

А.М. Постников, А.Б. Егоров, А.А. Бубнов, Л.Н. Павлюченкова

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА ИНЪЕКЦИИ
ГЕРБИЦИДОВ И ИХ СМЕСЕЙ
В СТВОЛЫ ДЕРЕВЬЕВ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ПОРОД**

Введение. За многие годы в лесной зоне накоплены большие площади смешанных древостоев естественного и искусственного происхождения, требующие кардинального регулирования их состава и густоты. Чаще всего хвойные породы (в первую очередь – ель) находятся во втором ярусе и сильно угнетены лиственными породами вегетативного происхождения – осиной, ольхой серой и видами ивы. Рубки ухода, основанные на механическом устранении нежелательной растительности, в таких условиях недостаточно эффективны, обладают коротким периодом действия, высокой трудоемкостью при ручных способах и низкой избирательностью при механических.

Альтернативой традиционным способам ухода за составом насаждений является химический метод. Способ инъекции гербицидов в стволы деревьев нежелательных лиственных пород характеризуется высокими показателями лесоводственной и экономической эффективности. Помимо этого, он отличается высоким уровнем экологической безопасности, поскольку химический препарат вводится непосредственно в дерево, не повреждая живой напочвенный покров. Одним из основных направлений совершенствования способа инъекции считается применение смесей гербицидов, а не отдельных препаратов, что увеличивает его эффективность.

Инъекции в стволы деревьев могут применяться в насаждениях, начиная со стадии жердняка и заканчивая спелыми древостоями, поступающими в рубку.

Целью настоящей работы являлось совершенствование регулирования состава и густоты древостоев способом инъекции гербицидов и их смесей в стволы деревьев лиственных пород для повышения лесоводственной эффективности, снижения химической и токсической нагрузки на лесные экосистемы.

Химический метод в лесном хозяйстве России начал свое развитие в середине 30-х годов прошлого века. Для обработки отдельных деревьев

способом инъекции использовались соединения мышьяка (арсенит натрия, какодиловая кислота) [Декатов, 1955]. Метод продолжал свое развитие на основе новых химических веществ [Декатов, 1958; Декатов, 1966]. Дальнейшие исследования показали, что введение аминной соли 2,4-Д и тордона 101 (смесь 2,4-Д и пиклорама) в кольцо насечек по периметру ствола позволяло довольно эффективно подавлять корнеотпрысковую способность осины [Самгин и др., 1971]. В 70–80-е годы появился раундап – более совершенный препарат по сравнению с 2,4-Д, также позволяющий проводить селективные уходы на лесных площадях [Инструкция..., 1985; Мартынов и др., 1998; Шутов и др., 1998].

В смешанных жердняках гербициды способом инъекции в стволы деревьев нежелательных пород применяют с целью регулирования состава древостоев [Инструкция..., 1985; Применение..., 1984]. Ассортимент химических веществ для инъекций довольно широк: это гексазинон (велпар) [Шутов, 1982; Gonsales, 1985], пиклорам (тордон) [Yeizer, 1986], триклопир (гарлон 3А) [Рябинков и др., 1985; Рябинков, 1998; Трофимов и др., 1985; Шутов, 1982; Michael, 1985; Yeizer, 1986], глифосат (раундап) [Рябинков, 1985; Рябинков, 1998; Чижов, 1982; Шутов, 1982]), глюфосинат (баста) [Красиков, 1987], имазапир (арсенал) [Спиридонов и др., 2007; Arsenal, 1985; Edwards et al., 1997; Michael, 1985]. Наиболее эффективным признано применение препаратов глифосата, имазапира и триклопира.

В последнее время существенно возросли требования к экологической безопасности применяемых препаратов. Если ранее в лесном хозяйстве использовали такие потенциально опасные вещества, как арсениты, какодиловую кислоту, сульфамат аммония, то к 80-м годам прошлого века ассортимент изменился и стали использовать средне- и малотоксичные соединения (2,4-Д, ТХА, далапон, симм-триазины). Дальнейшее снижение химической и токсической нагрузки стало возможным с появлением производных сульфонилмочевины с эффективными нормами в несколько граммов на 1 га [Бубнов, 2017; Долженко и др., 2000; Захаренко, 2000; Спиридонов, 1995].

Изменение ассортимента гербицидов для инъекции происходит в направлении повышения их эффективности, скорости действия, универсальности при одновременном снижении применяемых доз (уменьшении концентрации рабочего раствора и количества насечек). Предпочтение отдается экологически более безопасным препаратам с низкой токсичностью, удобным в обращении, без неприятного запаха и т. д. Еще больше снизить общую химическую и токсическую нагрузку на экосистему позволяет

применение двух- и трехкомпонентных смесей гербицидов [Егоров и др., 2014; Егоров и др., 2017; Егоров и др., 2021], которые в настоящее время успешно используются для подавления нежелательной растительности способом опрыскивания.

Перспективными для экспериментального применения с целью регулирования состава и густоты древостоев способом инъекции можно считать следующие гербициды, зарегистрированные в Российской Федерации по состоянию на 2022 год [Список..., 2022]: торнадо (водный раствор, 360 г/л глифосата в виде изопропиламинной соли) и арбонал (водорастворимый концентрат, 250 г/л имзапира), а также их смеси. Установлена экологическая безопасность этих соединений при уходе за лесом [Бубнов и др., 2022].

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в Гатчинском районе (Гатчинское районное лесничество) Ленинградской области, который входит в Балтийско-Белозерский таёжный район таёжной зоны. При закладке опытов руководствовались «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве, раздел – Испытания гербицидов на землях несельскохозяйственного назначения» [Методические указания..., 2013]. Учеты в опытах проводили в течение всего периода вегетации. Определялась эффективность действия подобранных гербицидов и их смесей на ольху серую и осину в фазе жердняка. При учетах эффективности обработки определяли долю отмерших листьев в процентах от их общего количества на деревьях, сохранивших жизнеспособность, а также количество полностью отмерших деревьев в процентах от числа обработанных.

Всего было проведено четыре полевых опыта в смешанном двухъярусном древостое, сформировавшемся на сплошной вырубке 18-летней давности. Состав первого яруса 6Ос2Б2Олс+Ив, состав 2-го яруса – 10Е. Ель находилась в сильно угнетенном состоянии под пологом лиственных пород. Тип лесорастительных условий – черничный. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием гумуса в горизонте А₁ 2,9%. Условия дренированные.

Древесно-кустарниковая растительность была представлена следующими породами: елью европейской (*Picea abies* (L.) Н.Karst.), видами ивы (*Salix* spp.), осиной (*Populus tremula* L.), ольхой серой (*Alnus incana* (L.) Moench), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и видами березы (*Betula* spp.).

Инъекции растворов гербицидов в деревья проводились с использованием пластикового медицинского шприца. Гербициды вводили в предварительно сделанную с помощью стамески насечку шириной 1,5 см и глубиной 1 см под углом 45 градусов. Во всех вариантах наносили по одной насечке на дерево. Диаметр деревьев составлял 8–12 см. В каждую насечку вводили по 1 мл раствора гербицида. До 1 мл объем раствора доводился добавлением воды. Во всех вариантах каждого из опытов было обработано по 25 деревьев. Всего обработано 500 деревьев. В контрольном варианте обработку гербицидами не проводили. Схемы опытов, сроки химической обработки и даты проведения учетов эффективности приведены в таблицах с результатами учетов.

Лиственные древесные породы в районе проведения опытов не испытывали какого-либо серьезного и длительного стресса, связанного с аномальными метеоусловиями.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась при помощи теста Краскела-Уоллиса (непараметрического метода сравнения выборок), поскольку проверка эмпирического распределения по критерию Колмогорова-Смирнова показала, что фактическое распределение исследуемого признака не соответствует нормальному на уровне значимости 0,05.

Достоверность различия вариантов по количеству отмерших листьев определяли в опытах по каждому сроку учета отдельно. В опытах 1, 2 и 4 во всех сроках учета различия между вариантами достоверны на уровне значимости 0,05. В опыте 3 при первом учете не установлено достоверной разницы.

Результаты и обсуждение. В опыте 1 через 27 дней после обработки ольхи серой наиболее высокая эффективность была получена в варианте 1, где гербицид торнадо был применен в самой высокой дозе (табл. 1). Доля отмерших листьев составляла 31,2%, что значительно превышало показатели, зафиксированные в остальных вариантах опыта. Так, например, при уменьшении дозы торнадо до 0,20 мл/дерево (вариант 2) отмечено практически пятикратное снижение эффективности. Самый низкий процент отмирания листьев ольхи серой зафиксирован в вариантах с применением арбонала, что можно объяснить низкой скоростью действия этого гербицида, являющейся особенностью препаратов на основе имазапира.

Через 62 дня после применения гербицидов доля отмерших листьев ольхи серой значительно увеличилась во всех опытных вариантах. В варианте 1 этот показатель составлял 68,5%. Также достаточно высокая эффек-

тивность была зафиксирована в вариантах 5 и 6 – 38 и 39,6% соответственно. Арбонал, примененный в дозе 0,16 мл/дереву и торнадо в дозе 0,20 мл/дереву также показали близкую эффективность к этому сроку учета. Самая низкая эффективность, как и во время первого учета, отмечена в варианте 4 – 23,1%, однако, стоит отметить, что по сравнению с первым учетом, она многократно увеличилась. Через два месяца после проведения инъекций в двух вариантах отмечено начало полного отмирания деревьев ольхи серой – в варианте 1 отмерло 12%, а варианте 2 – 4%.

Таблица 1

Действие гербицидов на ольху серую в опыте 1 (обработка 16.06.2022)

The effect of herbicides on gray alder in experiment 1 (treatment 16/06/2022)

Вариант опыта	Дата учёта	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,55 мл/дереву	13.07.2022	31,2 ± 4,25	0
	17.08.2022	68,5 ± 3,82	12
	12.09.2022	84,3 ± 4,11	48
	29.05.2023	99,4 ± 0,33	88
2. Торнадо, 0,20 мл/дереву	13.07.2022	6,4 ± 2,42	0
	17.08.2022	34,0 ± 5,12	4
	12.09.2022	50,0 ± 6,28	12
	29.05.2023	94,2 ± 2,42	58
3. Арбонал, 0,16 мл/дереву	13.07.2022	1,5 ± 0,43	0
	17.08.2022	35,2 ± 4,85	0
	12.09.2022	59,4 ± 6,33	16
	29.05.2023	100	100
4. Арбонал, 0,08 мл/дереву	13.07.2022	0,3 ± 0,23	0
	17.08.2022	23,1 ± 5,50	0
	12.09.2022	38,1 ± 5,10	0
	29.05.2023	100	100
5. Торнадо, 0,20 мл/дереву + + арбонал, 0,08 мл/дереву	13.07.2022	6,2 ± 0,74	0
	17.08.2022	38,0 ± 5,29	0
	12.09.2022	74,6 ± 4,94	20
	29.05.2023	100	100
6. Торнадо, 0,25 мл/дереву + + арбонал, 0,06 мл/дереву	13.07.2022	14,2 ± 3,86	0
	17.08.2022	39,6 ± 5,69	0
	12.09.2022	56,5 ± 6,76	25
	29.05.2023	100	100

По результатам учета, проведенного в конце вегетационного сезона, было установлено, что во всех вариантах продолжалось увеличение эффекта от обработки. По-прежнему самым эффективным оставался вариант 1 – процент отмерших листьев ольхи серой достигал 84,3%, а полное отмирание деревьев составляло 48%. Эффективность подавления ольхи серой в вариантах 2, 3 и 6 оказалась примерно на одинаковом уровне отмерло 50; 59,4 и 56,5% соответственно. Однако в варианте 6 утратило жизнеспособность более чем в два раза больше деревьев, чем в варианте 2. Наиболее неэффективным на этом этапе, как и при предыдущих учетах, оказался вариант 4 – доля отмерших листьев составляла 38,1%, при этом не зафиксировано ни одного полностью отмершего дерева.

В начале следующего вегетационного сезона во всех опытных вариантах, где применялся арбонал, как в чистом виде, так и в виде смеси с торнадо, зафиксировано полное отмирание всех деревьев ольхи серой. Несколько более низкая эффективность отмечена в варианте 1 (отмерло 99,4% листьев и 88% деревьев). В варианте с более низкой дозой торнадо (0,20 мл/дерево) также зафиксирована высокая доля отмерших листьев ольхи серой – 94,2%, однако количество отмерших деревьев было значительно ниже, чем в остальных вариантах – 58%.

В опыте 3 через 26 дней после обработки зафиксировано полное отсутствие арборицидного действия во всех вариантах опыта (табл. 2). Это можно объяснить как низкими дозами примененных гербицидов, так и весьма небольшим отрезком времени, прошедшим между химической обработкой и проведением первого учета. Через 52 дня проявление арборицидного действия отмечено уже во всех вариантах. Самая высокая доля отмерших листьев (24,3%) зафиксирована в варианте 3. В вариантах 2 и 4 наблюдались схожие показатели отмирания листьев – 6,6 и 6,8% соответственно. Наиболее низкая эффективность получена в варианте 1 – 1,1%.

Через 11 месяцев после проведения обработки было отмечено многократное повышение эффективности подавления ольхи серой. В вариантах 2, 3 и 4 полностью отмерли все обработанные деревья. Самая низкая доля отмирания листьев (68%) и отмирания деревьев (18%) наблюдалось в варианте 1 с применением низкой дозы торнадо.

В опыте 2 через 27 дней после проведения обработки самым эффективным оказался вариант 1, в котором отмерло 75,7% листьев, кроме того, здесь отмечено полное отмирание 8% деревьев (табл. 3). Самая низкая эффективность наблюдалась в вариантах 3 и 4, где применялся арбонал – 3,4 и 0,7% соответственно.

Таблица 2

Действие гербицидов на ольху серую в опыте 3 (обработка 22.07.2022)

The effect of herbicides on gray alder in experiment 3 (treatment 22/07/2022)

Вариант опыта	Дата учета	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,12 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	1,1 ± 0,54	0
	29.05.2023	68 ± 0,12	18
2. Арбонал, 0,08 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	6,6 ± 1,90	0
	29.05.2023	100	100
3. Торнадо, 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,08 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	24,3 ± 5,21	0
	29.05.2023	100	100
4. Торнадо, 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,06 мл/дерево	17.08.2022	0	0
	12.09.2022	6,8 ± 1,93	0
	29.05.2023	100	100

В августе (через 62 дня после проведения обработки) в варианте 1 зафиксирована очень высокая доля отмерших листьев – 97,4% и отмирание 76% деревьев. В варианте 6 было отмечено практически двукратное увеличение количества отмерших листьев по сравнению с первым учетом. Кроме того, более половины обработанных деревьев отмерло. Наиболее низкая эффективность отмечена в вариантах 3 и 4, где применялся арбонал. Однако, стоит отметить, что по сравнению с первым учетом, количество отмерших листьев в варианте 3 увеличилось практически в 8 раз, а в варианте 4 – в 18 раз.

Через 88 дней после обработки наиболее эффективными были варианты 1 и 6. Доля отмерших листьев составляла 99,1 и 98,3% соответственно. Кроме того, полностью отмерло более 90% деревьев. Наиболее низкая степень отмирания листьев отмечена в варианте 4 – 29,8%, при этом не было зафиксировано ни одного полностью отмершего дерева.

Таблица 3

Действие гербицидов на осину в опыте 2 (обработка 16.06.2022)
The effect of herbicides on aspen in experiment 2 (treatment 16/06/2022)

Вариант опыта	Дата учёта	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,55 мл/дерево	13.07.2022	75,7 ± 5,20	8
	17.08.2022	97,4 ± 1,29	76
	12.09.2022	99,1 ± 0,53	92
	29.05.2023	100	100
2. Торнадо, 0,20 мл/дерево	13.07.2022	15,7 ± 2,11	0
	17.08.2022	81,3 ± 4,78	36
	12.09.2022	91,2 ± 2,31	64
	29.05.2023	100	100
3. Арбонал, 0,16 мл/дерево	13.07.2022	3,4 ± 0,70	0
	17.08.2022	27,0 ± 3,00	0
	12.09.2022	67,0 ± 5,55	20
	29.05.2023	100	100
4. Арбонал, 0,08 мл/дерево	13.07.2022	0,7 ± 0,32	0
	17.08.2022	12,6 ± 1,44	0
	12.09.2022	29,8 ± 4,06	0
	29.05.2023	99,5 ± 1,48	92
5. Торнадо, 0,20 мл/дерево + + арбонал, 0,08 мл/дерево	13.07.2022	21,5 ± 4,96	0
	17.08.2022	69,6 ± 5,83	28
	12.09.2022	87,1 ± 2,69	50
	29.05.2023	100	100
6. Торнадо, 0,25 мл/дерево + + арбонал, 0,06 мл/дерево	13.07.2022	46,6 ± 7,21	4
	17.08.2022	90,0 ± 3,71	52
	12.09.2022	98,3 ± 0,60	96
	29.05.2023	100	100

В начале следующего вегетационного сезона отмечено дальнейшее повышение эффективности подавления осины. Во всех вариантах, за исключением варианта 4, полностью отмерли все обработанные деревья. В этом варианте зафиксировано отмирание 92% деревьев.

В опыте 4 через 26 дней после обработки установлено, что несмотря на низкие дозы препаратов, арборицидное действие проявилось во всех вариантах опыта (табл. 4). Наибольшая доля отмерших листьев была зафиксирована в вариантах 3 и 4, где применялись смеси гербицидов.

Таблица 4

Действие гербицидов на осину в опыте 4 (обработка 22.07.2022)

The effect of herbicides on aspen in experiment 4 (treatment 22/07/2022)

Вариант опыта	Дата учёта	Отмирание листьев, %	Отмирание деревьев, %
1. Торнадо, 0,12 мл/дерево	17.08.2022	4,5 ± 1,12	0
	12.09.2022	29,3 ± 4,97	4
	29.05.2023	61,9 ± 6,30	18
2. Арбонал 0,08 мл/дерево	17.08.2022	0,7 ± 0,46	0
	12.09.2022	16,8 ± 4,32	4
	29.05.2023	99 ± 0,67	88
3. Торнадо 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,08 мл/дерево	17.08.2022	12,5 ± 5,00	0
	12.09.2022	64,7 ± 7,09	28
	29.05.2023	99,3 ± 0,48	91
4. Торнадо 0,12 мл/дерево + + арбонал 0,06 мл/дерево	17.08.2022	8,4 ± 2,72	0
	12.09.2022	23,8 ± 5,06	0
	29.05.2023	96,8 ± 0,77	36

В вариантах 1 и 2, где применялись гербициды по отдельности, эффективность их действия к этому сроку учетов была очень низкой.

Через 52 дня после проведения обработки отмечено значительное увеличение эффективности во всех вариантах опыта. Наиболее высокие показатели (64,7% отмерших листьев и 28% отмерших деревьев) наблюдались в варианте 3, а в вариантах 1 и 4 – только 29,3 и 23,8% отмерших листьев со-

ответственно. Самым неэффективным на этом этапе (16,8% отмерших листьев), несмотря на повышение данного показателя в 24 раза по сравнению с предыдущим учетом, оставался вариант 2.

Через 11 месяцев после обработки наиболее эффективными оказались варианты 2 (отмерло 99% листьев и 88% деревьев) и 3 (отмерло 99,3% листьев и 91% деревьев). Немного уступал им по эффективности вариант 4 – доля отмерших листьев составляла 96,8%, однако доля отмерших деревьев составляла лишь 36%. Самая низкая эффективность отмечена в варианте 1, где отмерло лишь 61,9% листьев и 18% деревьев.

Во всех вариантах с гербицидами образования корневых отпрысков и пневой поросли не наблюдалось.

Выводы. Результаты, полученные в четырех полевых опытах, проведенных в 2022–23 гг., позволяют сделать выводы относительно эффективности и скорости действия препаратов торнадо и арбонал, а также их смесей на ольху серую и осину при обработке деревьев в фазе жердняка.

1. Отмечена высокая эффективность действия гербицидов торнадо и арбонал в отдельности и их смесей как на ольху серую, так и на осину, причем в значительно более низких дозах по сравнению с регламентами, приведенными в «Государственном каталоге...».

2. Установлена более высокая чувствительность осины к торнадо, а ольхи – к арбоналу.

3. Торнадо, примененный отдельно в дозе 0,12 мл/дерево, не обеспечивал эффективного подавления ни ольхи серой, ни осины и не может быть рекомендован для использования в этой дозе.

4. Арбонал в отдельности действовал значительно медленнее торнадо и их смесей, но демонстрировал высокую эффективность при оценке в следующем после обработки вегетационном сезоне.

5. Более высокое содержание торнадо в составе смеси приводит к более быстрому проявлению токсического действия как на ольху серую, так и на осину.

6. Полное отмирание деревьев ольхи серой обеспечивается при применении следующих вариантов:

- арбонал 0,08 мл/дерево,
- арбонал 0,16 мл/дерево,
- торнадо 0,12 мл/дерево + арбонал 0,06 мл/дерево,
- торнадо 0,12 мл/дерево + арбонал 0,08 мл/дерево,
- торнадо 0,20 мл/дерево + арбонал 0,08 мл/дерево,

- торнадо 0,25 мл/дерево + арбонал 0,06 мл/дерево.

Полное отмирание деревьев осины обеспечивается при применении следующих вариантов:

- торнадо, 0,20 мл/дерево,
- торнадо, 0,55 мл/дерево,
- арбонал, 0,16 мл/дерево,
- торнадо 0,20 мл/дерево + арбонал 0,08 мл/дерево,
- торнадо 0,25 мл/дерево + арбонал 0,06 мл/дерево.

Таким образом, установлена высокая биологическая эффективность применения гербицидов торнадо и арбонал, а также их смесей способом инъекции в стволы деревьев нежелательных лиственных пород.

Сведения о финансировании исследования. Финансирование исследований осуществлялось Федеральным агентством лесного хозяйства по государственному заданию ФБУ «СПбНИИЛХ» № 053-00006-22-00 от 23.12.2021.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бубнов А.А. Ассортимент пестицидов в лесном хозяйстве России: развитие и современное состояние // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 1. С. 35–48

Бубнов А.А., Егоров А.Б., Павлюченкова Л.Н., Постников М.В. Экологическая оценка гербицидов, используемых при лесовыращивании // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 4. С. 58–75.

Декатов Н.Е. Химическая подсушка фаутной осины в лесоводственных целях. Л.: ЦНИИЛХ, 1955. 14 с.

Декатов Н.Е. Химические средства борьбы с сорной растительностью в лесном хозяйстве. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1958. 132 с.

Долженко В.И., Петунова А.А., Маханькова Т.А. Биолого-токсикологические требования к совершенствованию ассортимента гербицидов на рубеже XXI века // Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия : матер. Второго Всерос. науч.-произв. совещания. Голицино, 2000. С. 122–126.

Егоров А.Б., Партолина А.Н. Действие баковых смесей гербицидов против нежелательных лиственных древесных пород в лесном хозяйстве при разных способах обработки // Вестник защиты растений. 2014. № 3. С. 39–45.

Егоров А.Б., Постников А.М., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н., Партолина А.Н. Применение гербицидов при обработке площадей под культуры сосны и ели, создаваемые сеянцами с закрытой корневой системой // Труды Санкт-

Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 2. С. 30–46.

Егоров А.Б., Постников А.М., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н., Партолина А.Н. Выращивание культур ели с применением современных гербицидов, не требующее проведения агротехнических уходов // *Лесной журнал*. 2021. № 3. С. 9–23.

Захаренко А.В. Состояние и задачи научного обеспечения гербологии в XXI веке // *Состояние и развитие гербологии на пороге XXI столетия* : матер. Второго Всероссийского научно-производственного совещания. Голицино, 2000. С. 300–327.

Инструкция по применению гербицидов в лесных культурах. Л. : ЛенНИИЛХ, 1985. 43 с.

Инструкция по химическому методу ухода за лесом (для европейской части лесной зоны). Л.: ЛенНИИЛХ, 1985. 40 с.

Красиков С.А. Факторы эффективности применения арборицидов способом инъекции // *Химический уход за лесом* : сб. науч. тр. Л. : ЛенНИИЛХ, 1987. С. 127–136.

Мартынов А.Н., Красновидов А.Н., Фомин А.В. Применение раундапа в лесу / А.Н. Мартынов, А.Н. . СПб. : СПбНИИЛХ, 1998. 148 с.

Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), Минсельхоз России. СПб., 2013. 280 с.

Применение глифосата, велпара и гарлона в лесном хозяйстве : методические рекомендации / ЛенНИИЛХ. Л. : ЛенНИИЛХ, 1984. 22 с.

Рябинков А.П. Инъекция арборицидов как метод решения различных лесохозяйственных задач // *Лесное хозяйство*. 1998. № 6. С. 51–52.

Рябинков А.П., Сударев Ю.В. Эффективность применения гарлона, раундапа и нитосорга в качестве арборицидов при инъекции в стволы деревьев // *Пути повышения эффективности и экологической безопасности химического ухода за лесом* : тез. докл. Всесозного совещ., г. Псков, 1985 г. Л.: ЛенНИИЛХ, 1985. С. 26–28.

Самгин П.А., Бахтин О.В. Использование арборицидов для подавления корнеотпрысковой способности осины // *Лесное хозяйство*. 1971. № 10. С. 40–41.

Спиридонов Ю.Я. Стратегия и тактика применения гербицидов с учетом экологических требований // *Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов сельскохозяйственных культур от сорной растительности* : матер. Всерос. науч.-производ. совещания. Голицино, 1995. С. 110–118.

Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Применение Арсенала, ВК (250 г/л) БАСФ Агрокемикал продактс Б.В. на объектах несельскохозяйственного пользования. М., 2007. URL: <https://biotorg.com/upload/iblock/504/>

Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации : приложение к журналу «Защита и карантин растений», № 4. М. : Колос, 2022. 880 с.

Стороженко В.Г., Михайлов Л.Е., Багаев С.Н. Ведение хозяйства в осинниках. М. : Агропромиздат, 1987. 145 с.

Трофимов В.Н., Быков Н.В. Гарлон 3А – новый перспективный арборицид для химического ухода за лесом способом инъекции // Пути повышения эффективности и экологической безопасности химического метода ухода за лесом : тез. докл. Всесоюзного совещ., г. Псков, 1985 г. Л. : ЛенНИИЛХ, 1985. С. 15–16.

Чижов Б.Е., Котов В.Е. Результаты испытаний кренайта, гарлона и глифосата в Тюменской области // Современное состояние и перспективы применения химических средств при уходе за лесом : тез. докл. Всесоюзной конф., г. Псков, 1982 г. Л. : ЛенНИИЛХ, 1982. С. 73–75.

Шутов И.В. Сравнение глифосата, велпара, кренайта и гарлона как арборицидов при инъекции в стволы деревьев // Современное состояние и перспективы применения химических средств при уходе за лесом : тез. докл. Всесоюзной конф., г. Псков, 1982 г. Л. : ЛенНИИЛХ, 1982. С. 81–83.

Шутов И.В., Мартынов А.Н., Товкач Л.Н. Смена пород и химический уход за молодняками: 30 лет спустя // Лесное хозяйство. 1998. № 2. С. 29–31.

Arsenal for brush control and forest management / American Cyanamid Company, Agricultural Research Division, USA, Princeton, 1985. 12 p.

Arsenal-instrukcia.pdf (дата обращения: 12.02.2022).

Edwards C., Morgan J. Cut stump applications with imazapyr // Research Information Note – Forestry Commission. 1997. No. 293. P. 4–11.

Gonsales F.E. Hexasinone and sulfometuron methyl herbicides for pine forestry // Proceedings of the Southern Weed Science Society. 1985. Vol. 38. P. 146–156.

Michael J.L. Hardwood control by injection with two new chemicals // Proceedings of the Southern Weed Science Society. 1985. Vol. 38. P. 164–167.

Yeiser J.L. Tree injection for early pine seedlings release in the Ozark Mountains of Arkansas // Southern Journal of Applied Forestry. 1986. Vol. 10, no 4. P. 249–251.

References

Arsenal for brush control and forest management. American Cyanamid Company, Agricultural Research Division, USA, Princeton, 1985. 12 p.

Arsenal-instrukcia.pdf (accessed February 12, 2022). (In Russ.)

Bubnov A.A. Assortiment pesticidov v lesnom hozyajstve Rossii: razvitie i sovremennoe sostoyanie. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva*, 2017, no. 1, pp. 35–48. (In Russ.)

Bubnov A.A., Egorov A.B., Pavlyuchenkova L.N., Postnikov A.M. Ekologicheskaya ocenka gerbicidov, ispol'zuemyh pri lesovyrashchivanii. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva FBU*, 2022, no. 4, pp. 58–75. (In Russ.)

Chizhov B.E., Kотов V.E. Rezul'taty ispytaniy krenajta, garlona i glifosata v Tyumenskoj oblasti. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy primeneniya himicheskikh*

sredstv pri uhode za lesom : tezisy dokladov Vsesoyuznoj konferencii. L., 1982, pp. 73–75. (In Russ.)

Dekaton N.E. Himicheskaya podsushka fautnoj osiny v lesovodstvennyh celyah. L., 1955. 14 p. (In Russ.)

Dekaton N.E. Himicheskie sredstva bor'by s sornoj rastitel'nost'yu v lesnom hozyajstve. L., 1958, 132 p. (In Russ.)

Dekaton N.E. Primenenie gerbicidov i arboricidov v lesnom hozyajstve. Moscow-Leningrad, 1966. 171 p. (In Russ.)

Dolzhenko V.I., Petunova A.A., Mahan'kova T.A. Biologo-toksikologicheskie trebovaniya k sovershenstvovaniyu assortimenta gerbicidov na rubezhe XXI veka. *Sostoyanie i razvitie gerbologii na poroge XXI stoletiya: materialy Vtorogo Vserossijskogo nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniya.* Golicino, 2000, pp. 122–126. (In Russ.)

Edwards C., Morgan J. Cut stump applications with imazapyr. *Research Information Note – Forestry Commission*, 1997, no. 293, pp. 4–11.

Egorov A.B., Partolina A.N. Dejstvie bakovyh smesej gerbicidov protiv nezhelatel'nyh listvennyh drevesnyh porod v lesnom hozyajstve pri raznyh sposobah obrabotk. *Vestnik zashchity rastenij*, 2014, no. 3, pp. 39–45. (In Russ.)

Egorov A.B., Postnikov A.M., Bubnov A.A., Pavlyuchenkova L.N., Partolina A.N. Primenenie gerbicidov pri obrabotke ploshchadej pod kultury sosny i eli, sozdavaemye seyancami s zakrytoj kornevoj sistemoj. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva.*, 2017, no. 2, pp. 30–46. (In Russ.)

Egorov A.B., Postnikov A.M., Bubnov A.A., Pavlyuchenkova L.N., Partolina A.N. Vyrashchivanie kultur eli s primeneniem sovremennyh gerbicidov, ne trebuyushchee provedeniya agrotekhnicheskikh uhodov. *Lesnoj zhurnal*, 2021, no. 3, pp. 9–23. (In Russ.)

Gonsales F.E. Hexasinone and sulfometuron methyl herbicides for pine forestry. *Proceedings of the Southern Weed Science Society*, 1985, vol. 38, pp. 146–156.

Instrukciya po himicheskomu metodu uhoda za lesom (dlya evropejskoj chasti lesnoj zony). L., 1985, 40 p. (In Russ.)

Instrukciya po primeneniyu gerbicidov v lesnyh kul'turah. L., 1985. 43 p. (In Russ.)

Krasikov S.A. Faktory effektivnosti primeniya arboricidov sposobom in'ekcii. Himicheskij uhod za lesom. *Sbornik nauchnyh trudov.* Leningrad, 1987, pp. 127–136. (In Russ.)

Martynov A.N., Krasnovidov A.N., Fomin A.V. Primenenie raundapa v lesu. SPb., 1998. 148 p. (In Russ.)

Metodicheskie ukazaniya po registracionny'm ispy'taniyam gerbicidov v sel'skom hozyajstve / Vserossijskij NII zashhity` rastenij (VIZR), Minsel'hoz Rossii. SPb., 2013. 280 p. (In Russ.)

Michael J.L. Hardwood control by injection with two new chemicals. *Proceedings of the Southern Weed Science Society*, 1985, vol. 38, pp. 164–167.

Применение глифосата, вельпара и гарлона в лесном хозяйстве. *Методические рекомендации*. L., 1984. 22 p. (In Russ.)

Ryabinkov A.P. In"ekciya arboricidov kak metod resheniya razlichnyh lesohozyajstvennyh zadach. *Lesnoe hozhaystvo*. 1998, no. 6, pp. 51–52. (In Russ.)

Ryabinkov A.P., Sudarev Yu.V. Effektivnost' primeneniya garlona, raundapa i nitosorga v kachestve arboricidov pri in"ekcii v stvoly derev'ev. *Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti himicheskogo uhoda za lesom: tezisy dokladov Vsesoznogo soveshchaniya*. L., 1985, pp. 26–28. (In Russ.)

Samgin P.A., Bahtin O.V. Ispol'zovanie arboricidov dlya podavleniya korneotpryskovoj sposobnosti osiny. *Lesnoe hozhaystvo*. 1971, no. 10, pp. 40–41. (In Russ.)

Shutov I.V. Sravnenie glifosata, velpara, krenajta i garlona kak arboricidov pri in"ekcii v stvoly derev'ev. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy primeneniya himicheskikh sredstv pri uhode za lesom: tezisy dokladov Vsesoyuznoj konferencii*. L., 1982, pp. 81–83. (In Russ.)

Shutov I.V., Martynov A.N., Tovkach L.N. Smena porod i himicheskij uhod za molodnyakami: 30 let spustya. *Lesnoe hozhaystvo*. 1998, no. 2, pp. 29–31. (In Russ.)

Spiridonov Yu.Ya. Strategiya i taktika primeneniya gerbicidov s uchetom ekologicheskikh trebovanij. *Sostoyanie i puti sovershenstvovaniya integrirovannoj zashchity posevov sel'skohozyajstvennyh kul'tur ot sornoj rastitel'nosti: materialy Vserossijskogo nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniya*. Golicino, 1995, pp. 110–118. (In Russ.)

Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. *Применение Арсенала, VK (250 г/л) BASF Агрохимикал продукта В.В. на объектах несельскохозяйственного пользования*. М., 2007. URL: <https://biotorg.com/upload/iblock/504/>

Spisok pesticidov i agrohimitov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii : prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rastenij», 2022, no. 4. 880 p. (In Russ.)

Trofimov V.N., Bykov N.V. Garlon 3A – novyj perspektivnyj arboricid dlya himicheskogo uhoda za lesom sposobom in"ekcii. *Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti himicheskogo metoda uhoda za lesom: tezisy dokladov Vsesoyuznogo soveshchaniya*. L., 1985, pp. 15–16. (In Russ.)

Yeiser J.L. Tree injection for early pine seedlings release in the Ozark Mountains of Arkansas. *Southern Journal of Applied Forestry*, 1986, vol. 10, no. 4, pp. 249–251.

Zaharenko A.V. Sostoyanie i zadachi nauchnogo obespecheniya gerbologii v XXI veke. *Sostoyanie i razvitie gerbologii na poroge XXI stoletiya: materialy Vtorogo Vserossijskogo nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniya*. Golicino, 2000, pp. 300–327. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 11.07.2023

Постников А.М., Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. Биологическая эффективность способа инъекции гербицидов и их смесей в стволы деревьев нежелательных пород // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 248. С. 57–74. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.57-74

Целью работы являлось совершенствование регулирования состава и густоты древостоев способом инъекции гербицидов и их смесей в стволы деревьев лиственных пород для повышения лесоводственной эффективности, снижения химической и токсической нагрузки на лесные экосистемы. Объектами исследований являлись отдельные деревья ольхи серой и осины вегетативного происхождения в фазе жердняка в смешанных насаждениях. В результате анализа отечественной и зарубежной литературы по проблеме были отобраны перспективные для изучения гербициды – торнадо (водный раствор, 360 г/л глифосата в виде изопропиламинной соли) и арбонал (водорастворимый концентрат, 250 г/л имзапира) и заложены полевые опыты с отобранными гербицидами. В четырех полевых опытах определялась биологическая эффективность действия гербицидов и их смесей на деревья ольхи серой и осины в смешанных насаждениях. В результате установлена высокая эффективность действия гербицида арбонал в дозах 0,08 и 0,16 мл/дерево, а также смесей торнадо (0,12–0,25 мл/дерево) + арбонал (0,06–0,08 мл/дерево) на ольху серую. По действию на осину наиболее эффективным было применение торнадо 0,20 и 0,55 мл/дерево, арбонала (0,16 мл/дерево) и смесей торнадо (0,20 мл/дерево) + арбонал (0,08 мл/дерево) и торнадо (0,25 мл/дерево) + арбонал (0,06 мл/дерево). Ольха серая проявила большую устойчивость к примененным гербицидам в год обработки, однако следует ожидать усиления действия гербицидов в следующем вегетационном сезоне. Установлено, что применение гербицидов торнадо и арбонал, а также их смесей в различных сочетаниях весьма перспективно для подавления нежелательной древесной растительности способом инъекции в смешанных насаждениях.

Ключевые слова: инъекции, гербициды, осина, ольха серая, эффективность, осветление.

Postnikov A.M., Egorov A.B., Bubnov A.A., Pavlyuchenkova L.N. Biological efficiency of the method of injecting herbicides and their mixtures into tree trunks of unwanted species. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoj Akademii*, 2024, iss. 248, pp. 57–74 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.57-74

The aim of the work was to improve the regulation of the composition and density of forest stands by injecting herbicides and their mixtures into the trunks of

hardwood trees to increase silvicultural efficiency, reduce the chemical and toxic load on forest ecosystems. The objects of research were individual trees of gray alder and aspen of vegetative origin in the pole stage in mixed stands. As a result of the analysis of domestic and foreign literature on the problem, promising herbicides for study were selected – tornado (aqueous solution, 360 g/l glyphosate in the form of isopropylamine salt) and arbonal (water-soluble concentrate, 250 g/l imazapyr) and field experiments were laid with selected herbicides. In four field experiments, the biological effectiveness of the action of herbicides and their mixtures on gray alder and aspen trees in mixed plantations was determined. As a result, the high efficiency of the herbicide arbonal at doses of 0.08 and 0.16 ml/tree, as well as mixtures of tornado (0.12–0.25 ml/tree) + arbonal (0.06–0.08 ml/tree) was established on gray alder. According to the effect on aspen, the most effective was the use of tornado 0.20 ml/tree and 0.55 ml/tree), arbonal (0.16 ml/tree) and mixtures of tornado (0.20 ml/tree) + arbonal (0.08 ml/tree) and tornado (0.25 ml/tree) + arbonal (0.06 ml/tree). Alder gray showed greater resistance to the applied herbicides in the year of treatment, but we should expect an increase in the effect of herbicides in the next growing season. It has been established that the use of herbicides tornado and arbonal, as well as their mixtures in various combinations, is very promising for the suppression of unwanted woody vegetation by injection in mixed stands.

Key words: injections, herbicides, aspen, gray alder, efficiency, clarification.

ПОСТНИКОВ Антон Михайлович – ФБУ «СПбНИИЛХ», кандидат сельскохозяйственных наук. ResearcherID: G-4313-2015, ORCID: 0000-0002-8942-8155.

194021, Институтский пр., д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: cucule88@gmail.com

POSTNIKOV Anton M. – PhD (Agricultural), Saint-Petersburg Forestry Research Institute. Researcher ID: G-4313-2015, ORCID: 0000-0002-8942-8155.

194021. Institutsky av. 21. St. Petersburg. Russia. E-mail: cucule88@gmail.com

ЕГОРОВ Александр Борисович – ФБУ «СПбНИИЛХ», доктор сельскохозяйственных наук. ResearcherID: G-4300-2015, ORCID: 0000-0003-2624-214X.

194021, Институтский пр., д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: herb.egorov@yandex.ru

EGOROV Alexander B. – DSc (Agricultural), Saint-Petersburg Forestry Research Institute. Researcher ID: G-4300-2015, ORCID: 0000-0003-2624-214X.

194021. Institutsky av. 21. St. Petersburg. Russia. E-mail: herb.egorov@yandex.ru

БУБНОВ Александр Анисимович – ФБУ «СПбНИИЛХ», кандидат сельскохозяйственных наук. ResearcherID: E-1666-2015, ORCID: 0000-0001-5716-3503.

194021, Институтский пр., д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.bubnov@list.ru

BUBNOV Alexander A. – PhD (Agricultural), Saint-Petersburg Forestry Research Institute. Researcher ID: E-1666-2015, ORCID: 0000-0001-5716-3503.

194021. Institutsky av. 21. St. Petersburg. Russia. E-mail: a.bubnov@list.ru

ПАВЛЮЧЕНКОВА Лидия Николаевна – ФБУ «СПбНИИЛХ», кандидат сельскохозяйственных наук/ Researcher ID: G-4285-2015, ORCID: 0000-0001-8884-2496.

194021, Институтский пр., д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: lipav.172@gmail.com.

PAVLUCHENKOVA Lidya N. – PhD (Agricultural), Saint-Petersburg Forestry Research Institute. Researcher ID: G-4285-2015, ORCID: 0000-0001-8884-2496.

194021. Institutsky av. 21. St. Petersburg. Russia. E-mail: lipav.172@gmail.com