

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 632.51; 632.954
№ НИОКТР 121071300036-6

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук



П.А. Подъяблонский

«*Подъяблонский*» 2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование и разработка технологии с техническими средствами борьбы
с борщевиком Сосновского

по теме:

2.1.7. Проведение исследований и научно-информационное обеспечение
разработки и внедрения систем рационального применения средств
химической и интегрированной защиты сельскохозяйственных растений

Руководитель НИР, ведущий
эксперт консультационно-
статистического и
организационного обеспечения
развития АПК,
канд. техн. наук

В.Г. Селиванов

Правдинский 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Первый заместитель – заместитель
директора по научной работе,
канд. техн. наук



Н.П. Мишуров
(методическое
руководство)

Руководитель темы:
ведущий эксперт консультационно-
статистического и
организационного обеспечения
развития АПК,
канд. техн. наук



В.Г. Селиванов
(введение, разделы 1,
2, 3; 4; заключение)

Исполнители:

Ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук



Н.Н. Краховецкий
(разделы 1, 3, 4)

Инженер



А.А. Давыдов
(разделы 3, 4)

Нормоконтроль



А.Д. Федоров

РЕФЕРАТ

Отчет 59 с.; 20 рис., 6 табл., 25 источн.

БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО, ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ГЕРБИЦИД, ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ПОВЕРХНОСТНОЕ ВНЕСЕНИЕ, ВНУТРИПОЧВЕННАЯ ОБРАБОТКА

Объектом исследования являются химические методы борьбы с борщевиком Сосновского.

Цель исследования – разработка технологии с техническими средствами для борьбы с борщевиком Сосновского.

Программа и методы исследований предусматривали разработку стендового оборудования для определения основных параметров работы оборудования: давление в системе, расходные характеристики исполнительных устройств в зависимости от их конструктивного исполнения.

В результате проведенных исследований разработаны и изготовлены комплекты оборудования для поверхностной (листовой) (основные исполнительные устройства – брандспойт с регулируемой струей и брандспойт-удочка) и внутрипочвенной (основное исполнительное устройство – гидробур) химической обработки растений борщевика. В полевых условиях выполнена отработка технологических приемов, обеспечивающих поверхностную (листовую) и внутрипочвенную (корневую) химическую обработку растений борщевика с использованием разработанных комплектов оборудования.

Результаты исследований будут содействовать повышению эффективности борьбы с борщевиком Сосновского за счет более равномерного нанесения препаратов на листовую поверхность растений, а также доставки химикатов непосредственно в корневую зону растений. Кроме того, это обеспечивает сокращение расхода химических препаратов для гарантированного уничтожения растений борщевика Сосновского и содействует повышению экологической безопасности разработанных технологий.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ..... | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ПРОГРАММА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 8 |
| 1.1 Обоснование направления исследований..... | 8 |
| 1.2 Цель, задачи и методы проведения исследований..... | 12 |
| 2 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО..... | 12 |
| 3 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО..... | 21 |
| 3.1 Технологический стенд для определения расходных характеристик рабочих органов технических средств для борьбы с борщевиком Сосновского..... | 21 |
| 3.2 Технические средства для поверхностной химической обработки растений борщевика..... | 27 |
| 3.3 Технические средства для внутрпочвенной (корневой) химической обработки растений борщевика..... | 33 |
| 4 ТЕХНОЛОГИИ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО... | 38 |
| 4.1 Поверхностная химическая обработка растений борщевика..... | 38 |
| 4.2 Внутрпочвенная (корневая) химическая обработка растений борщевика..... | 46 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 51 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 56 |

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о научно-исследовательской работе применяют следующие основные термины с соответствующими определениями.

| | |
|--|--|
| Борщевик Сосновского | - сорное растение, широко распространенное на территории Российской Федерации, причислен к вредным объектам, утратившим хозяйственную значимость |
| Обработка растений гербицидами | - основной технологический прием борьбы с растениями и семенами борщевика химическими средствами |
| Внутрипочвенная химическая обработка борщевика | - химическая обработка корневой части растений борщевика |
| Технология борьбы с борщевиком | - агротехнологические приемы, обеспечивающие реализацию задач по уничтожению опасного сорняка |
| Технические средства борьбы с борщевиком | - набор механизмов и орудий для выполнения технологических операций по борьбе с борщевиком |
| Технологическая эффективность | - результаты внедрения инновационных направлений разрабатываемой технологии |

ВВЕДЕНИЕ

В мировой флоре встречается почти 70 видов борщевика, в России – около 15 видов. На территории бывшего СССР как сельскохозяйственное растение его стали культивировать с 1947 года, а в конце 1960-х годов борщевик Сосновского постепенно ввели в сельхозпроизводство как перспективную силосную культуру. Земледельцев привлекали возможность длительного использования посевов растения без существенных затрат и высокая урожайность, то есть низкая себестоимость получаемой силосной массы и наличие в ней достаточного количества сахаров, протеинов, витаминов, микроэлементов [1, 2, 3].

Во многих хозяйствах борщевик выращивали на больших площадях. Но через некоторое время он постепенно стал расселяться самосевом по берегам водоемов, пустырям, полосам отвода железных и автомобильных дорог, линий электропередач и связи, трассам газо- и нефтепроводов, вокруг населенных пунктов и на других промышленных объектах. Стремительное распространение этого растения нарушило экологическое равновесие и стало серьезной проблемой для многих регионов нашей страны. При этом надежды на создание с его помощью прочной кормовой базы не оправдались [4].

В настоящее время борщевик Сосновского, как злостное сорное растение, широко распространен на территории Северо-Западного и в ряде областей Центрального регионов, а также на территории Поволжья, Урала, в республиках Коми, Карелии, Мордовии, Удмуртии. Его вредоносность принимает катастрофические масштабы вследствие отсутствия надлежащего контроля над распространением сорняка в природных агроэкосистемах. Установлено, что борщевик Сосновского ежегодно может увеличивать занятую им площадь на 5-10% и более [5].

В 2012 году Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений причислила борщевик Сосновского к вредным объектам, так как он утратил хозяйственную значимость [2].

Обследование территорий, занятых борщевиком, и реальный прогноз дальнейшего его распространения на территории Российской Федерации показывают, что если проблему оставить без существенного внимания, то через 10 лет более 35% земель в природных агроэкосистемах указанных регионов будет засорено этим растением. Таким образом, проблема борьбы с этим опасным сорняком приобретает высокую значимость и требует принятия срочных мер по ее решению [2, 6].

Научная новизна данной работы состоит в разработке технических средств и технологий для борьбы с борщевиком Сосновского. Имеется связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами, выполняемыми ранее учреждением: аналитический обзор «Технологии внесения удобрений и система защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней»; практическое пособие «Современные технологии интегрированной защиты тепличных овощных культур от болезней и вредителей»; научное издание «Технологии биологической защиты сельскохозяйственных растений», отчет о НИР «Исследование и разработка технологии и технических средств подпочвенного очагового воздействия на корневую систему растений при выращивании многолетних насаждений» и др.

Тема соответствует приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: пункт 20 подпункт г) переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

1 Обоснование направления исследований. Цель, задачи и программа проведения исследований

1.1 Обоснование направления исследований

Борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnovskyi* Manden) относится к растениям рода *Heracleum* семейства Зонтичные *Apiaceae* (*Umbelliferae*), а его родиной является Северный Кавказ. Впервые растение было описано в 1944 году ботаником И. П. Манденовой в Грузии. Свое название вид получил в честь исследователя флоры Кавказа Д. И. Сосновского [7].

Борщевик Сосновского является многолетним травянистым растением, продолжительность жизни которого ограничена фазой цветения (срок жизни может достигать 12 лет). Цветет борщевик Сосновского один раз в жизни и после цветения в конце вегетации отмирает.

В первый год жизни борщевик Сосновского образует розетку из прикорневых листьев округлой формы на длинных черешках, а во второй и последующие годы листья становятся перисто-лопастными и могут достигать до 150 сантиметров длиной и 70 сантиметров шириной. Корневая система борщевика Сосновского стержневая, основная масса корней находится на глубине 30-50 сантиметров, отдельные корни достигают длины до 2 метров. Цветение наступает после второго года жизни при наступлении благоприятных условий. Растение образует толстый полый цветонос в диаметре до 15 сантиметров и высотой до 5 метров и более. Соцветие борщевика представляет собой сложный многолучевой зонтик, цветки - белого цвета, двудомные, насекомоопыляемые. Помимо перекрестного опыления, возможно самоопыление борщевика – изолированное растение может дать целую популяцию [7, 8].

Размножается борщевик Сосновского исключительно семенами. При этом одно растение образует несколько зонтиков и продуцирует более 20000 семян. Плод борщевика – двусемянка, распадающаяся при созревании на два семени. Строение плодов способствует их распространению при помощи ветра, дождевых и сточных вод, деятельности человека на расстояние до 2 километров. Образовавшиеся семена имеют недоразвитый эмбрион,

дозревание происходит в почве. Семена способны дозревать даже на зонтиках, срезанных в процессе борьбы с борщевиком. Осенью новые семена, как правило, не прорастают ввиду необходимости периода покоя. Жизнеспособность семян сохраняется до 5 лет. В почве средняя глубина залегания семян, благоприятная для появления всходов до 5 сантиметров. Семена содержат фитотоксины, поэтому, прорастая, они ингибируют рост других видов растений [7, 8].

Благодаря оригинальности внешнего вида и поражающих размеров, борщевик Сосновского изначально был ввезен с Кавказа как декоративное растение. В дальнейшем, сочетание таких качеств, как продуктивность, высокая кормовая ценность, зимостойкость и конкурентность способствовало селекции и использованию борщевика Сосновского в качестве силосной культуры. Основой микробиологических процессов при приготовлении качественного силоса является молочнокислое брожение, активность которого зависит от наличия в сырье достаточного количества углеводов. Из всех силосуемых культур, борщевик Сосновского является лидером по содержанию сахаров. Его силосование возможно проводить совместно с плохо силосуемыми культурами и соломой. В зеленой массе борщевика содержится большое количество полезных для животных питательных веществ – витаминов, аминокислот, микроэлементов. Поэтому, после 1947 года для улучшения кормовой базы сельскохозяйственных животных борщевик Сосновского рекомендовали к выращиванию. Наиболее активно размножали борщевик в Европейской части СССР – Северо-Западных областях, Коми АССР, Белорусской ССР, Литовской ССР, Латвийской ССР, Эстонской ССР. Был завезен борщевик Сосновского даже на остров Сахалин. Получил он распространение и в странах Восточной Европы. В каждом регионе имелись хозяйства, занимающиеся семеноводством борщевика Сосновского [7, 8].

Урожайность зеленой массы борщевика была много выше таковой для кукурузы. Многолетнее использование плантаций борщевика (отсутствие

ежегодных вспашек, внесения удобрений и прочих применяемых затратных агроприемов) и, следовательно, дешевизну его возделывания по сравнению с традиционными кормовыми культурами оценили многие животноводческие хозяйства [9].

Однако, при введении в культуру, ученые недостаточно уделили внимания токсическим свойствам борщевика Сосновского. В соке растения содержатся фурукумарины, обладающие фотодинамической активностью и резко повышающие чувствительность кожи к ультрафиолетовому излучению. После попадания сока борщевика на кожу человека под влиянием солнечного света возникают болезненные дерматиты по типу ожогов. Чувствительность кожи к ультрафиолету сохраняется в течение нескольких дней. В некоторых случаях сок растения может вызвать у человека токсическое отравление, пыльца цветов - аллергию.

Сельскохозяйственные животные самостоятельно употребляют борщевик в пищу, с удовольствием поедают силос. Однако токсическое воздействие борщевика на животных изучено недостаточно. Имеются сведения о выраженной эстрогенной активности фурукумаринов, вызывающих половые расстройства животных. При введении в рацион большого количества силоса с борщевиком, молоко приобретает горький привкус и запах эфирных масел.

В постсоветское время в связи с экономическими трудностями, вопросам возделывания борщевика Сосновского перестали уделять внимание. Биологические особенности борщевика и отсутствие ограничительных мер привели к его осеменению за пределы полей севооборотов. В короткие сроки в геометрической прогрессии он распространился на огромных площадях областей северо-запада и в других регионах Российской Федерации. Борщевик Сосновского произрастает на землях всех категорий: в населенных пунктах, на паевых землях, в полях севооборота, вдоль дорог и водоемов, на территориях предприятий, лесных опушках и просеках. В местах концентрации становится доминирующим видом растительного покрова,

приводит к массовому травматизму населения и представляет угрозу биологическому разнообразию природы.

По оценке ученых, это растение ежегодно может захватывать от 10 до 15% новых территорий. Распространение борщевика на территории снижает ценность земельных ресурсов и наносит вред окружающей среде.

Анализ текущей ситуации и прогноз дальнейшего распространения борщевика Сосновского показывает, что если проблему оставить без внимания, то через 5-7 лет до 40% земель в природных ландшафтах, а также 20% сельскохозяйственных земель может быть засорено борщевиком Сосновского. Поэтому, в настоящее время проблема борьбы с этим опасным видом сорняка приобретает особую актуальность.

В настоящее время борщевик Сосновского имеет статус сорного растения [7, 8]:

20.04.2012 – борщевик Сосновского выведен из Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, как утративший хозяйственную полезность;

01.01.2015 – семена и зеленая масса борщевика Сосновского исключены из Общероссийского классификатора продукции ОК 005-93;

11.2015 – в Отраслевой классификатор сорных растений № 384 021 310 внесено дополнение, согласно которому в него включен борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnovskyi* Manden): раздел «Двудольные многолетние корнестержневые», код 5500.

Исходя из вышеприведенного следует, что разработка технических средств и технологических приемов для борьбы с борщевиком, является актуальной задачей.

1.2 Цель, задачи и программа проведения исследований

Цель исследования – разработка технических средств и технологий для борьбы с борщевиком Сосновского.

Задачи, которые необходимо решить для достижения цели работы:

- разработка технических средств и технологии для поверхностной обработки растений борщевика;
- разработка технических средств и технологии для внутрипочвенной химической обработки растений борщевика.

Программа проведения исследований:

- на первом этапе – разработка технологической схемы стандового оборудования, в которой предусмотрены основные элементы оценочных показателей (давление в системе, приборное оборудование для его контроля, расходные характеристики системы, весовое оборудование);
- на втором этапе – реализация компоновочных схем и ее составляющих при разработке технических средств для поверхностной и внутрипочвенной химической обработки растений борщевика;
- на третьем этапе – полевые испытания оборудования с отработкой технологий поверхностной и внутрипочвенной химической обработки растений борщевика.

2 Биологические особенности борщевика Сосновского

Для ведения эффективной борьбы с борщевиком Сосновского необходимо знать его биологические особенности, обуславливающие его способности к массовому распространению.

Борщевик Сосновского очень крупное растение (до 3 м высотой), двулетник или многолетник; монокарпик, то есть цветет и плодоносит один раз в жизни, после чего отмирает. Семена борщевика прорастают с глубины не более 5 см, при весеннем прогреве почвы до 1 - 2 °С; массовые всходы сорняка (до нескольких сотен штук на 1 м²) появляются еще до прорастания любой другой растительности. Корневая система растения стержневая,

основная масса корней располагается в слое до 30 см, отдельные корни достигают глубины 2 м. Стебель одиночный, прямостоячий, толстый, полый, бороздчатый, сверху густо шероховато-опушенный. Соцветие представляет собой сложный многолучевой зонтик, а плод – дробную двусемянку, которая при созревании распадается на два плодика, называемых семенами [7, 9, 10, 11, 12, 13].

Борщевик Сосновского обладает высокой жизнеспособностью: всходы переносят заморозки до минус 10 °С, под глубоким снегом - до минус 35 - 45 °С, а также устойчивы к высоким температурам до +37 °С. Растение отличается быстрым ростом: через две - три недели после начала весеннего отрастания его высота достигает 25 - 40 см, а через 40 - 45 дней - более 1,5 м; длина листьев - до 1 м. Способность расти скученно позволяет растениям борщевика вытеснять другие виды в агрофитоценозе [11, 14, 15].

На одном растении сорняка формируется от 30 до 150 соцветий, на каждом созревает 20 - 80 тыс. семян. Такая большая плодовитость позволяет одному растению занимать большие площади. Борщевик размножается только семенами и не способен к вегетативному размножению. Прорастают не все семена сразу, за вегетационный период - 30 - 40 % от общего запаса в почве, но одновременно борщевик способен возобновляться из подземных почек, особенно после скашивания или механического повреждения.

Вегетация борщевика Сосновского начинается весной сразу после схода снега – до появления других растений, и он активно использует весеннюю влагу, отнимая жизненный ресурс у других растений. Быстрый рост, способность расти скученно, огромные листья, затеняющие почву и забирающие до 80% солнечного света, позволяют ему вытеснять аборигенные виды и препятствовать их возобновлению. Семена борщевика Сосновского завязываются путем перекрестного опыления: одно растение может дать начало новой популяции, поскольку продуктивность его чрезвычайно высока. В средней полосе России одно растение может производить до 40-50 тыс., а отдельные хорошо развитые экземпляры при благоприятных условиях – до

150 тыс. семян. Всхожесть семян высокая от 60 до 90%. Кроме того, семена и различные части растения выделяют биологически активные вещества, оказывающие выраженное ингибирующее воздействие на прорастание семян других видов растений [11, 16, 17].

Сорняк распространяется семенами с помощью ветра, воды, животных, птиц, транспорта и другими средствами. Семена могут сохраняться в почве более 5 лет. Борщевик содержит биологически активные вещества (фурокумарины и др.), угнетающие рост соседних двудольных растений. При этом за счет активных веществ борщевик защищен от растительноядных насекомых. Из-за высокой фитотоксичности борщевик стал непригоден для кормовых целей. Сок борщевика Сосновского содержит особые вещества - фурокумарины, которые растения накапливают на ворсинках и листьях. При попадании на кожу эти вещества, ослабляют ее устойчивость против ультрафиолетового излучения. После контакта с растением, особенно в солнечные дни, на коже может появиться сильный ожог 1 - 3 степени. Особая опасность заключается в том, что после прикосновения к растению поражение может проявиться не сразу, а через день-два. Сильные ожоги бывают очень болезненными и долго не заживают.

Это инвазивное растение обладает высокой экологической пластичностью, захватывает лучшие освещенные места и более плодородные почвы. Вытесняя естественную растительность, он полностью занимает территорию.

Биологические особенности борщевика, которые делают его трудноуязвимым: возможностью цвести и плодоносить множество раз за сезон (поликarpичностью) обладает около 2% популяции борщевика. Но этих 2% вполне достаточно для огромного преимущества перед другими растениями, учитывая его урожайность и способность вытеснять эндемики с их исконных мест обитания; его способность к партикуляции: достаточно оставить в почве часть корня с почкой – отрастает новое растение; семена даже скошенного растения вполне способны вызревать самостоятельно;

насекомые для оплодотворения борщевика не обязательны: у него высокая способность к самоопылению; большинство семян борщевика начинают прорастать ещё под снегом (высота снежного покрова в этот момент может достигать 1 м, а температура наружного воздуха – до -10°C), обеспечивая тем самым огромное конкурентное преимущество; семена способны распространяться на большие расстояния при помощи ветра, животных и человека. В первый год прорастает до 90% семян. На второй год прорастает от 30 до 60% не проросших в первый год семян. Некоторые плоды могут прорасти лишь через 5-6, в отдельных случаях даже через 12-15 лет; растения борщевика хорошо переносят заморозки и засуху; особенность популяции борщевика в том, что он легко и не прилагая никаких усилий полностью вытесняет другие виды растений. У него огромная плотность прорастания семян (несколько тысяч на 1 кв. м) [7, 11].

Борьба с ядовитым борщевиком затрудняется его токсичностью. К тому же растение не только чрезвычайно устойчиво к различным химикатам, но даже способно адаптироваться к ним. Если вовремя не уничтожить скошенную траву с незрелыми семенами, то они дозревают самостоятельно, обсыпаются и прорастают [7, 11].

Опасен борщевик и для других растений. Выделяя токсичные вещества, в том числе в почву, он таким образом препятствует прорастанию семян других растений, обеспечивая всхожесть собственных. Огромные листья борщевика улавливают до 80% света, создавая тень и таким образом подавляя существование растений-конкурентов. Большое количество семян, высокий процент прорастания и сохранение их всхожести в течение 2-3 лет также способствуют быстрому распространению борщевика [7, 11, 18, 19, 20].

Опасная особенность плодов борщевика – наличие на семенах выростов, или «крыльев», которые значительно повышают их летучесть и способствуют активному распространению. Потому ветер – главный помощник для захватывания борщевиками новых территорий.

У борщевика формирование семян зависит от многих факторов. Среди них наиболее важными являются: условия жизни и роста, водного обеспечения материнского растения; наличие и активность опылителей в период цветения; особенность климатических условий при цветении и формировании плодов; обеспеченность элементами питания в разные периоды формирования плодов; степень вызревания плодов на материнском растении; наличие благоприятных условий для роста и развития сеянцев из созревших и осыпавшихся семян.

В современных условиях для снижения вредоносности борщевика Сосновского особое значение приобретает комплекс защитных мероприятий. Реализация комплекса включает проведение агротехнических, механических и химических мероприятий, которые прошли проверку в полевых условиях и показали свою эффективность [7, 11, 21, 22].

Каждый из предложенных методов имеет свои ограничения по применению на территориях различного применения. На каждой категории земель возможно проведение гербицидной обработки при условии, что применение гербицидов будет проводиться при строгом соблюдении регламентов применения. На территориях населенных пунктов эффективным является регулярное скашивание, выкапывание растений борщевика. На землях сельскохозяйственного назначения - вспашка, дискование территорий засоренных борщевиком с последующим посевом замещающей культуры. На территориях отвода дорог эффективным будет скашивание растений борщевика или обработка гербицидами.

Обязательным этапом планирования защитных мероприятий на значительной по площади территории является мониторинг засоренных участков с последующим составлением карты-схемы засоренности. Для этого применяется маршрутный метод учета с использованием карт соответствующего масштаба. Картирование позволит подобрать оптимальное сочетание методов, с учетом указанных ранее критериев [7, 11, 21, 22].

В настоящее время наиболее перспективным и высокоэффективным способом защиты от нежелательной сорной растительности является химический метод. Применение гербицидов позволит существенно сократить площади, засоренные растениями борщевика, и предотвратить распространение сорняка на новые территории [7, 11, 21, 22].

Для эффективного применения гербицидов большое значение имеет соблюдение регламентов применения. Снижение нормы расхода влечет за собой снижение эффективности и способствует накоплению устойчивых к гербициду видов сорняков, а превышение нормы расхода несет лишнюю токсическую нагрузку на агроландшафт. Расход рабочей жидкости зависит от свойств гербицида, применяемой опрыскивающей аппаратуры, фазы развития и густоты стояния борщевика. Оптимальная норма расхода гербицида определяется степенью засоренности участка и фазой развития сорняка, а также погодными и почвенными условиями. Применение гербицидов возможно в разные фазы развития борщевика, вплоть до цветения. Оптимальные сроки для проведения обработки - конец мая, начало июня, при отрастании растений борщевика на 10-20 см.

Целью обработки является полное уничтожение вегетативной массы и предупреждение плодоношения растений борщевика. Проведение работ в указанные сроки упростит применение ручных и механизированных способов внесения гербицидов и позволит снизить риск получения ожогов.

При массовом применении гербицидов для уничтожения борщевика следует принимать меры предосторожности для предотвращения попадания рабочего раствора на соседние с засоренными участками растительные сообщества. С особой осторожностью применяются гербициды на территории населенных пунктов.

Основным требованием химической обработки является равномерное распределение препарата по обрабатываемой площади. Для достижения высокой эффективности и экологической безопасности гербицида опрыскивание необходимо проводить при благоприятных метеоусловиях, в

теплую безветренную погоду, при скорости ветра не более 4 м/с, при отсутствии осадков. Обработку необходимо проводить не ранее, чем за три-четыре часа перед дождем, а также через четыре часа после дождя.

Биологические особенности борщевика исключают возможность его полного уничтожения в результате однократного применения гербицидов. После первой обработки и уничтожения вегетативной массы на этой же площади необходимо проведение повторной обработки для уничтожения всходов борщевика.

В настоящее время основным технологическим приемом в борьбе с борщевиком является химическая обработка участков, заросших сорняком.

При этом, в качестве технических средств при обработке борщевика применяют полуприцепные (рисунок 1) и навесные (рисунок 2) вентиляторные тракторные опрыскиватели и опрыскиватели с боковым дутьем (рисунок 3).



Рисунок 1 – Полуприцепной тракторный опрыскиватель с вентилятором бокового дутья



Рисунок 2 – Навесной тракторный опрыскиватель с осевым вентилятором



Рисунок 3 – Полуприцепной тракторный опрыскиватель с вентилятором бокового дутья в работе на обработке растений борщевика

Данные технические средства, обладая высокой производительностью, эффективно используются на обширных площадях при обработке сельхозугодий, придорожных участках, не прилегающих к лесному массиву.

Применение же этих технических средств в населенных пунктах, участках, примыкающих к лесному массиву, неудобьях крайне ограничено из-за высокой токсичности применяемых гербицидов.

Поэтому разработка технологии с техническими средствами, обеспечивающими эффективную борьбу с борщевиком на ограниченных площадях является актуальной задачей.

3 Разработка технических средств для борьбы с борщевиком Сосновского

3.1 Технологический стенд для определения расходных характеристик рабочих органов технических средств для борьбы с борщевиком Сосновского

Для определения расходных характеристик основных рабочих органов создаваемых технических средств (брандспойтов и гидробура), был разработан специальный стенд, технологическая схема которого представлена на рисунке 4. Рабочее давление в системе устанавливалось регулятором-распределителем при визуальном контроле с использованием манометра. Расход воды через брандспойты определялся весовым методом с помощью пластиковой емкости и весов. Расход в магистралях стендового оборудования регулировался подбором сменных наконечников в гидробуре и сменными распылителями в брандспойте.

Далее, через приемник расходомера 10 и расходомер 9, лабораторные емкости 11 и весы 12 определялись объемные характеристики системы (рисунок 4).

При форме факела распыла брандспойта, в виде полого конуса, происходит распыл на мелкие капли, дальность полета которых не превышает 5,2 м, а угол факела распыла возрастает до 60° (при максимальном давлении 60 бар и отверстии распылителя диаметром 3,5 мм). В таблице 1 показан расход, дальноточность и угол факела распыла ручных брандспойтов при использовании распылителей с отверстиями диаметром 1,5; 2,0; 2,3; 2,5; 3,0 и 3,5 мм при давлении 15; 25; 35; 40; 45; 50 и 60 бар.

Результаты стендовых исследований были использованы при разработке параметров и режимов работы комплектов оборудования для сплошной поверхностной и внутрпочвенной обработки борщевика.

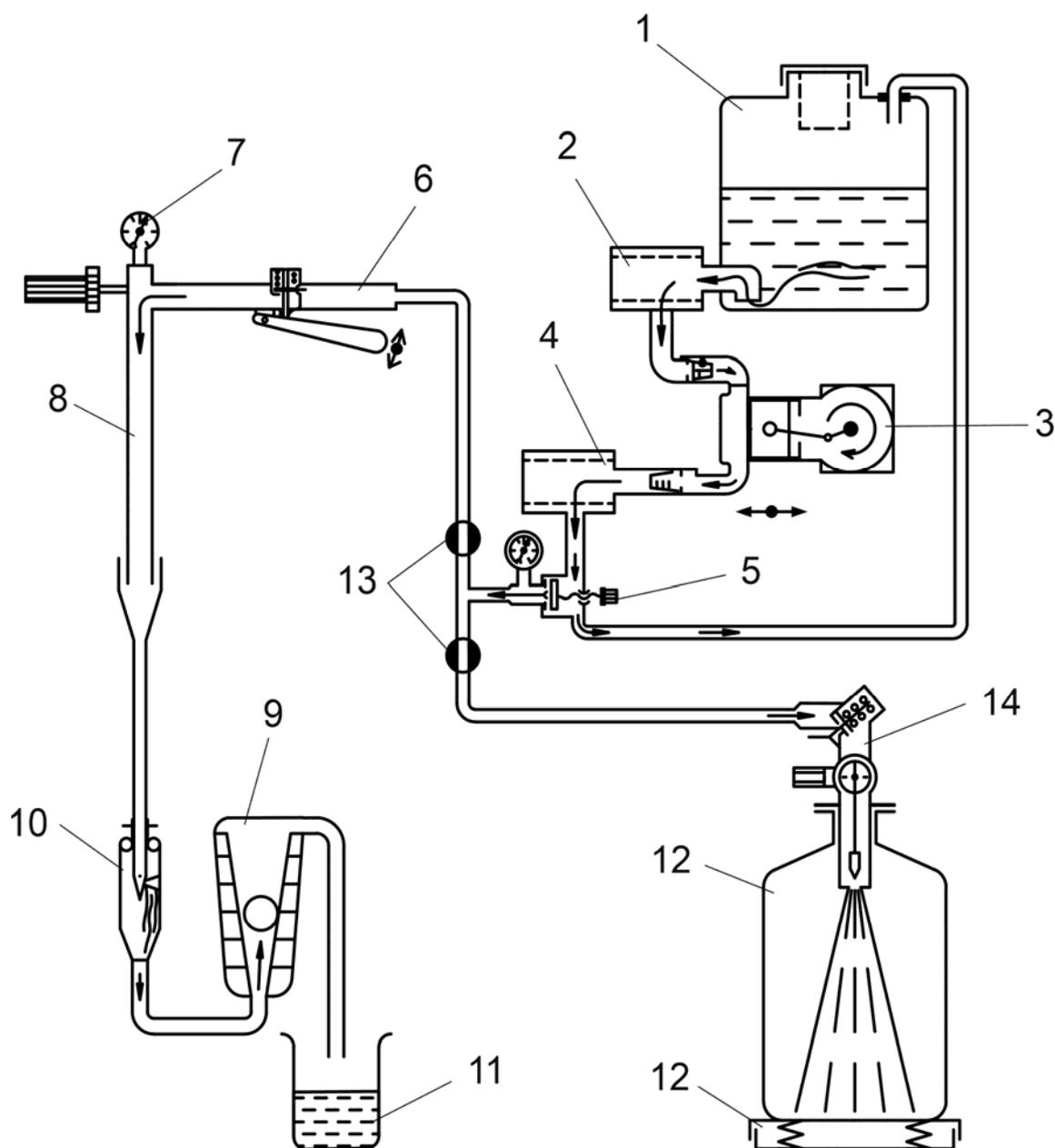


Рисунок 4 – Схема технологическая стенда для определения расходных характеристик рабочих органов (гидробура и брандспойтов):
 1 – емкость; 2 – фильтр всасывающий; 3 – насос диафрагменный с электроприводом; 4 – фильтр напорный; 5 – регулятор давления;
 6 – рукоятка входная гидробура; 7 – манометр; 8 – ствол гидробура со сменным наконечником; 9 – расходомер; 10 – приемник расходомера;
 11 – емкости лабораторные; 12 – весы лабораторные; 13 – краны шаровые;
 14 – ручной брандспойт

Таблица 1 – Показатели расхода, дальнотойности и угла факела распыла брандспойта с полым конусом при установке распылителей диаметром 1,5-3,5 мм и давлении 15-60 бар

| Диаметр отверстия распылителя, мм | Давление, бар | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 15 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| | Расход л/мин | | | | | | |
| 1,5 | 4,6 | 5,7 | 6,60 | 6,90 | 7,30 | 7,70 | 8,30 |
| 2,0 | 6,90 | 8,10 | 10,20 | 10,90 | 11,70 | 12,50 | 13,50 |
| 2,3 | 8,10 | 10,20 | 12,90 | 13,70 | 14,30 | 14,90 | 15,40 |
| 2,5 | 9,20 | 11,40 | 14,00 | 14,50 | 15,40 | 16,40 | 18,20 |
| 3,0 | 11,50 | 14,40 | 18,00 | 18,80 | 19,60 | 20,90 | 22,80 |
| 3,5 | 13,10 | 16,80 | 20,00 | 21,40 | 23,00 | 24,50 | 27,50 |
| Угол факела распыла | | | | | | | |
| 1,5 | 18° | 28° | 28° | 28° | 30° | 30° | 30° |
| 2,0 | 30° | 32° | 35° | 35° | 35° | 37° | 37° |
| 2,3 | 40° | 40° | 42° | 42° | 45° | 45° | 45° |
| 2,5 | 42° | 42° | 45° | 45° | 50° | 50° | 50° |
| 3,0 | 48° | 48° | 52° | 52° | 55° | 55° | 55° |
| 3,5 | 55° | 55° | 60° | 60° | 60° | 60° | 60° |
| Дальнотойность факела распыла, м | | | | | | | |
| 1,2 | 3,00 | 3,20 | 3,40 | 3,50 | 3,60 | 3,80 | 4,00 |
| 2,0 | 3,50 | 3,80 | 4,0 | 4,30 | 4,60 | 4,80 | 5,10 |
| 2,3 | 3,70 | 4,00 | 4,50 | 4,80 | 5,10 | 5,55 | 5,80 |
| 2,5 | 3,60 | 3,80 | 4,00 | 4,50 | 4,80 | 5,0 | 5,20 |
| 3,0 | 3,80 | 4,00 | 4,20 | 4,50 | 4,80 | 5,0 | 5,20 |
| 3,5 | 3,80 | 4,00 | 4,20 | 4,50 | 4,80 | 5,0 | 5,20 |

Используя данные по минутному расходу рабочей жидкости и дальнотойности факела распыла при проведении полевых исследований рассчитывали норму вылива химического препарата на единицу обрабатываемой площади.

Расход через сменные сопла гидробура измерялся с помощью специального расходомера фирмы ARAG (рисунок 5). Применение расходомера было обусловлено малыми расходами рабочей жидкости через выходные отверстия наконечников гидробура. Использование расходомера позволяло определять минутный расход и проводить корректировку давления рабочей жидкости в системе.



Рисунок 5 – Гидробур с расходомером фирмы ARAG

Результаты натурального измерения расхода жижкости, при ее проливке через наконечники гидробура с соплами разного диаметра и при различном давлении представлены на рисунке 6.

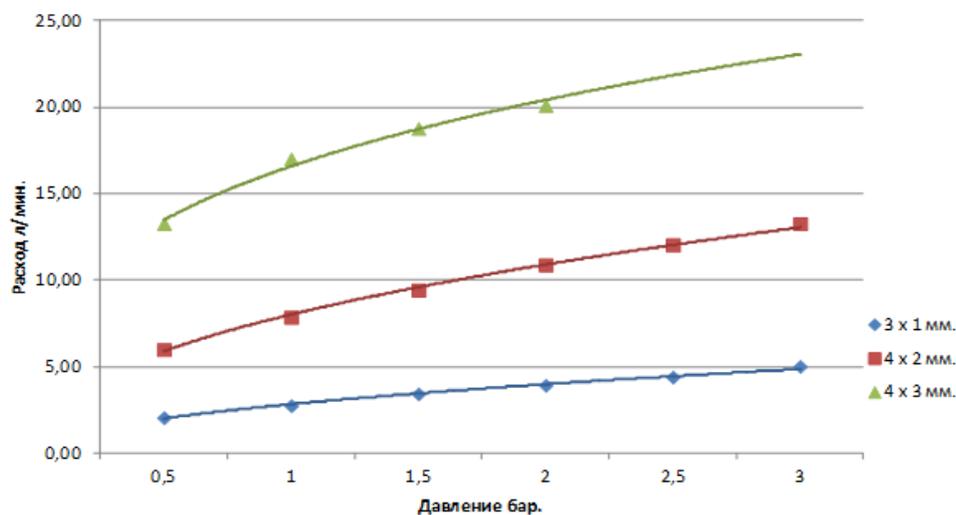


Рисунок 6 – Зависимость расхода жидкости наконечником гидробура от диаметра отверстий сопла и давления

На основе экспериментальных данных и проведенных расчетов составлены уравнения расхода воды в зависимости от диаметра сопла при соответствующем давлении в системе:

$$\begin{aligned}
 0,5 \text{ бар} & - Mв = 0,31 e^{0,79d} \\
 1 \text{ бар} & - Mв = 0,42 e^{0,768d} \\
 1,5 \text{ бар} & - Mв = 0,567 e^{0,707d} \\
 2 \text{ бар} & - Mв = 0,68 e^{0,67d}
 \end{aligned}$$

где: Mв – расход воды, d – диаметр сопла мм.

Рассчитанные по этим формулам значения расхода жидкости в зависимости от диаметра отверстия сопла для ряда постоянных значений давления представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расход жидкости гидробуром в зависимости от размера сопла и давления в системе

| Диаметр отверстия сопла, мм | Расход жидкости (л/мин.) при её давлении в гидробуре (бар) | | | |
|-----------------------------|--|------|------|------|
| | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 |
| 0,5 | 0,46 | 0,62 | 0,81 | 0,95 |
| 0,8 | 0,58 | 0,78 | 1,00 | 1,17 |
| 1 | 0,68 | 0,91 | 1,15 | 1,33 |
| 1,5 | 1,01 | 1,34 | 1,64 | 1,87 |
| 2 | 1,50 | 1,97 | 2,33 | 2,61 |
| 2,5 | 2,23 | 2,89 | 3,32 | 3,66 |
| 3 | 3,31 | 4,25 | 4,72 | 5,13 |
| 3,5 | 4,92 | 6,23 | 6,72 | 7,18 |

Уравнения расхода жидкости в зависимости от диаметра сопла при различном давлении и данные таблицы 3 использовались для выбора технических параметров наконечников гидробура и режима работы оборудования при проведении полевых исследований.

3.2 Технические средства для поверхностной химической обработки растений борщевика

В рамках реализации поставленной задачи была разработана принципиальная схема и изготовлен комплект оборудования для сплошной поверхностной обработки борщевика с использованием ручных брандспойтов различной конструкции (рисунки 7-9). В соответствии с технологической схемой комплекта оборудования рабочий раствор готовится в емкости 1 (рисунок 7). Для поддержания постоянной концентрации в ней установлена гидравлическая мешалка инжекторного типа 2, а для поддержания постоянства расхода – заборное устройство 10. При открытии шарового крана 11, рабочая жидкость попадает во всасывающий фильтр 9, предохраняющий насос и последующие узлы от попадания твердых частиц. Насос 12 создает давление и подает рабочую жидкость к регулятору-распределителю 4 со встроенным напорным фильтром тонкой очистки и манометром. Регулятор обеспечивает настройку и поддержание требуемого расхода рабочей жидкости по двум каналам и подающим шлангам 6 к ручным брандспойтам 7 и 8. При этом рабочие шланги монтируются на специальные барабаны 5, обеспечивающие непрерывную подачу рабочей жидкости при их вращении.

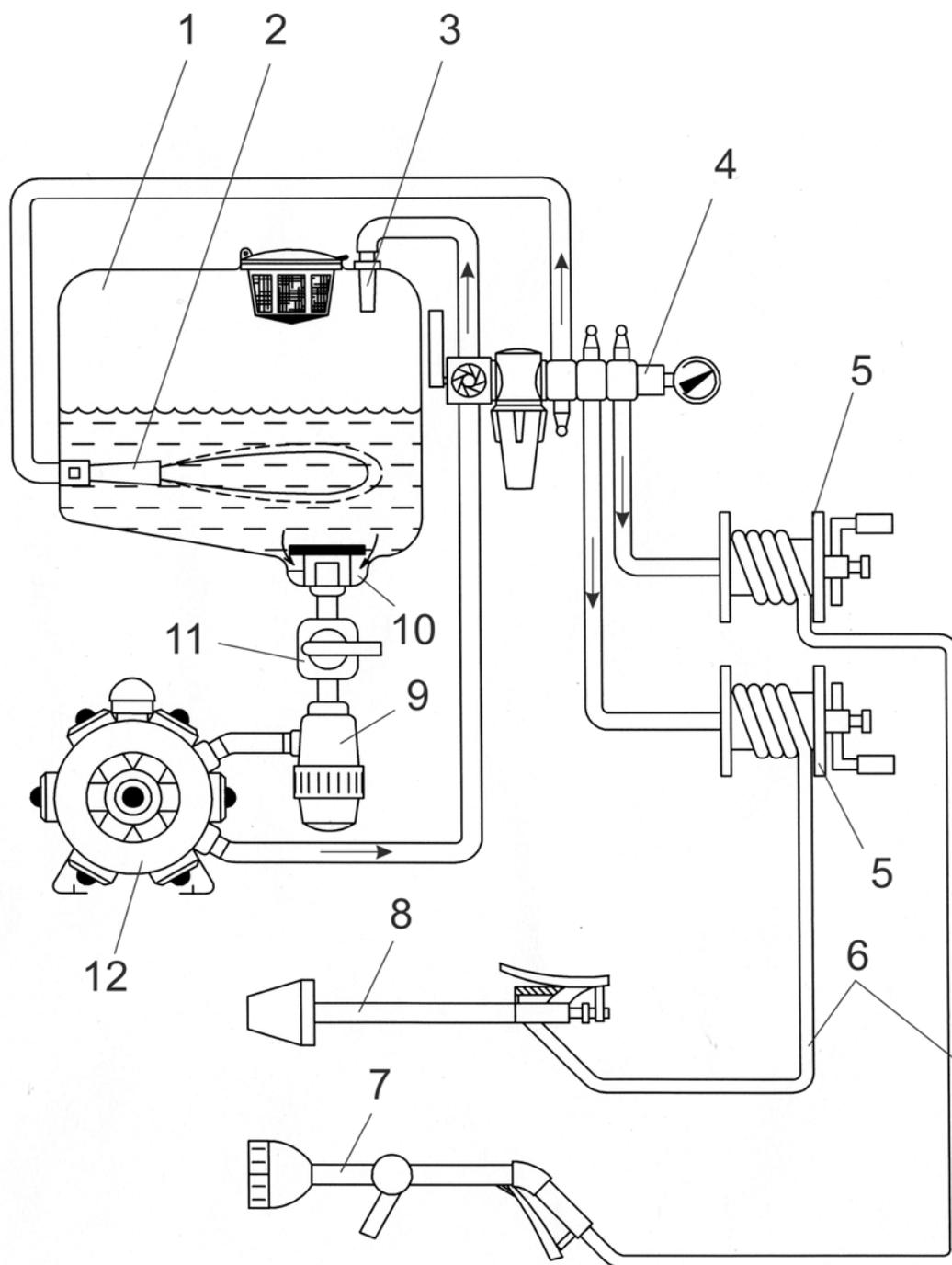


Рисунок 7 – Схема гидравлическая принципиальная комплекта технологического оборудования для сплошной поверхностной обработки борцевики Сосновского ручными брандспойтами:
 1 – емкость; 2 – гидромешалка; 3 – гидросброс;
 4 – регулятор-распределитель; 5 – барабаны для намотки шлангов;
 6 – шланги напорные; 7 – брандспойт с регулируемой струей;
 8 – брандспойт-удочка; 9 – фильтр всасывающий; 10 – устройство заборное антивороночное; 11 – кран шаровой; 12 – насос

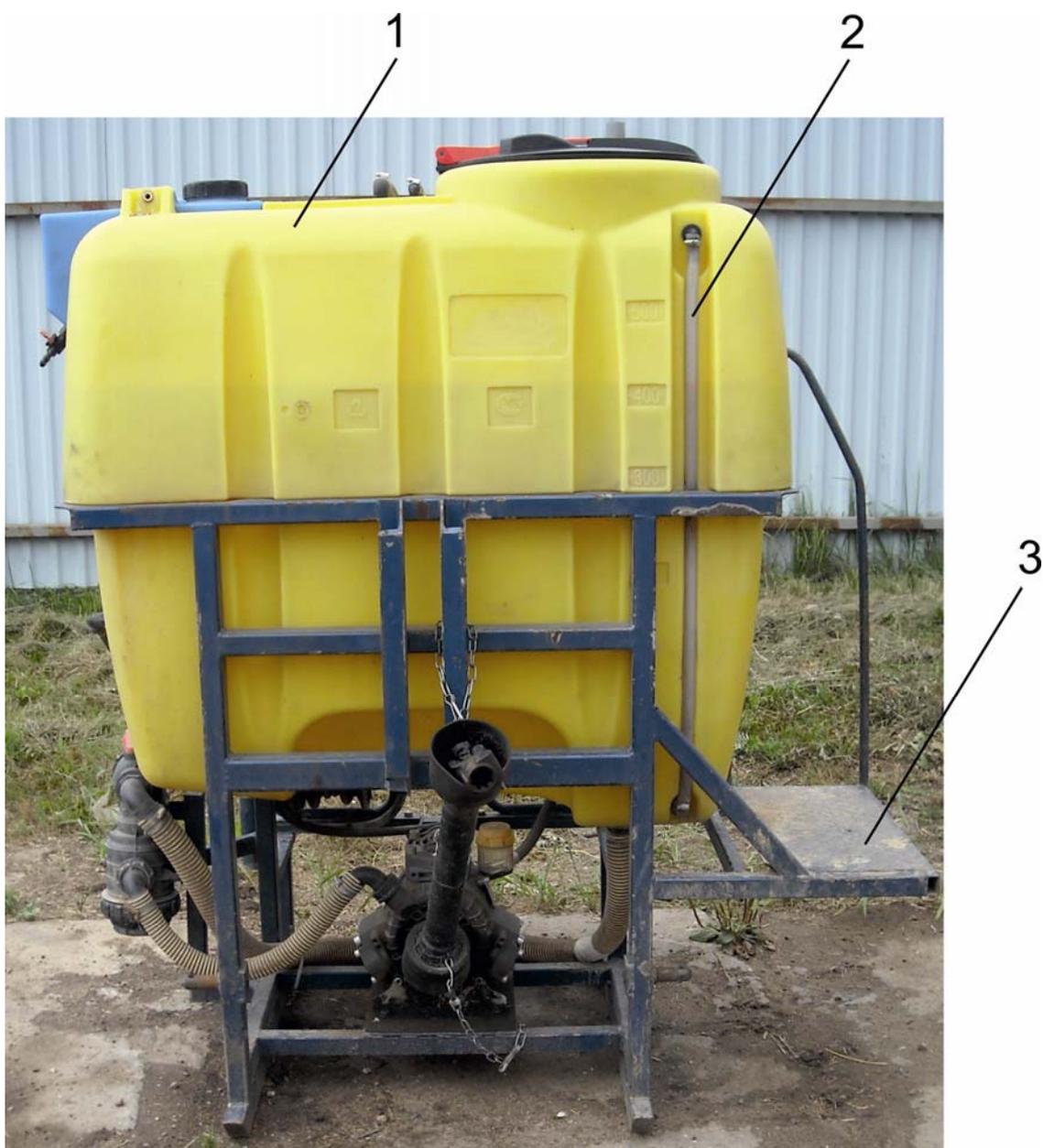


Рисунок 8 – Мобильный комплект оборудования для поверхностной химической обработки борщевика с использованием ручных брандспойтов (вид спереди):

- 1 – емкость для рабочего раствора; 2 – указатель уровня;
3 – технологическая площадка*

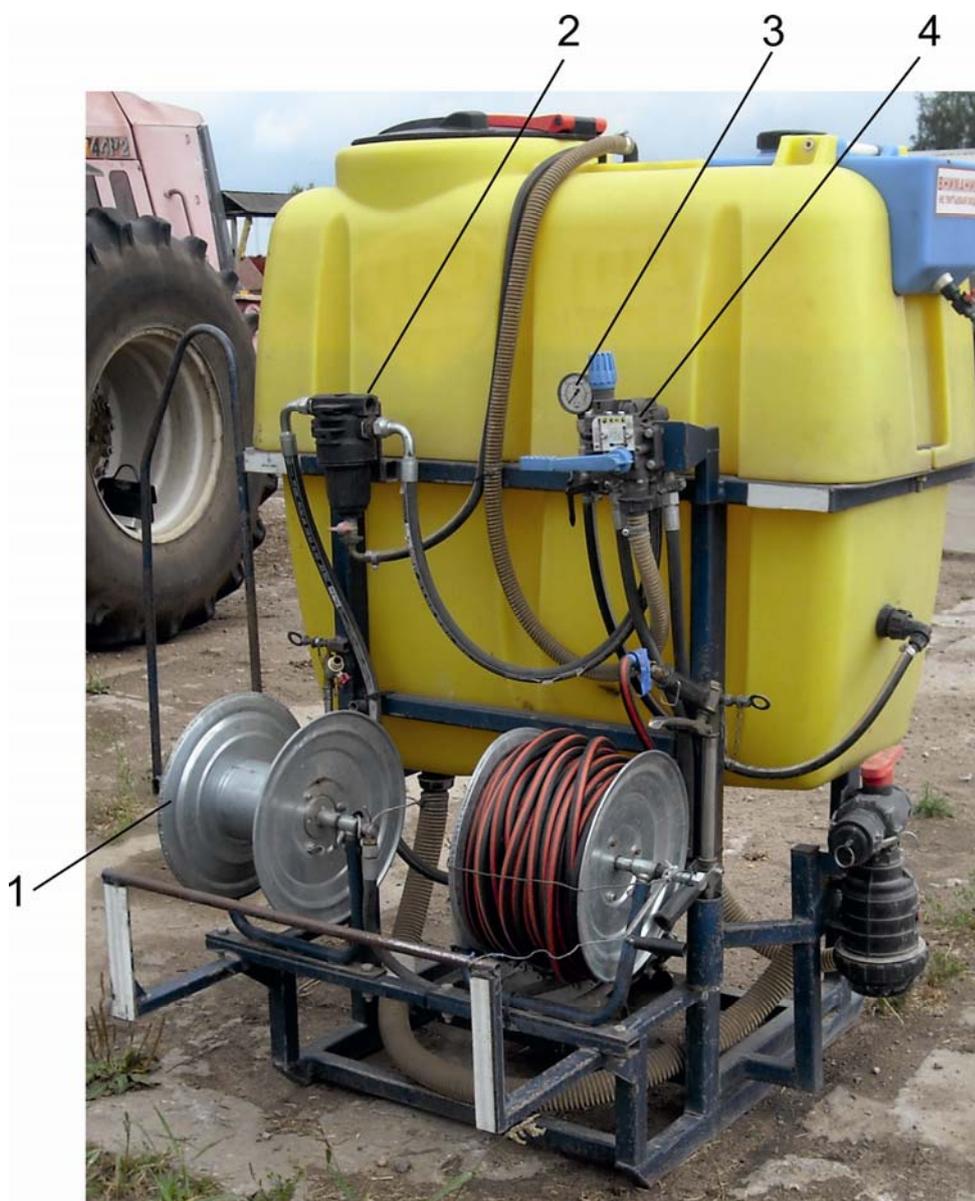


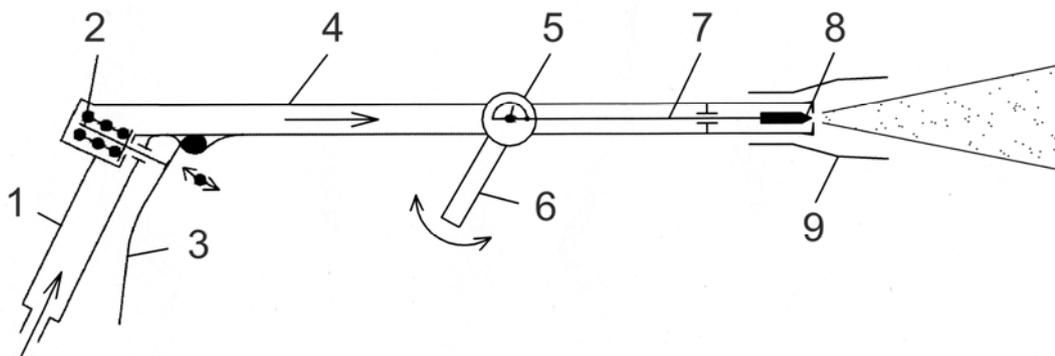
Рисунок 9 – Мобильный комплект оборудования для поверхностной химической обработки борщевика с использованием ручных брандспойтов (вид сзади):

1 – барабаны для намотки шлангов; 2 – фильтр тонкой очистки; 3 – манометр; 4 – регулятор-распределитель

Были разработаны и использовались при проведении исследований две конструкции ручных брандспойтов: брандспойт с регулируемой струей (рисунок 10) и брандспойт-удочка (рисунок 11).



а)



б)



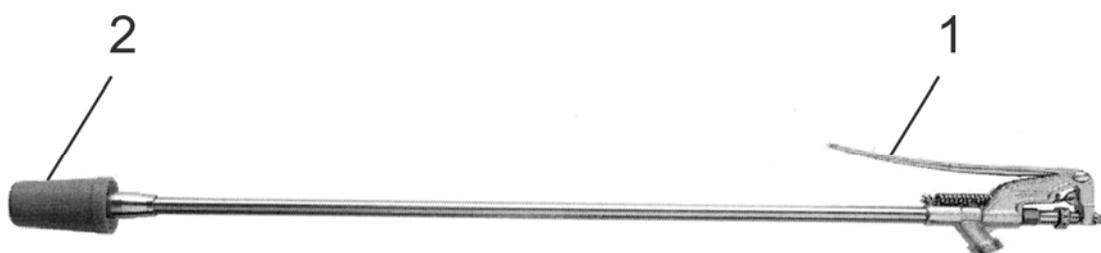
в)

Рисунок 10 – Общий вид (а), технологическая схема (б) и рабочие органы (в) ручного брандспойта с регулируемой струей:

1 – рукоятка входная; 2 – клапан открытия-закрытия; 3 – рычаг включения;
 4 – рабочий ствол; 5 – механизм регулирования струи;
 6 – рычаг поворотный регулирования струи; 7 – наконечник рабочего
 ствола; 8 – распылитель сменный; 9 – кожух



а)



б)



в)

*Рисунок 11 – Брандспойт-удочка:
а – общий вид брандспойта-удочки; б – схема брандспойта-удочки; в –
рабочие органы;
1 – рукоятка входная с краном; 2 – наконечник*

3.3 Технические средства для внутрипочвенной (корневой) химической обработки растений борщевика

Современные методы борьбы с борщевиком основаны на поверхностной (листовой) обработке растений и исключают применение химических методов борьбы в населенных пунктах, садовых участках и др.

Это объясняется негативными факторами воздействия на человека химических препаратов, используемых при поверхностной обработке растений. Предлагаемая технология борьбы с борщевиком основана на внутрипочвенной обработке корневой части растений с использованием гидробура, который представляет собой техническое средство, обеспечивающее локальную подачу химического раствора к корневой части растений.

Технологическая схема и общий технологического оборудования для внутрипочвенной борьбы с борщевиком представлены на рисунках 12 и 13 соответственно.

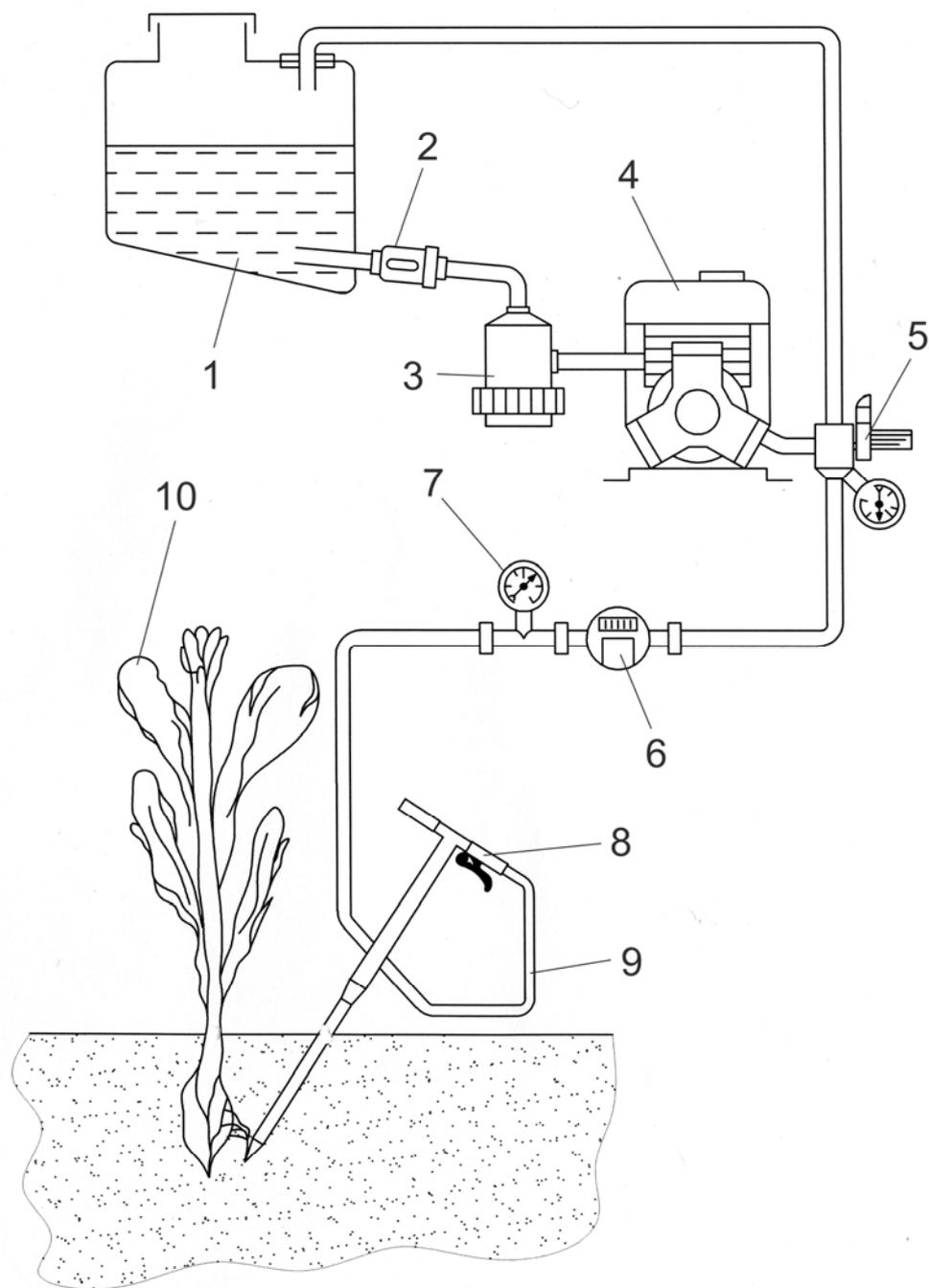


Рисунок 12 – Схема гидравлическая принципиальная технологического комплекта оборудования для внутривидовой борьбы с борщевиком Сосновского:

- 1 – емкость; 2 – кран шаровой; 3 – фильтр всасывающий; 4 – насос с приводом от автономного двигателя внутреннего сгорания; 5 – регулятор давления; 6 – расходомер; 7 – манометр контрольный; 8 – гидробур; 9 – шланг напорный; 10 – растение борщевика*



*Рисунок 13 – Общий вид технологического оборудования для внутрипочвенной (корневой) химической обработки растений борщевика:
1 – емкость; 2 – манометр; 3 – фильтр; 4 – насос для подачи рабочей жидкости в гидробур; 5 – гидробур; 6 – гидравлический шланг*

Технологический процесс внутрипочвенной обработки корневой части растений заключался в следующем.

Подготовленный в баке 1, рабочий раствор через всасывающий фильтр 3, насосом 4, с приводом от автономного двигателя внутреннего сгорания, подается в регулятор давления 5. Далее через расходомер 6, и контрольный манометр 7, рабочий раствор напорным шлангом 9 доставляется к гидробуру 8.

Технологическая схема и общий вид гидробура представлены на рисунках 14 и 15 соответственно. При включении гидробура раствор размывает почву и при нажатии на рукоятку гидробур углубляется в почву. Глубина погружения гидробура в почву лимитирована ограничителем. Ограничитель глубины может быть установлен на требуемую высоту вдоль всей длины ствола. Сменные наконечники различаются диаметром отверстий

и их количеством. Выбор того или иного наконечника обусловлен планируемым расходом подаваемой жидкости и давлением в системе. Принцип работы гидробура основан не на вращении рабочего органа и разрушении грунта, а на его размывании.

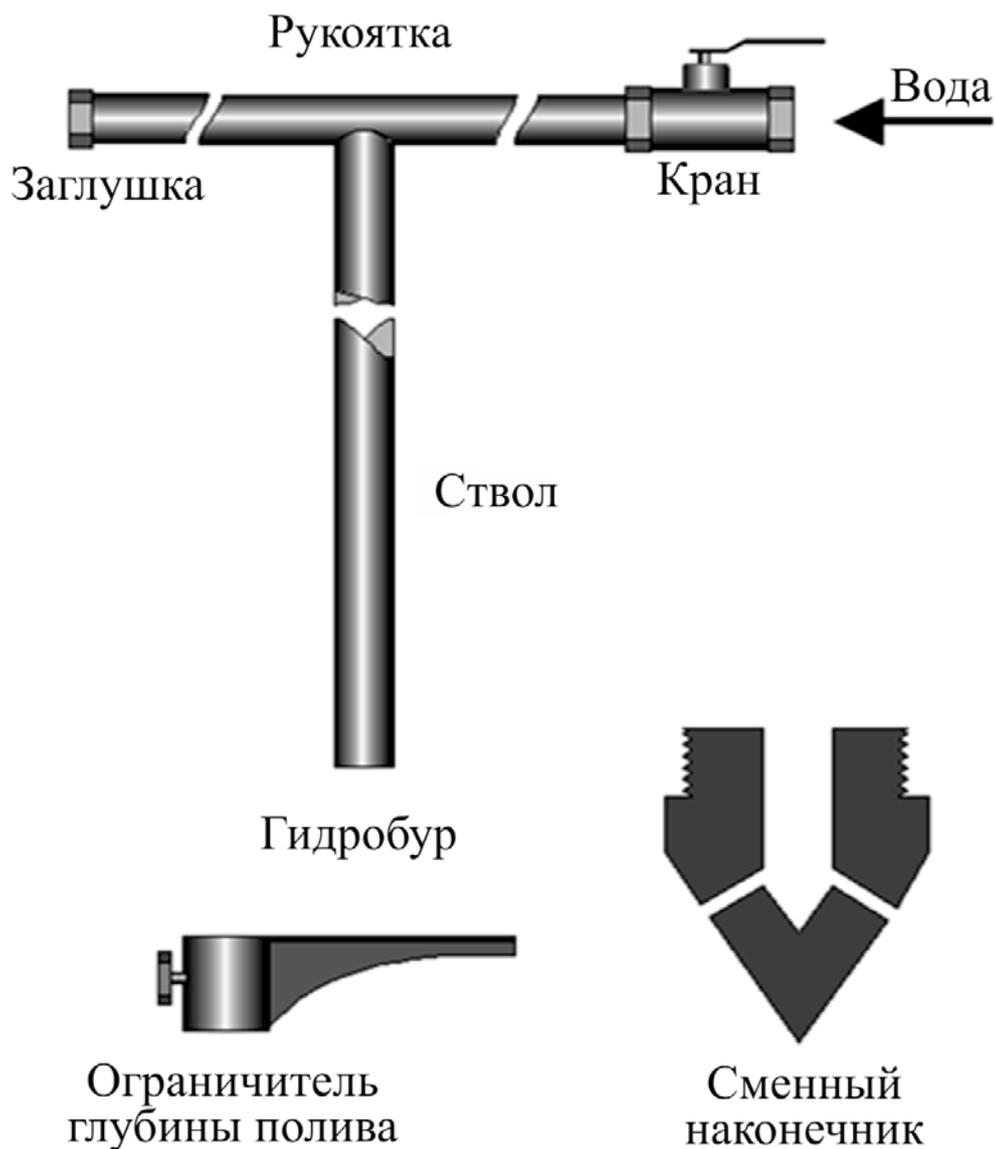


Рисунок 14 – Технологическая схема гидробура



Рисунок 15 – Общий вид гидробура

4 Технологии борьбы с борщевиком Сосновского

Объектами исследований служили полосы отвода автодорог и участки, примыкающие к лесным массивам. При этом учитывались сроки применения гербицидов с начала отрастания борщевика и до начала цветения, поскольку в другие периоды роста сорняка обработка не будет давать значительного эффекта.

4.1 Поверхностная химическая обработка растений борщевика

При определении норм расхода применяемых для обработки гербицидов учитывалась фаза развития борщевика. При высоте растений 15-35 см применялись средние нормы расхода препаратов, а с увеличением биологической массы сорняка (0,5-1,5 м) придерживались максимальных допустимых норм. Максимальный эффект достигался путем двукратной обработки с перерывами 20-25 дней (по мере отрастания или появления новых всходов).

При поверхностной обработке борщевика гербицидами важно было учитывать, чтобы препарат попадал не только на листовую поверхность, но и стекал бы по черешкам в листовую розетку и достаточно обильно смачивал генеративный побег и соцветия растения. При таком подходе к обработке обеспечивается смачивание 70-80% листовой поверхности.

Для обеспечения высокой эффективности обработки и соблюдения экологических норм учитывались метеорологические условия: скорость ветра не превышала 5 м/с, температура – 20...25°C. Рабочий раствор гербицидов готовился непосредственно в баке опрыскивателя с использованием предусмотренной в конструкции машины гидромешалки.

Осуществлялся постоянный контроль качества выполняемых работ на всех его этапах. Контрольное обследование проводилось с помощью постоянного наблюдения за правильностью внесения гербицидов и периодическим осмотром обработанных участков для оценки эффективности проведенных обработок. На 30 и 60 сутки после гербицидной обработки

отмечали состояние растений, отсутствие или наличие новых всходов борщевика Сосновского.

В результате качественной обработки участка через 30 суток на всех обработанных растениях должны наблюдаться симптомы действия гербицида (пожелтение и интенсивное разложение надземной части). В этот период возможно появление новых всходов растений борщевика Сосновского из семенного запаса почвы.

Для борьбы с борщевиком Сосновского на землях несельскохозяйственного назначения (охранные зоны линий электропередач и просеки, трассы газо- и нефтепроводов, насыпи и полосы отчуждения железных и шоссейных дорог, аэродромы и другие промышленные территории) применяются сплошные (уничтожающие все виды растений) гербициды почвенного и системного действия [23].

С учетом вышеизложенного, по рекомендации специалистов и в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» по состоянию на 1 апреля 2021 г. на землях несельскохозяйственного назначения (охранные зоны линий электропередач и просеки, трассы газо- и нефтепроводов, насыпи и полосы отчуждения железных и шоссейных дорог, аэродромы и др. промышленные территории) в настоящих исследованиях для поверхностной обработки борщевика применялся препарат Анкор-85, ВДГ.

Нормы применения препарата использовались в соответствии с действующим регламентом, который приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Регламент применения препарата Анкор-5, ВДГ [24]

| Название, препаративная форма, содержание д.в., регистрант, классы опасности, номер государственной регистрации, ограничения, дата окончания срока регистрации (число, месяц, год) | Норма применения препарата (л/га, кг/га, л/т, кг/т) | Культура, обрабатываемый объект | Вредный объект | Способ, время обработки, особенности применения | Срок ожидания (кратность обработок) | Сроки выхода для ручных (механизированных) работ |
|--|---|---|--|---|-------------------------------------|--|
| Анкор-85, ВДГ (750 г/кг) ООО «ГЕРБИЦИД ПЕРВЫЙ» 3/3 111-03-2523-1 06.02.2030 | 120-240 | Земли несельскохозяйственного назначения (насыпи и полосы отчуждения железнодорожных и шоссейных дорог, промышленные территории, охранные зоны линий электропередач, площадки опор линий электропередач, объекты электростанций и подстанций; трассы газо- и нефтепроводов, обочины и насыпи автомобильных дорог, аэродромы, контрольно-следовые полосы и другие промышленные территории) | Однолетние и многолетние однодольные и двудольные нежелательные травянистые растения (за исключением относительно устойчивых <i>вейника, тростника, осоки, лопуха, костяники, подмаренника</i>) | Опрыскивание вегетирующей нежелательной травянистой растительности. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | -(1) | -(-) |
| | 240-350 | | Относительно устойчивые однолетние и многолетние однодольные и двудольные нежелательные травянистые растения (<i>вейник, тростник, осока, лопух, костяника, подмаренник</i>) | | | |
| | 25-50 | | Дикорастущие незаконные заросли конопли | Опрыскивание вегетирующих растений конопли от всходов до фазы 10-12 листьев. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 25-50 | | Дикорастущие незаконные заросли мака | Опрыскивание вегетирующих растений мака от всходов до фазы бутонизации. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 120-240 | | <i>Борщевик Сосновского</i> | Опрыскивание вегетирующих разновозрастных растений <i>борщевика Сосновского</i> высотой от 20-30 см до фазы бутонизации. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |

| | | | | | | |
|--|---------|---|---|--|--|--|
| | 120-240 | Посевы и посадки кедра сибирского и корейского | Однолетние и многолетние однодольные и двудольные сорные растения (за исключением относительно устойчивых <i>вейника, тростника, осоки, лопуха, костяники, подмаренника</i>) | Опрыскивание вегетирующих сорных растений вне зависимости от фазы роста культуры. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 240-350 | | Относительно устойчивые однолетние и многолетние однодольные и двудольные сорные растения (<i>вейник, тростник, осока, лопух, костяника, подмаренник</i>) | Опрыскивание вегетирующих сорных растений вне зависимости от фазы роста культуры. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 20-30 | Посевы сосны и ели первого года выращивания в питомниках | Однолетние и некоторые многолетние двудольные и злаковые сорные растения | Опрыскивание вегетирующих сорных растений в период после окончания роста сосны и ели. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 30-50 | Посевы второго-третьего года выращивания сосны и ели в питомниках | Однолетние и некоторые многолетние двудольные и злаковые сорные растения | Опрыскивание вегетирующих сорных растений в период до начала или после окончания роста сосны и ели. Не применять в последний год выращивания культур или содержать площадь под черным паром в течение года после выкопки сосны и ели. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 150-200 | Плانتации и другие посадки сосны | Однолетние и многолетние однодольные и двудольные нежелательные травянистые растения | Опрыскивание вегетирующей нежелательной травянистой растительности в период до начала или после окончания роста сосны. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
| | 100-150 | Плانتации и другие посадки ели | Однолетние и многолетние однодольные и двудольные нежелательные травянистые растения | Опрыскивание вегетирующей нежелательной травянистой растительности в период после окончания роста ели. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |

| | | | | | | |
|--|---------|--|--|---|--|--|
| | 100-200 | Площади под плантации и другие посадки сосны и ели или в целях содействия их естественному возобновлению | Однолетние и многолетние однодольные и двудольные нежелательные травянистые растения | Опрыскивание вегетирующей нежелательной травянистой растительности. Посадка сеянцев сосны и ели с закрытой корневой системой через 35-40 дней после опрыскивания или позднее, с открытой корневой системой – весной следующего года. Расход рабочей жидкости – 100-300 л/га | | |
|--|---------|--|--|---|--|--|

Технологический процесс поверхностной химической обработки растений борщевика с использованием различных брандспойтов осуществляется следующим образом.

В соответствии с принятыми концентрацией и нормой расхода химических препаратов рабочий раствор готовится в емкости навесного комплекта оборудования для поверхностной химической обработки растений борщевика (рисунки 8-9). Для поддержания постоянной концентрации в баке оборудования установлена гидравлическая мешалка инжекторного типа, а для поддержания постоянства расхода – заборное устройство. Трактором оборудование, на задней навеске которого оно установлено, доставляется к месту обработки растений борщевика. Оператор с ручным брандспойтом занимает фронтальную позицию по отношению к линии растений сорняка. Затем осуществляется открытие шарового крана, после чего рабочая жидкость поступает во всасывающий фильтр, предохраняющий насос и последующие узлы от попадания твердых частиц. Насос создает давление и подает рабочую жидкость к регулятору-распределителю со встроенным напорным фильтром тонкой очистки и манометром. Регулятор обеспечивает настройку и поддержание требуемого расхода рабочей жидкости по двум каналам и подающим шлангам к ручным брандспойтам. При этом рабочие шланги смонтированы на специальные барабаны, обеспечивающие непрерывную подачу рабочей жидкости при их вращении.

Рабочий процесс поверхностной обработки растений борщевика циклический и предусматривает на одной позиции поворот горизонтально удерживаемого оператором брандспойта на 180° (рисунок 16). По завершении поворота подача раствора отключается, а работник переходит на следующую точку обработки на расстояние, соответствующее дальности факела.





Рисунок 16 – Поверхностная химическая обработка растений борщевика ручным брандспойтом

При этом площадь обработки за один рабочий цикл зависит от давления в системе и диаметра отверстия распылителя (таблица 5).

Таблица 5 – Обрабатываемая площадь (S , м², половина окружности) за один цикл (один поворот брандспойта на 180 °) с учетом дальнобойности факела распыла (полый конус) при различном давлении в системе

| Диаметр отверстия распылителя, мм | Давление, бар | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 15 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| 1,5 | 14,14 | 16,09 | 18,16 | 19,24 | 20,38 | 22,68 | 25,13 |
| 2,0 | 19,24 | 22,68 | 25,13 | 29,04 | 33,24 | 36,19 | 40,86 |
| 2,3 | 21,50 | 25,13 | 31,68 | 36,19 | 40,86 | 47,52 | 52,84 |
| 2,5 | 21,50 | 22,68 | 25,13 | 31,81 | 36,19 | 39,27 | 45,8 |
| 3,0 | 22,68 | 25,13 | 27,71 | 31,81 | 36,19 | 39,27 | 42,47 |
| 3,5 | 22,68 | 25,13 | 27,71 | 31,81 | 36,19 | 39,27 | 42,47 |

Оценка эффективности уничтожения растения (динамика увядания) представлена на рисунке 17, где показаны фазы угнетения растения на 7, 14 и

21-й дни наблюдений. Анализ эффективности химических обработок показывает, что на 7 и 14-й дни наблюдений достигается максимальный эффект – верхние участки растений и его середина увядает, ствольная часть позднее – на 20-21 дни лабораторных исследований.

Последние наблюдения обработанных участков подтверждают динамику эффективности обработок – поверхностные химические обработки, проводимые с интервалом в 1 месяц (до 10 сентября 2021 г.) показали практически 100% уничтожение растений борщевика на обработанных площадях (за время полевых исследований суммарная площадь поверхностных обработок растений составила 68 га).



а)



б)



в)

*Рисунок 17 – Динамика результатов поверхностной химической обработки растений борщевика с использованием ручного брандспойта:
а – через 7 дней наблюдений; б – через 14 дней наблюдений; в – через 21 день наблюдений*

4.2 Внутрипочвенная (корневая) химическая обработка растений борщевика

Объектом исследования служили придорожные участки, примыкающие к населенным пунктам, лесополосы вблизи населенных пунктов.

Внутрипочвенная обработка борщевика на первом этапе заключалась в определении глубины залегания коневой системы, что в последующем определяло глубину обработки (глубину введения раствора) в исследуемую область. Анализ извлекаемых корневых частей растения (рисунок 18) подтверждал, что у растения высотой до 1 м корень, в среднем, располагается на глубине 10-15 см от поверхности. У борщевика высотой 1,0 м и более, корневая система располагалась на глубине до 20 см, которая имела несколько боковых отростков, толщиной до 0,04 м, горизонтально отходящих от основного корня. Это позволило уточнить глубину внесения ядохимикатов, которая в итоге определена в 0,15-0,2 м.



Рисунок 18 – Глубина залегания коневой системы растения

При внутрипочвенной обработке применялся гербицид «Зенкор», регламент применения которого приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Регламент применения препарата Зенкор [25]

| Название, препаративная форма, содержание д.в., регистрант, классы опасности, номер государственной регистрации, ограничения, дата окончания срока регистрации (число, месяц, год) | Норма применения препарата (л/га, кг/га, л/т, кг/т) | Культура, обрабатываемый объект | Вредный объект | Способ, время обработки, особенности применения | Срок ожидания (кратность обработок) | Сроки выхода для ручных (механизированных) работ |
|--|---|---------------------------------|--|---|--|--|
| Зенкор Ультра, КС (600 г/л) Байер КрอปСайенс АГ 3/3 2401-12-108-009-0-0-3-0 2401-12-108-009-0-0-3-0/10 10.09.2022 | 1,3-1,6 | Томат рассадный | Однолетние двудольные и злаковые сорняки | Опрыскивание почвы до высадки рассады. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | 60(1) | -(3) |
| | 1,2 | | | Опрыскивание сорняков через 15-20 дней после высадки рассады. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | | |
| | 0,8 | Томат полевой | Однолетние двудольные и злаковые сорняки | Опрыскивание посевов в фазе 2-4 листьев культуры. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | 60(1) | -(3) |
| | 0,3 + 0,5 | | | Опрыскивание посевов последовательно в фазе 1-2 и 3-5 листьев культуры. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | | |
| | 0,8-1,6 | Картофель (кроме раннеспелого) | | Опрыскивание почвы до всходов культуры. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | 60(1) | |
| | 0,8-0,9 | | | Опрыскивание при высоте ботвы до 5 см. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | | |
| | 0,6-1,2 + 0,35 | | | Опрыскивание почвы до всходов культуры с последующей обработкой при высоте ботвы 5 см. Расход рабочей жидкости – 200-300 л/га | | |
| | 0,6 – 1 | Соя | | | Опрыскивание почвы до всходов культуры. Расход рабочей жидкости - 200-300 л/га | 60(1) |
| | 10-12 мл/ 3 л воды (Л) | Томат рассадный | Однолетние двудольные и злаковые сорняки | Опрыскивание сорняков через 15-20 дней после высадки рассады. Расход рабочей жидкости – 3 л/100 м ² | 60(1) | 1(-) |
| | | Картофель (кроме раннеспелого) | | Опрыскивание почвы до всходов культуры. Расход рабочей жидкости – 3 л/100 м ² | | |

Комплект технологического оборудования либо размещался на задней навеске трактора (рисунок 19 а) или устанавливался на платформе автомобиля «Газель» (рисунок 19 б) и доставлялся в максимально близко расположенное к обрабатываемому растению (группы растений) месту и после предварительной подготовки (уничтожения некоторых частей растения) рабочий раствор через гидробур вводился непосредственно в область корневой системы (группы корневой системы). Длина гидравлического шланга обеспечивала обработку растений в радиусе 15-20 м. Далее мобильный агрегат перемещался на следующий обрабатываемый участок. Таким образом, с учетом подготовительных операций за 1 час рабочего времени обрабатывалось 30-35 единичных (группы) растений.

Технологический процесс внутриводной обработки корневой части растений заключался в следующем. Подготовленный в баке рабочий раствор через всасывающий фильтр насосом, с приводом от автономного двигателя внутреннего сгорания, подается в регулятор давления. Далее через расходомер и контрольный манометр, рабочий раствор напорным шлангом доставляется к гидробуру.

При включении гидробура раствор размывает почву и при нажатии на рукоятку гидробур углубляется в почву. Глубина погружения гидробура в почву лимитирована ограничителем. Ограничитель глубины может быть установлен на требуемую высоту вдоль всей длины ствола. Сменные наконечники различаются диаметром отверстий и их количеством. Выбор того или иного наконечника обусловлен планируемым расходом подаваемой жидкости и давлением в системе.



а)



б)

*Рисунок 19 – Внутрпочвенная химическая обработка борщевика с использованием гидробура:
а - комплект технологического оборудования либо размещался на задней навеске трактора*

Оценка эффективности уничтожения растения (динамика увядания) представлена на рисунке 20, где показаны фазы угнетения растения на 7, 14 и 21-й дни наблюдений. Анализ эффективности химических обработок

показывает, что на 14 и 21 дни наблюдений достигается максимальный эффект – верхние участки растений, его середина и корневая система увядает.

Последние наблюдения обработанных участков подтверждают динамику эффективности обработок – внутрипочвенная химическая обработка обеспечивает практически 100% уничтожение обработанных растений борщевика.



а



б



в

*Рисунок 20 – Динамика результатов внутрипочвенной химической обработки растений борщевика с использованием гидробура:
а – через 7 дней наблюдений; б – через 14 дней наблюдений; в – через 21 день наблюдений*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение проблем фитосанитарной стабилизации агроэкосистем предусматривает обязательный контроль над группой злостных сорных растений, которые наносят ощутимый урон сельскому хозяйству и могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. Это в первую очередь относится к борщевiku Сосновского, влияние которого приобретает глобальное значение.

Борщевик Сосновского был найден в Грузии (Месхетии) и описан в 1944 г. Идой Манденовой. Свое ботаническое название этот вид получил в честь исследователя флоры Кавказа Д.И. Сосновского. Естественные места произрастания – восточная часть Большого Кавказа, Восточное и Юго-Восточное Закавказье, Северо-Восток Турции, где этот вид растёт в горных лесах и на субальпийских лугах.

В Средней полосе России экземпляр одичавшей формы борщевика Сосновского впервые был обнаружен в 1948 г. в Московской области. В последующие годы растения борщевика встречались, в основном, вблизи мест культивирования, где этот вид не проявлял тенденции к внедрению в естественный растительный покров до начала 1970-х гг., когда одичание борщевика приобрело массовый характер.

До сих пор не найдена причина, послужившая толчком к началу экспансии борщевика Сосновского. С одной стороны, этому могло способствовать прекращение регулярного скашивания борщевика на полях, где его возделывали на корм скоту. С другой, борщевик Сосновского выращивали не только на силос, но и для получения семенного материала для расширения и восстановления плантаций, а также для производства эфирных масел, используемых в качестве сырья в парфюмерной и косметической промышленности. На этих полях растения не скашивались, однако при наличии факторов, способствующих его распространению (высокая плодовитость растения, а также ветер, птицы, животные, люди и автотранспорт, разносящие семена на большие расстояния), борщевик не

покидал поля, на которых возделывался на протяжении 40 лет его культивации.

В настоящее время одичавший борщевик Сосновского освоил территории Поволжья, Южного Урала, республик Карелия, Коми, Мордовия, а также ряда областей Центрального и Северо-Западного регионов России, где распространение этого инвазионного растения уже принимает масштабы экологического бедствия.

Считается, что борщевик Сосновского ежегодно увеличивает занятую им площадь на 10 % и более. С тех пор как стало ясно, что борщевик Сосновского несоизмеримо более вредное растение, чем полезное, было положено начало разработке мер борьбы.

В современных условиях для снижения вредоносности борщевика Сосновского особое значение приобретает комплекс защитных мероприятий. В настоящее время наиболее перспективным и высокоэффективным способом защиты от нежелательной сорной растительности является химический метод. Для эффективного применения гербицидов большое значение имеет соблюдение регламентов применения. Снижение нормы расхода влечет за собой снижение эффективности и способствует накоплению устойчивых к гербициду видов сорняков, а превышение нормы расхода несет лишнюю токсическую нагрузку на агроландшафт. При этом расход рабочей жидкости в значительной мере зависит от применяемой опрыскивающей аппаратуры. Кроме того, для достижения высокой эффективности и экологической безопасности гербицида необходимо равномерное распределение препарата по обрабатываемой площади.

С учетом вышеизложенного были разработаны и прошли апробацию в полевых условиях технические средства и технологические приемы для поверхностной и внутрипочвенной химической обработки растений борщевика.

На первом этапе выполнения работы была разработана технологическая схема и изготовлено стендовое оборудование для

определения основных оценочных показателей работы разрабатываемых технических средств.

В результате проведенных исследований была разработана принципиальная схема и изготовлен многофункциональный комплект оборудования для сплошной поверхностной обработки борщевика с использованием ручных брандспойтов различной конструкции. В соответствии с технологической схемой комплекта оборудования рабочий раствор готовится в емкости. Для поддержания постоянной концентрации в ней установлена гидравлическая мешалка инжекторного типа, а для поддержания постоянства расхода – заборное устройство. При открытии шарового крана, рабочая жидкость попадает во всасывающий фильтр, предохраняющий насос и последующие узлы от попадания твердых частиц. Насос создает давление и подает рабочую жидкость к регулятору-распределителю со встроенным напорным фильтром тонкой очистки и манометром. Регулятор обеспечивает настройку и поддержание требуемого расхода рабочей жидкости по двум каналам и подающим шлангам к ручным брандспойтам. При этом рабочие шланги монтируются на специальные барабаны, обеспечивающие непрерывную подачу рабочей жидкости при их вращении. Ручные брандспойты были разработаны в двух исполнениях – брандспойт с регулируемой струей и брандспойт-удочка. Как показали полевые исследования, брандспойт с регулируемой струей целесообразно применять для сплошной химической поверхностной обработки удаленных от места расположения оператора растений борщевика, брандспойт-удочку – растений, находящихся в непосредственной близости от оператора.

По рекомендации специалистов и в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» на землях несельскохозяйственного назначения в настоящих исследованиях для поверхностной обработки борщевика применялся препарат Анкор-85, ВДГ, при внутрпочвенной обработке – гербицид «Зенкор».

Анализ результатов сплошной химической поверхностной обработки растений борщевика с использованием ручных брандспойтов показал, что максимальный эффект уже достигается на 7 и 14-й дни от начала проведения обработки (верхние участки растений и его середина увядает), ствольная часть погибает немного позднее – на 20-21 дни полевых исследований.

Последующие наблюдения обработанных участков подтвердили положительную динамику эффективности обработок – поверхностные химические обработки, проводимые с интервалом в 1 месяц (вплоть до 10 сентября 2021 г.) показали практически полное уничтожение растений борщевика на обработанных площадях (за время полевых исследований суммарная площадь обработки составила 68 га).

Полученные в ходе полевых исследований данные свидетельствуют о высокой эффективности разработанных технических средств и технологических приемов с использованием ручных брандспойтов при сплошной химической поверхностной обработке растений борщевика.

С целью исключения негативного воздействия на человека и животных химических препаратов разработан комплект оборудования и технология борьбы с отдельными растениями (небольшими группами) борщевика, основанные на внутрпочвенной обработке корневой части растений с использованием гидробура, который представляет собой техническое средство, обеспечивающее локальную подачу химического раствора к корневой части растений.

Технологический процесс внутрпочвенной обработки корневой части растений заключался в следующем. Подготовленный в баке рабочий раствор через всасывающий фильтр насосом с приводом от автономного двигателя внутреннего сгорания подается в регулятор давления. Далее через расходомер и контрольный манометр рабочий раствор напорным шлангом доставляется к гидробуру. При включении гидробура раствор размывает почву и при нажатии на рукоятку гидробур углубляется в почву. Глубина погружения гидробура в почву лимитирована ограничителем. Ограничитель глубины

может быть установлен на требуемую высоту вдоль всей длины ствола. Сменные наконечники различаются диаметром отверстий и их количеством. Выбор того или иного наконечника обусловлен планируемым расходом подаваемой жидкости и давлением в системе.

Анализ результатов полевых исследований эффективности химических обработок с использованием внутрипочвенной обработки корневой части растений борщевика с использованием гидробура показал, что максимальный эффект достигается на 14 и 21 дни от начала обработки – верхние участки растений, его середина и корневая система увядают. Последующие наблюдения обработанных участков подтверждают положительную динамику эффективности внутрипочвенной химической обработки – обеспечивается практически полное уничтожение обработанных растений борщевика.

Таким образом, подтвержденная в ходе полевых исследований высокая эффективность разработанного оборудования, позволяет рекомендовать для сплошной поверхностной обработки борщевика использовать комплект оборудования с рабочими органами в виде ручных брендспойтов различной конструкции, а с целью исключения негативного воздействия на человека и животных химических препаратов – комплект оборудования, обеспечивающий внутрипочвенную локальную обработку химическим раствором корневой части отдельных (небольших групп) растений борщевика с использованием гидробура.

Результаты исследований будут содействовать повышению эффективности борьбы с борщевиком Сосновского за счет более равномерного нанесения препаратов на листовую поверхность растений, а также доставки химикатов непосредственно в корневую зону растений. Кроме того, это обеспечивает сокращение расхода химических препаратов для гарантированного уничтожения растений борщевика Сосновского и содействует повышению экологической безопасности разработанных технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабыш Т. А. Укусы борщевика и энтомофауна // Защита растений. – 1985. – № 7. – С. 25-26.
2. Руководство по применению гербицидов в борьбе с борщевиком Сосновского [Электронный ресурс]. URL: https://www.avgust.com/upload/booklets/Buklet_A4_BORSHEVIK.pdf (дата обращения: 17.07.2021).
3. Полянский Н.В. Агротехнические и химические способы ликвидации старовозрастных посевов борщевика Сосновского: автореф. дис ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. – М., 1987. – 24 с.
4. Шкляревская О.А., Якимович Е.А. Эффективность глифосатсодержащих гербицидов для подавления борщевика Сосновского // Сборник материалов X международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021: Защита растений от вредных организмов. – С. 421-423.
5. Богданов В.Л., Николаев Р.В., Шмелева И.В. Биологическое загрязнение территории экологически опасным растением борщевиком Сосновского // Сб. науч. трудов 1-й Международной телеконференции. – Томск: СибГМУ, 2010: Фундаментальные медико-биологические науки и практическое здравоохранение – С. 27 – 29.
6. Шулятьева Г.М. Регулярность мероприятий как основа эффективности борьбы с борщевиком Сосновского // Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Горского ГАУ. – Владикавказ: Горский ГАУ, 2018: Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий – С. 20-22.
7. Методические рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского в Удмуртской Республике / Сост.: О. В. Эсенкулова, Т. А. Строт, О. В.

Коробейникова, О. В. Юшкова. – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – 27 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.uva.udmurt.ru/files/inform_soob/2019/Po%20borbe%20s%20Borshchevikom.PDF (дата обращения: 21.07.2021).

8. Отраслевой классификатор сорных растений: информ. издание. – М.: ФГБНУ «Росиформагротех», 2018. – 52 с.

9. Гельтман Д.В. Борщевик Сосновского на Северо-Западе России. Доклад. Круглый стол «Биологические инвазии – поиск путей решения проблемы», 2007 г. [Электронный ресурс]. URL: (https://www.zin.ru/conferences/rtable2007/Pdf/doklad_Geltman.pdf) (дата обращения: 12.07.2021).

10. Прохоров В.Н., Ламан Н.А., Бабков А.В., Сак М.М. Меры ограничения распространения борщевика Сосновского (HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN) // Сб. материалов XXI Международного научно-практического форума. М.: Издательство «Перо», 2019: Проблемы озеленения крупных городов – С. 76-79.

11. Методические рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского в Ярославской области [Электронный ресурс]. URL: <https://city-yaroslavl.ru/upload/iblock/4d8/Metodicheskie-rekomendatsii-po-borbe-s-borshchevikom-Sosnovskogo.DOC> (дата обращения: 22.07.2021).

12. Садовникова Т.П., Ульянкина Т.Д., Снакин В.В. Опасный интродуцент: борщевик Сосновского// Использование и охрана природных ресурсов в России. –2018. – №3 (155). – С. 61-65.

13. Ткаченко К. Борщевик Сосновского: растение-терминатор или культура будущего [Электронный ресурс]. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435518/Borshchevik_Sosnovskogo_rastenie_terminator_ili_kultura_budushchego (дата обращения 05.07.2021).

14. Ткаченко К.Г. Борщевики и борьба с ними [Электронный ресурс]. URL: <https://yuzhno-sakh.ru/files/nature/borschevik.pdf> (дата обращения 07.06.2021).

15. Пятова А.А. Борщевик Сосновского // Материалы V Международной студенческой научной конференции. Ульяновск, 2021: В мире научных открытий. – С. 98-101.

16. Бочкарев Д.В., Никольский А. Н., Смолин Н. В. Трансформация пойменно-лугового фитоценоза при внедрении в него адвентивного сорного вида – борщевика Сосновского // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 7 (81). – С. 36-40.

17. Олесниченко А.Е., Смирнов Д.С., Барановская И.Г., Колесниченко О.З. Проект «Борщевик Сосновского» // Конференциум АСОУ: сборник научных трудов и материалов научно-практических конференций. – 2017. – № 3. – С. 1127-1136.

18. Ламан Н.А., Прохоров В.Н. Способы ограничения распространения и искоренения гигантских борщевиков: современное состояние проблемы // Сборник научных трудов Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – 2011. – вып. 40: Ботаника (исследования) – С. 469 – 489.

19. Пазюра С.С. Некоторые локальные способы борьбы с борщевиком Сосновского // Юбилейные февральские чтения: сб. материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2011 году. – 2012. – С. 340-341.

20. Абрамова Л.М., Девятова Е.А., Штрекер Л.П., Чернягина О.А. К характеристике ценопопуляций борщевика Сосновского (*Heraclium Sosnowskyi* Manden.) в городе Петропавловске-Камчатском (Российский Дальний Восток) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 3 (174). – С. 5-8.

21. Чукаева М.А. Предотвращение и ликвидация массового распространения сорного растения борщевика Сосновского // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 59-1. – С. 64-66.

22. Шулятьева Г.М. Факторы, влияющие на эффективность мер борьбы с экологически опасным растением – борщевиком Сосновского // Сборник статей I Международной научно-практической конференции. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2018: Инновационная экономика, стратегический менеджмент и антикризисное управление в субъектах бизнеса. – С. 150-156.

23. Егоров А.Б., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н. Гербициды для борьбы с борщевиком Сосновского // Защита и карантин растений. – 2010. – № 3. – С. 74-75.

24. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по состоянию на 1 апреля 2021 г.). Часть 1. Пестициды. – М.: Минсельхоз России, 2021. – С. 496-497. [Электронный ресурс]. URL: <http://mar-el.gov.ru/minselhoz/SiteAssets/Pages/operativnew/Каталог> (дата обращения: 05.04.2021).

25. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по состоянию на 1 апреля 2021 г.). Часть 1. Пестициды. – М.: Минсельхоз России, 2021. – С. 447-448. [Электронный ресурс]. URL: <http://mar-el.gov.ru/minselhoz/SiteAssets/Pages/operativnew/Каталог> (дата обращения: 05.04.2021).