

Научная статья

УДК 630*231.324

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-190-201

Совершенствование технологии химического ухода в лесонасаждениях

Е.М. Царев, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAB-2166-2020](https://orcid.org/0000-0001-5695-3028),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>

К.П. Рукомойников[✉], д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [N-6961-2019](https://orcid.org/0000-0002-9956-5081),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>

С.Е. Анисимов, канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [AAB-1346-2020](https://orcid.org/0000-0003-3332-0927),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>

Т.А. Кониюхова, канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [AAU-7113-2020](https://orcid.org/0000-0002-3897-560X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3897-560X>

А.В. Кренин, начальник учебно-производственного участка Учебно-опытного лесхоза (филиал ПГТУ), доц.; ResearcherID: [AAV-9373-2021](https://orcid.org/0000-0002-7670-9732),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7670-9732>

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3, г. Йошкар-Ола, Россия, 424000; CarevEM@volgatech.net, RukomojnikovKP@volgatech.net[✉], AnisimovSE@volgatech.net, KonyukhovaT.A.@volgatech.net, KreninAV@volgatech.net

Поступила в редакцию 29.04.21 / Одобрена после рецензирования 15.08.21 / Принята к печати 18.08.21

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с уничтожением малоценных пород лиственных деревьев химическим путем в пользу хвойных. Обсуждаются преимущества и недостатки различных способов избавления от нежелательной растительности. В центре внимания химический уход в молодняках посредством применения арборицидов. При этом учтено, что химические вещества должны обладать избирательной способностью – сильно воздействовать на нежелательные виды растений (вызывать их отмирание) и не действовать на хозяйственно-ценные, быть безопасными для здоровья человека и лесной фауны. Исследован существующий на настоящий момент и используемый на практике способ химического ухода путем введения инъекций арборицида в зарубки на древесных стволах. В качестве альтернативных решений предлагаются устройства, подтвержденные патентами РФ, для проведения указанных видов работ. Принцип действия новых устройств основывается на сверлении древесных стволов с последующим введением инъекции арборицида в зарубки, полученные в результате сверления. Предлагаемые электрофицированные устройства для химического ухода позволяют снизить трудоемкость процесса, уменьшить физическую нагрузку на оператора при работе и переносе устройства, тем самым увеличить производительность труда. Результаты применения предложенных авторами устройств сопоставлены с результатами для устройства «Кобра», которое широко применялось в Советском Союзе, а затем начало использоваться в России. Исследование проведено в молодняках, требующих осуществления химического ухода с целью формирования хозяйственно-целесообразного состава древостоя для его последующего роста. Работы выполнены на территории арендных участков Кокшайского леса и Шулкинского лесничества в Республике Марий Эл. По результатам сравнительного эколого-лесоводственного мониторинга состояния культур хвойных пород после химического у-

да выявлены преимущества предложенного устройства по сравнению с устройством «Кобра». Материалы статьи могут быть рекомендованы арендаторам при проведении химического ухода главным образом в молодняках.

Ключевые слова: химический уход за лесом, молодняки, арборициды, инъекция арборицидов, заглушающие породы, иньектор, сверление

Благодарности: Работа выполнена с использованием ресурсов ЦКП «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2021-674).

Для цитирования: Царев Е.М., Рукомойников К.П., Анисимов С.Е., Конюхова Т.А., Крeнев А.В. Совершенствование технологии химического ухода в лесонасаждениях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 4. С. 190–201. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-190-201>

Original article

Improving Chemical Maintenance Techniques in Forest Plantations

Evgeniy M. Tsarev, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAB-2166-2020](https://orcid.org/0000-0001-5695-3028),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5695-3028>

Konstantin P. Rukomojnikov[✉], Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [N-6961-2019](https://orcid.org/0000-0002-9956-5081),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9956-5081>

Sergey E. Anisimov, Candidate of Engineering, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAB-1346-2020](https://orcid.org/0000-0003-3332-0927), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3332-0927>

Tatyana A. Konyukhova, Researcher ID: [AAU-7113-2020](https://orcid.org/0000-0002-3897-560X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3897-560X>

Andrey V. Krenev, Head of the Training and Production Section of the Educational and Experimental Forestry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education PSTU, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAV-9373-2021](https://orcid.org/0000-0002-7670-9732),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7670-9732>

Volga State University of Technology, pl. Lenina, 3, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation; CarevEM@volgatech.net, RukomojnikovKP@volgatech.net[✉], AnisimovSE@volgatech.net, KonyukhovaT.A.@volgatech.net, KrenevAV@volgatech.net

Received on April 29, 2021 / Approved after reviewing on August 15, 2021 / Accepted on August 18, 2021

Abstract. This article covers concerns about the elimination of low-value deciduous trees by chemical treatment in favour of conifers. Various methods for removing undesirable vegetation are discussed with an indication of their advantages and disadvantages. Central attention is given to the use of arboricides for the treatment of young growth. It is considered that the chemicals must selectively affect the unfavourable plants, avoid any influence on economically valuable species, and be safe for human health and forest fauna. A practically common method of chemical maintenance was investigated, which includes the injection of arboricides into notches on tree trunks. The authors suggest devices confirmed by the patents of the Russian Federation that are suitable for this purpose. The operational principle is the drilling of the notches with the subsequent injection of arboricide. The proposed mechanical treatment increases productivity by decreasing the complexity of the procedure

as well as the physical load on the operator during handling and moving of the equipment. The investigational results are compared with the properties of the Cobra apparatus, which was widely used in the Soviet Union and later in the Russian Federation. The research was performed in young stands of Kokshaysky Forest and Shulkinskoe Forestry in the Republic of Mari El. The comparative results of ecological and silvicultural monitoring on coniferous conditions after chemical treatment revealed the higher performance of the proposed device over the Cobra apparatus. The material in this article is recommended to forestry operators as a guide for chemical maintenance, mainly in young stands.

Keywords: chemical treatment of stands, young growth, arboricides, arboricide injection, smothering crops, injector, drilling

Acknowledgements: The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Grant No. 075-15-2021-674) and Core Facility Centre «Ecology, Biotechnologies and Processes for Obtaining Environmentally Friendly Energy Carriers» of Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola.

For citation: Tsarev E.M., Rukomojnikov K.P., Anisimov S.E., Konyukhova T.A., Krenev A.V. Improving Chemical Maintenance Techniques in Forest Plantations. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2023, no. 4, pp. 190–201. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-190-201>

Введение

Рубки ухода – это форма ухода за лесными участками путем удаления из насаждения на разных этапах развития древостоев нежелательных деревьев и создания благоприятных условий для роста лучших перспективных деревьев главных пород. Рубки ухода направлены на формирование высокопродуктивных качественных насаждений. На этапе формирования молодняков рубки ухода могут быть назначены по результатам мониторинга состава и состояния смыкающегося кронами подроста [4, 7].

Высокая трудоемкость рубок ухода не позволяет охватить все нуждающиеся в них объекты. В связи с этим возникла потребность в применении химических средств – арборицидов – для подавления нежелательной древесной растительности. Традиционные методы ухода за лесом (рубки ухода) имеют экологические преимущества перед химическим уходом [19], так как химический уход небезопасен экологически и отрицательно влияет на лесной биогеоценоз [17, 20], но в то же время химический уход входит в число наиболее эффективных, малозатратных и, следовательно, перспективных методов. С помощью современных арборицидов можно всего за одну обработку предотвратить возобновление нежелательной растительности и обеспечить доминирование хозяйственно-ценных пород [16]. Химический уход сокращает затраты на подготовку рабочей силы и оборудования для выполнения работ, обладает высокой эффективностью и небольшой трудоемкостью по сравнению с машинным и механическими способами ухода, а также позволяет предотвратить заглущение хвойных молодняков мягколиственными породами [15]. Он предназначен в основном для применения на этапе формирования молодняков начиная с 1-го шага – осветления.

В основе химического ухода – воздействие на нежелательные деревья в насаждении арборицидами с целью полного или частичного уничтожения таких деревьев, ослабления их роста, снижения конкурентной способности по сравнению с лучшими и вспомогательными деревьями. При кажущейся про-

стоте химический уход за лесом требует особого внимания от лесоводов. Химические вещества должны обладать избирательной способностью: сильно воздействовать на нежелательные растения, вызывая их отмирание, и не действовать на главные породы. Для практического применения рекомендуются только малотоксичные препараты, не накапливающиеся в экосистемах (соли и эфиры 2,4-дихлорафеноксисукусной кислоты (2,4-Д), вельпар, гарлон) [18]. При грамотном применении экологическая безопасность химического метода полностью соответствует современным требованиям [12–14].

В настоящее время остро стоит вопрос формирования ценных лесных массивов на образовавшихся в результате пожаров лета 2010 г. горельниках, где уже смыкаются кроны подроста, формируя лесную среду. Мониторинг состояния молодняков на этих площадях свидетельствует о необходимости проведения осветлений с целью формирования хозяйственно-целесообразного состава молодняков. Происходящие здесь процессы приводят к вегетативному возобновлению лиственных пород и снижению эффективности лесоводственных уходов. Химический метод ухода [1, 3, 5, 6] в отличие от механического удаления нежелательной примеси в составе молодняков позволит не только подсушить кроны лиственных, но и устранить их дальнейшее вегетативное восстановление, тем самым уменьшить количество уходов, необходимых для формирования требуемого состава древостоя.

На сегодняшний день существуют устройства для химического ухода за лесом путем инъекции в ствол. Одним из устройств, представляющих наибольший интерес, является устройство для химического ухода за лесом под названием «Кобра» [9]. Однако недостатками данного устройства являются сложность конструкции, низкая надежность, высокая трудоемкость процесса срезания, большая физическая нагрузка на оператора при работе и переносе устройства. Все перечисленное ведет к снижению производительности труда [2, 8].

Авторами статьи предложены новые устройства [10, 11] для химического ухода за лесом, позволяющие снизить трудоемкость процесса, уменьшить физическую нагрузку на оператора и увеличить производительность труда.

Цель исследования – анализ конструкций предложенных авторами устройств для химического ухода за лесом посредством проведения сравнительного эколого-лесоводственного мониторинга состояния культур хвойных пород после химического ухода в молодняках с применением механизма «Кобра» и предложенных новых технических решений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стали конструкции устройств для химического ухода за лесом: устройство «Кобра» и новые, предложенные авторами устройства.

Экспериментальные работы проведены в молодняках с преобладанием ели на арендных участках Кокшайского леса и Шулкинского лесничества в Республике Марий Эл. На лесных участках было заложено 25 пробных площадок размером 10×10 м. На каждом участке отработано по 10 стволов берез, из которых 5 стволов – устройством «Кобра» и 5 стволов – предложенным авторами устройством с электрическим аккумуляторным (ручным) приводом режущего инструмента.

Особенностью нового устройства (рис. 1) является следующее. В передней части корпуса 1 Т-образной формы располагаются упоры 2, а также шарнирно размещено сопло 3 для впрыска химического раствора. Внутри нижней части корпуса вмонтирован механизм привода 4 сопла 3. Механизм выполнен в виде зубчато-реечной передачи 5 и связан с силовой установкой 6 и режущим инструментом 7. С левой стороны корпуса есть рукоятка 8 с устройством впрыска 9, который соединен посредством гибкого трубопровода 10 с соплом емкостью 11 для химического раствора, размещенной в верхней части корпуса.

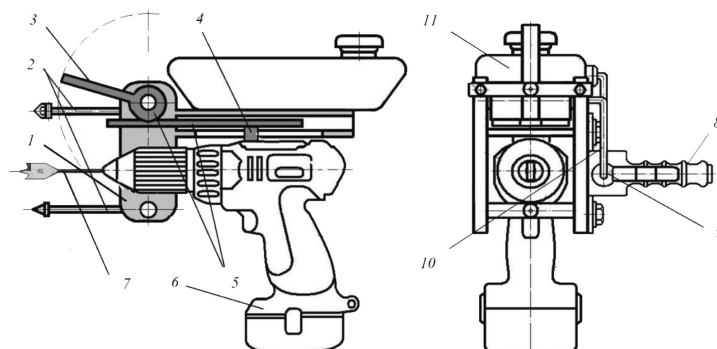


Рис. 1. Устройство для химического ухода за лесом с электрическим приводом

Fig. 1. Device for chemical carding of stands with electric drive

Устройство работает так. Т-образный корпус подносится к растущему дереву, упирается в него упорами, закрепленными в передней части корпуса, посредством рукоятки и силовой установки. После этого включается силовая установка, происходит надвигание ее на дерево, за счет чего происходит сверление отверстия на заданную глубину, ограниченную упорами. При этом сопло поднимается вверх по часовой стрелке под действием зубчато-реечной передачи. Затем силовая установка перемещается от дерева назад при помощи механизма привода, сопло под действием зубчато-реечной передачи опускается вниз против часовой стрелки и устанавливается перед отверстием, сделанным сверлом. Происходит впрыск химического раствора в данное отверстие при помощи механизма впрыска, расположенного на рукоятке. Силовая установка возвращается в исходное положение. Осуществляется переход к другому дереву и цикл повторяется.

Конструкция устройства с ручным приводом режущего инструмента представлена на рис. 2. Данное устройство состоит из корпуса в виде ручной дрели 1 с режущим органом – сверлом 2, к которому в верхней части жестко закреплена пластина 3. По краям пластины размещены ролики 4, входящие в контакт с направляющей 5 Т-образной формы, жестко соединенной с корпусом механизма впрыска химического раствора. Механизм впрыска состоит из емкости 6, сопла 7, гибкого трубопровода 8 и рукоятки 9, а направляющая связана с механизмом возврата, выполненного в виде пружины 10 с упором 11, закрепленном в задней части корпуса дрели.

Устройство работает следующим образом. Ручная дрель подносится к месту сверления отверстия на растущем дереве. Сверление осуществляется до половины диаметра дерева (рис. 2, а). После этого режущий орган возвращается в исходное положение, дрель опускается вниз на величину, равную расстоянию между режущим органом и соплом. Таким образом, сопло оказывается на уровне просверленного отверстия (рис. 2, б). Дрель упирается в ствол растущего дерева режущим органом в целях надежного удержания для последующей

работы. При помощи рукоятки впрыска химического раствора (рис. 2, в) происходит движение корпуса вперед с помощью пластины и роликов по направляющей. Пружина, закрепленная на упоре, растягивается, сопло оказывается в отверстии. По гибкому трубопроводу впрыскивается химический раствор. После этого за счет пружины емкость химического раствора возвращается в исходное положение и сопло выдвигается из отверстия. Осуществляется переход к другому дереву и цикл повторяется.

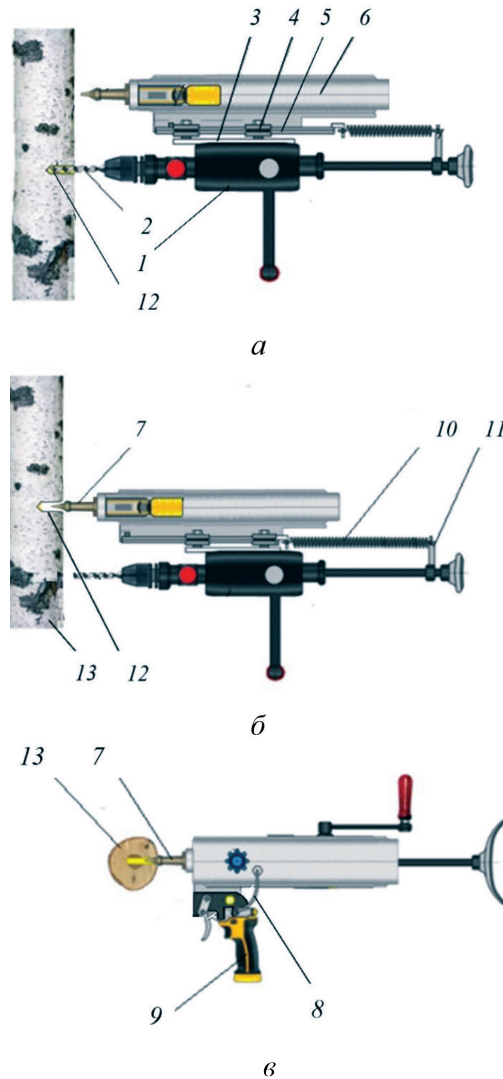


Рис. 2. Устройство с ручным приводом для химического ухода за лесом: а – сверление; б – впрыскивание; в – вид устройства сверху (12 – просверленное отверстие; 13 – растущее дерево)

Fig. 2. Device for chemical carding of stands with a manual drive: а – drilling; б – injection; в – top view of the device (12 – drilled hole; 13 – growing tree)

Для определения положительных качеств предложенных устройств было проведено их сравнение с применяемыми на практике устройствами. Критерием оценки стала продолжительность времени с момента введения инъекции до отмирания деревьев лиственных пород (березы).

Результаты исследования и их обсуждение

Характеристика подлежащих удалению пород на экспериментальных площадках представлена в табл. 1.

Таблица 1

Паспорта кварталов, где проводился химический уход за лесом
Passports of the quarters where chemical carding of stands was conducted

Лесничество, квартал/выдел	Характеристика участка							Ель, за которой проводится уход		Заглушающие породы
	площадь, га	состав	возраст, лет	средняя высота, м	полнота	тип леса; условия произрастания	запас, м ³ /га	количество, тыс. шт./га	средняя высота, м	
Кокшайское, 80/19	0,25	5Е2Б2Ос1С+Лп	Е – 27; Б – 30	Е – 4; Б, Ос – 6; С – 4; Лп – 5	0,7	С _{мчер} ^Б ; В ₃	20	1,700	7	Ос, Б
Куярское (учебно- опытное), 23/8	0,2	7Е2Ос1Ив,	Ос, Ив – 10	Ос, Ив – 4 м	0,7	Е _{лпш}	42	3,063	9	Ос, Ив
Куярское (учебно- опытное), 23/22	0,8	4Е1С2Б	Б – 10	Б – 5	0,7	Е _{лпш}	12	2,974	2	Б
Куярское (учебно- опытное), 30/128	0,3	5Е3Б2Ос	Б, Ос – 12	Б, Ос – 4	0,7	Е _{лпш}	16	3,778	3	Ос, Б
Куярское (учебно- опытное), 60/1	2,1	7Е2Б1Ос	Б, Ос – 20	Б, Ос – 7	0,7	Е _{лпш}	60	3,511	7	Ос, Б
Шулкинское, 57/30	2,8	5Е2Б2ОсИв	Е – 8; Б – 10	Е – 3; Б, Ос, Ив – 4	0,8	Е	14	4,302	3	Б, Ос, Ив

Примечание: С_{мчер} – сосняк майниково-черничный; Е_{лпш} – ельник липово-широколистный; Е – лесные культуры ели.

В табл. 2 сведены данные для экспериментальных исследований. Общим для всех устройств являлся способ обработки – инъекция в ствол дерева.

Таблица 2

Данные для проведения эксперимента
Experimental data

Устройство	Глубина впрыска, мм	Средняя высота впрыска от поверхности земли, см	Препарат (доля препарата и доля воды в растворе)
Кобра	3..5	10...12	Раундап (1:3)
Устройство для химического ухода с электрическим / ручным приводом	½ среднего диаметра ствола	15...20	

На рис. 3 показаны устройство для химического ухода «Кобра» и приемы работы с его использованием на стволе дерева.



а

Рис. 3. Устройство для химического ухода «Кобра»: а – общий вид устройства; б – надрез ствола дерева с инъекцией в него химического раствора; в – ствол дерева после впрыска химикатов

Fig. 3. Device Cobra for chemical carding of stands: а – general view of the device; б – incision of a tree trunk with injection of chemical solution; в – tree trunk after injection of chemicals



б



в

При проведении эксперимента применяли электрофицированный инструмент (рис. 4). На рис. 4 представлен процесс сверления и впрыска химикатов с использованием предлагаемой технологии работ в Шулкинском лесничестве

при проведении осветления (рис. 4, б), а также стволы деревьев после ввода инъекции на участке Кокшайского леса (рис. 4, в).

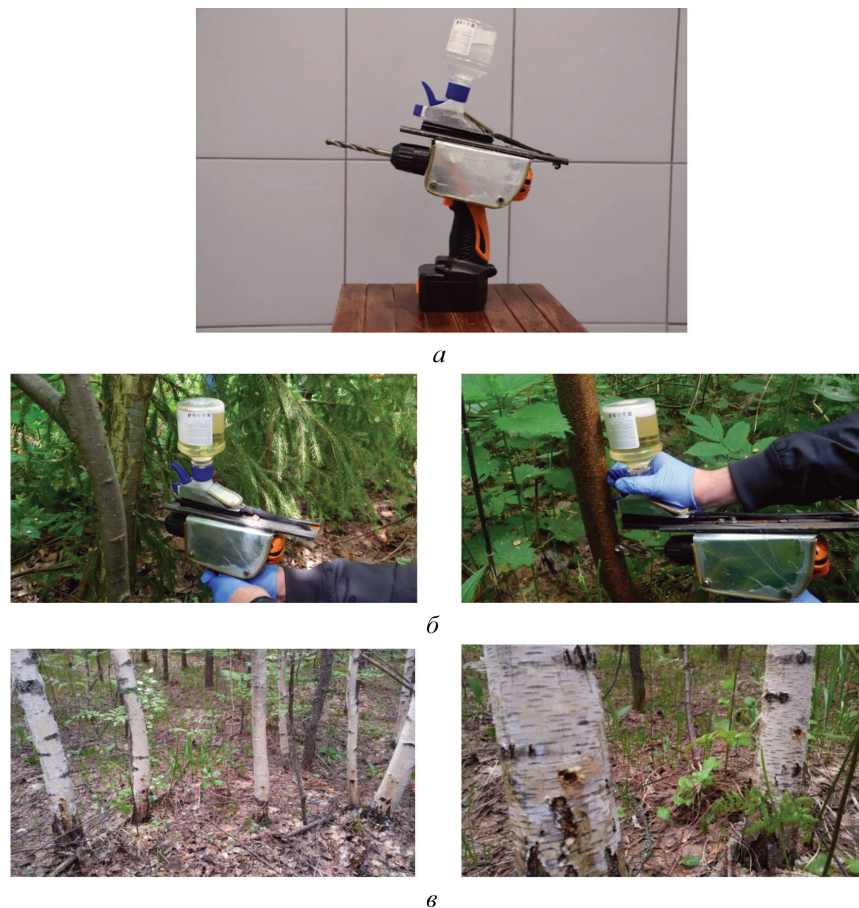


Рис. 4. Электрофицированный инструмент для химического ухода за лесом: *а* – общий вид устройства; *б* – процесс впрыска химикатов; *в* – ствол дерева после впрыска химикатов

Fig. 4. Device for chemical carding of stands with a rechargeable battery: *a* – general view of the device; *б* – incision of a tree trunk with injection of chemical solution; *в* – tree trunk after injection of chemicals

На рис. 5 схематично показано распространение химического раствора по стволу дерева для случая применения устройства «Кобра» и устройства, предложенного авторами.

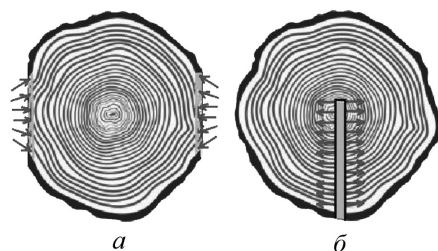


Рис. 5. Распространение химического раствора по годичным кольцам ствола дерева: *а* – устройство «Кобра»; *б* – электрофицированный инструмент

Fig. 5. Distribution of the chemical solution along the annual rings of the tree trunk: *a* – by Cobra device; *б* – by electrified device

Через 15 дней после проведения опыта наблюдали, что кроны деревьев, обработанных с использованием новых конструкций, полностью усохли (рис. 6, б), в то время как кроны деревьев после обработки «Коброй» стали усыхать постепенно, лишь на вершинах (рис. 6, а). Это объясняется распространением химического раствора по годичным кольцам ствола дерева в случае применения нового устройства (рис. 5, б) и впрыскиванием препарата только во внешнюю часть ствола при использовании инструмента «Кобра» (рис. 5, а).



Рис. 6. Деревья после обработки с использованием: а – устройства «Кобра»; б – новых технических решений

Fig. 6. Trees after the treatments with: а – Cobra device; б – new technical solutions

На рис. 7 показаны экспериментальные результаты осветления с применением предложенного устройства, но уже с использованием препарата Гелиос Экстра, ВР. Из рис. 7 видно, что результаты также положительные.



Рис. 7. Экспериментальные результаты осветления с применением нового устройства и химиката Гелиос Экстра, ВР

Fig. 7. Experimental results of clarification using the new device and the chemical Helios Extra, VR

Заключение

Сравнительный анализ показал, что в результате использования предложенных конструкций устройств снижается трудоемкость процесса осветления, уменьшается физическая нагрузка на оператора при работе и переносе устрой-

ства, за счет чего увеличивается производительность труда, ускоряется процесс угнетения и гибели нежелательных растений – создаются благоприятные условия для увеличения прироста лучших деревьев посредством увеличения освещенности. Кроны угнетающих пород деревьев, обработанных в ходе экспериментальных исследований с применением новых устройств, полностью усохли и не препятствуют проникновению солнечного и дождевого потоков к деревьям перспективных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Агафонов П. Химия на уходе за лесом // Лесн. хоз-во. 1962. № 8. С. 71–72.
Agafonov P.A. Chemistry for Forest Care. *Lesnoye khozyaystvo*, 1962, no. 8, pp. 71–72. (In Russ.).
2. Алексеев Г.А. Рекомендации по уходу за молодняками леса инструментом «Кобра». Йошкар-Ола, 2009. 40 с.
Alekseev G.A. *Recommendations for the Care of Young Stands by the Cobra Device*. Yoshkar-Ola, 2009. 40 p. (In Russ.).
3. Антропова Г.А., Омеляненко А.Я. Применение касоронадихлобенила для ухода за посадками ели // Химический уход за лесом. Псков: Лениздат, Псков. отд-ние, 1973. С. 53–58.
Antropova G.A., Omelyanenko A.Ya. Application of Casoronadichlobenil for the Care of Spruce Seedlings. *Chemical Forest Care*. Pskov, Lenizdat, Pskovskoye otdeleniye Publ., 1973. pp. 53–58. (In Russ.).
4. Атрохин В.Г., Иевинь И.К. Рубки ухода и промежуточное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1985. 255 с.
Atrokhin V.G., Ievin I.K. *Thinning and Intermediate Forest Maintenance*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 255 p. (In Russ.).
5. Багаев С.Н. Рост древесных пород при различных условиях их затенения в молодняках // Изв. вузов. Лесн. журн. 1963. № 5. С. 21–24.
Bagaev S.N. Growth of Tree Species Under Different Shading Conditions in Young Stands. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 1963, no. 5, pp. 21–24. (In Russ.).
6. Бельков В.П., Омеляненко А.Я., Щепашченко Г.Л. Перспективы химического ухода в лесных полосах // Лесн. хоз-во. 1971. № 8. С. 43–44.
Belkov V.P., Omelyanenko A.Ya., Schepashchenko G.L. Prospects for Chemical Treatment in Forest Clearings. *Lesnoye khozyaystvo*, 1971, no. 8, pp. 43–44. (In Russ.).
7. Денисов С.А., Домрачев А.А., Елсуков А.С. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса // Вестн. ПГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 4(32). С. 34–46.
Denisov S.A., Domrachev A.A., Elsukov A.S. Quadcopter Practical Application for Forest Regeneration Monitoring. *Vestnik of Volga State University of Technology, Series: Forest Ecology. Nature Management*, 2016, no. 4(32), pp. 34–46. (In Russ.). [doi.10.15350/2306-2827.2016.4.34](https://doi.org/10.15350/2306-2827.2016.4.34)
8. Крнев А.В. Технические решения для химического ухода за лесом // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: Материалы Всерос. студ. конф., Йошкар-Ола, 23–28 нояб. 2015 г.: 8 ч. Ч. 2. Идеи и решения для инновационного развития лесных и лесоперерабатывающих технологий. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. С. 79–81.
Krenev A.V. Technical Solutions for Chemical Forest Care. *Engineering Personnel – the Future of Russia's Innovative Economy: Proceedings of the All-Russian Student Conference, Yoshkar-Ola, November 23–28, 2015. In 8 parts. Part 2: Ideas and Solutions for*

the Innovative Development of Forest and Wood Processing Technology. Yoshkar-Ola, PSTU Publ., 2015, pp. 79–81. (In Russ.).

9. Патент №2236780 С2 РФ, МПК А01G 23/02, А01G 23/00, А01М 21/02. Устройство для химического ухода за лесом: № 2001127055/12: заявл. 04.10.2001: опубл. 27.09.2004 / Г.А. Алексеев, Ю.Г. Алексеев.

Alekseev G.A., Alekseev Yu.G. *A Device for Chemical Forest Maintenance*. Patent RF, no. 2236780 C2, 2004. (In Russ.).

10. Патент №2633795 С1 РФ, МПК А01G 23/00. Устройство для химического ухода за лесом: № 2017101764: заявл. 19.01.2017: опубл. 18.10. 2017 / Е.М. Царев, С.Е. Анисимов, А.В. Кренев, Ю.А. Коновалова.

Anisimov S.E., Tsarev E.M., Krenev A.V., Konovalova Yu.A. *A Device for Chemical Forest Maintenance*. Patent RF, no. 2633795 C1, 2017. (In Russ.).

11. Патент № 2690471 С1 РФ, МПК А01G 23/00. Устройство для химического ухода за лесом: № 2018118677: заявл. 22.05.2018: опубл. 03.06.2019 / Е.М. Царев, С.Е. Анисимов, В.М. Заболотский, Т.А. Конюхова, А.В. Кренев, Ю.А. Коновалова, Н.С. Анисимов, И.С. Анисимов.

Tsarev E.M., Anisimov S.E., Zabolotsky V.M., Konyukhova T.A., Krenev A.V., Konovalova Yu.A., Anisimov N.S., Anisimov I.S. *A Device for Chemical Forest Maintenance*. Patent RF, no. 2690471 C1, 2019. (In Russ.).

12. Ahmad Faiz M.A. Efficacy of Glyphosate and Its Mixtures Against Weeds Under Young Rubber Forest Plantation. *Journal of Rubber Research*, 2006, vol. 9, iss. 1, pp. 50–60.

13. Gehring K., Thyssen S., Fester T. Einfluss der Applikation mit abdriftreduzierten Dusen auf Wirksamkeit von Herbizidbehandlungen. *Z. Pflanzenkrankh, Pflanzenschutz*, 2006, iss. 20, pp. 233–240. (In German).

14. Muro-Sune N., Gani R., Bell G., Shirley I. Predictive Property Models for Use in Design of Controlled Release of Pesticides. *Fluid Phase Equilibria*, 2005, vol. 228-229, pp. 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2004.08.007>

15. Papiernik S.K., Yates S.R., Koskinen W.C., Barber B. Processes Affecting the Dissipation of the Herbicide Isoxaflutole and Its Diketonitrile Metabolite in Agricultural Soils Under Field Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55, no. 21, pp. 8630–8639. <https://doi.org/10.1021/jf071256s>

16. Primol S., Valantiu-Morison M., Makowski D. Predicting the Risk of Weed Infestation in Winter Oilseed Rape Crops. *Weed Research*, 2006, vol. 46, no. 1, pp. 22–33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00489.x>

17. Sanemitsu Y., Kawamura S., Satoh J., Katayama T., Hashimoto S. Synthesis and Herbicidal Activity of 2-Acylimino-3-Phenyl-1,3-Thiazolines. A New Family of Bleaching Herbicides. *Journal of Pesticide Science*, 2006, vol. 31, no. 3, pp. 305–310. <https://doi.org/10.1584/jpestics.31.305>

18. Schulte U., Michel A. Vergleichende Nutzenbetrachtung ausgewählter Breitband herbizide. *Z. Pflanzenkrankh, Pflanzenschutz*, 2006, iss. 20, pp. 667–674. (In German).

19. Schulte-Dauk V. Neue Produkte und Strategien für kommende Saison. *Getreide Mag.*, 2002, vol. 8, no. 4, pp. 198–201. (In German).

20. Wang M., Mu X., Guo W., Li Y., Li Z. Synthesis and Herbicidal Activity of Novel 5-Substituted Benzenesulfonylureas. *Chemical Research in Chinese Universities*, 2007, vol. 23, no. 6, pp. 674–678. [https://doi.org/10.1016/S1005-9040\(07\)60146-9](https://doi.org/10.1016/S1005-9040(07)60146-9)

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article