissions of pollutants for the bases of road equipment (calculation method). M., 2009. 57 p.
12. Mayorova L.P. Methodological approaches to the assessment of environmental and technological hazards in the functioning of the timber industry. Vestnik Krasgau. 2007. Issue. 4. Pp. 82-86.