



УДК 630*232.427

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.92

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДКОРНЕВОГО ПОЛИВА САЖЕНЦЕВ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ПОЛОС

С.Н. Орловский, канд. техн. наук, доц.

Красноярский государственный аграрный университет, просп. Мира, д. 90,
г. Красноярск, Россия, 660049; e-mail: orlovskiysergey@mail.ru

Существующие технологии посадки и полива саженцев лесных культур во влагодефицитных районах Российской Федерации не обеспечивают их удовлетворительной приживаемости. Полив лесных культур в лесополосах производится, как правило, под корень посредством шланга от емкости с водой или автомобиля-водовоза. Расход воды составляет 20...30 л на одно растение, при этом до 90 % воды бесполезно рассеивается в почве или испаряется. Цель исследования – обоснование низкоэнергоемкой технологии подкорневого полива саженцев лесных культур при создании полезащитных лесных полос на опустыненных территориях в условиях трудности доставки поливочной воды с применением возобновляемых экологически безопасных источников энергии для ее подачи к корневым системам и разработка соответствующего оборудования. Метод исследования – расчеты производительности машин и оборудования для доставки воды и подкорневого полива, гидравлические расчеты системы полива и оборудования для его выполнения. Результаты исследований – конкретные данные по технологии полива, сменной и сезонной производительности машин, их количеству, параметрам прицепа-водовоза и его оборудования для подачи воды в гидравлические коммуникации, сечениям гидравлических коммуникаций, затратам мощности на подачу воды к корневым системам саженцев и энергетической эффективности гелиобатарей для питания компрессора. На основании полученных результатов возможно обосновать технологию подкорневого полива саженцев лесных культур в первые пять-шесть лет их роста при посадке полезащитных полос на опустыненных территориях в условиях дефицита воды и компоновку прицепа-водовоза с подачей воды за счет использования гелиоэнергии, определить конструктивные и геометрические параметры поливочной системы, рассчитать затраты мощности на выполнение технологического процесса, что позволит увеличить производительность труда, снизить нарушение почвенного покрова и сократить затраты на посадку полос.

Ключевые слова: подкорневой полив, саженцы, полезащитная полоса, технология полива, гелиобатарея, компрессор, производительность оборудования.

Для цитирования: Орловский С.Н. Технология подкорневого полива саженцев лесных культур полезащитных полос // Лесн. журн. 2018. № 3. С. 92–102. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.92

Введение

Полезные лесные полосы создаются для задержания и равномерного распределения снега на полях, уменьшения испарения влаги и повышения влажности почв, предотвращения развеивания их ветром, защиты сельскохозяйственных культур от суховея, улучшения микроклимата и, в конечном итоге, повышения урожайности. Наиболее подходящим лесопосадочным материалом в условиях засушливых районов являются одно- и двухлетние сеянцы стандартных размеров [1, 4, 5].

Основные или продольные лесные полосы закладываются перпендикулярно направлению господствующих иссушающих ветров, они соединяются между собой поперечными лесными полосами под прямым углом [6]. При посадке лесных полос на опустыненных территориях возникают проблемы полива саженцев, так как при дефиците влаги лесные культуры плохо приживаются [7, 12].

Полив лесных культур в лесополосах производится, как правило, под корень посредством шланга от емкости с водой или автомобиля-водовоза. При этом большая часть воды рассеивается в почве или испаряется.

Успех лесоразведения на песках зависит от форм и конструкций создаваемых насаждений, их пространственного расположения, правильного смешения древесно-кустарниковых пород, подготовки почвы, техники посадки и последующего ухода. Уход за культурами (полив и подкормка) трудновыполним ввиду необходимости доставлять воду на большие расстояния [4, 8, 14, 16].

Орошение, являясь одним из видов мелиорации, подразделяется на внутрисочвенное и поверхностное. У внутрисочвенного орошения множество достоинств: во-первых, оно насыщает почву воздухом, что способствует лучшему питанию корневой системы растений и повышению урожайности; во-вторых, верхний слой почвы остается сухим, что не дает семенам сорных растений прорасти; в-третьих, сухой верхний слой снижает влажность приземного слоя воздуха, что является профилактикой грибных болезней лесных культур, а также позволяет сократить применение химических препаратов; в-четвертых, внутрисочвенное орошение дает возможность проводить необходимые виды работ на участке во время полива, так как верхний слой почвы не увлажнен [1, 4, 15].

Цель исследования – разработка технологии подкормочного полива саженцев лесных культур при посадке лесных полос на опустыненных территориях в условиях трудности доставки поливочной воды и создание оборудования для механизации работ по поливу саженцев с применением возобновляемых экологически безопасных источников энергии для подачи воды к корневым системам растений.

Объекты и методы исследования

Для обеспечения полива предлагается технологическая схема с минимизацией затрат на движение транспортных средств при доставке воды к местам ее закачки в проложенные на дне посадочных щелей перфорированные шланги. Также необходимо решить вопросы с затратами энергии на подачу воды в подземные коммуникации, определить оптимальное время ее подачи и сроки доставки в зависимости от расстояний до источников воды.

Для полива и подкормки саженцев лесных культур предложен прицепной резервуар с системой подачи воды или растворов удобрений в поливочные шланги за счет создания в нем давления воздуха посредством компрессора при использовании энергии от расположенных на резервуаре гелиобатарей. При этом технология полива исключает резервуары и дополнительное оборудование для импульсной подачи воды в систему, устанавливаемые на вышках.

Экспериментальные исследования были выполнены при использовании созданной автором машины с дискофрезерной навесной (МДН-3) на посадке лесных полос возле пос. Кирба Бейского района республики Хакасия [11]. Система подкорневого полива представлена стационарным резервуаром (емкость около 6 м³), расположенным на высоте около 5 м для достижения требуемого давления в системе. Так как подача воды при постоянном расходе приводит к ее поступлению к тем отверстиям, которые имеют меньшее гидравлическое сопротивление, а это, в свою очередь, вызывает недополив около 70 % растений и их усыхание, на резервуаре был смонтирован сбросный бак, заполняемый из резервуара и сбрасывающий поливную воду под давлением. Для заливки воды в бак использовался насос с приводом от двигателя базового автомобиля-водовоза [9]. Все это при высокой цене горючего создает ряд проблем, одним из путей их преодоления является использование солнечной энергии.

Результаты исследования и их обсуждение

Применяемые способы полива при уходах за лесными полосами можно оценить по затратам на доставку воды и ее количеству для получения устойчивого роста культур до достижения их корнями водоносных слоев почвы. При дефиците воды и возможности ее доставки только автотранспортом, зачастую на весьма удаленные расстояния, все рассмотренные способы полива, кроме капельного и подкорневого, экономически нецелесообразны.

Капельный полив требует прокладки большого количества тонких трубопроводов и установки регулирующей аппаратуры. Он реально применим на садовых и овощных культурах, выращиваемых, например, в Израиле.

Подкорневой полив предполагает прокладку магистральных и поливных трубопроводов, а также установку стационарных резервуаров, но при больших площадях количество резервуаров становится неоправданно велико [16]. Преимущество подкорневого полива перед другими способами заключается в значительной экономии воды за счет подачи ее непосредственно в корневую зону каждого растения. Например, на один саженец используется 1,25...1,75 л воды, что в 20–30 раз меньше, чем при прямом поливе [1, 4].

По предлагаемой технологии для полива и подкормки лесных культур предлагается использовать прицеп-резервуар (емкость 6 м³) модели 8638-0000012-01 к автомобилю (с цистерной и насосом) марки ЗиЛ-433362АЦ-5.0 (рис. 1).

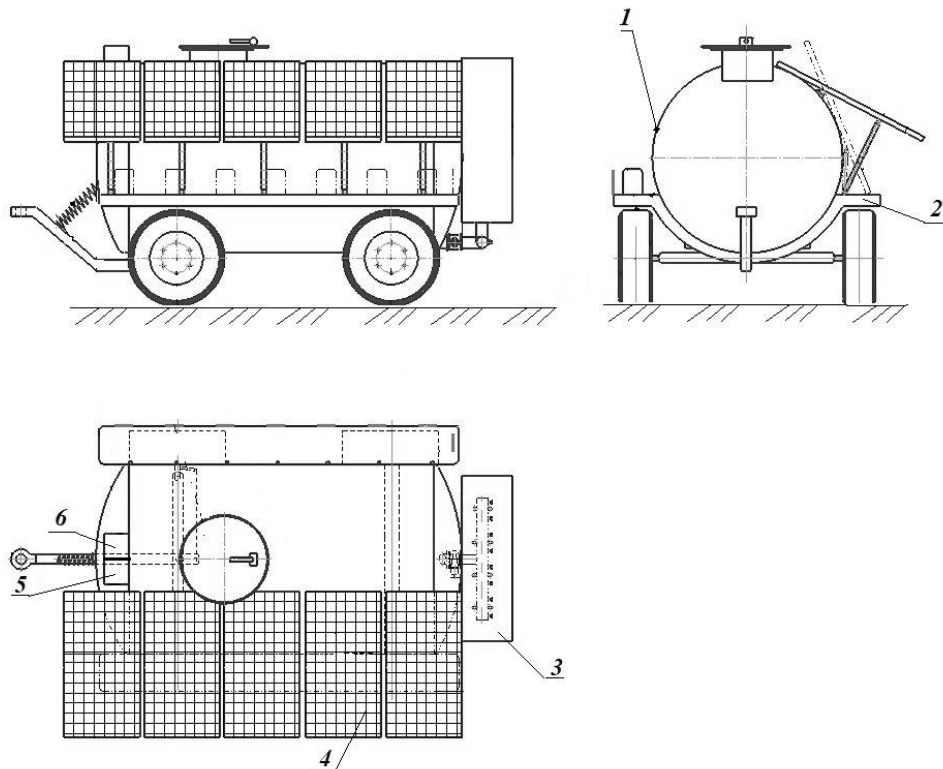


Рис. 1. Резервуар для подкорневого полива лесных культур: 1 – прицеп-резервуар; 2 – рама прицепа с ходовой частью; 3 – блок управления раздаточными кранами; 4 – гелиобатареи; 5 – аккумулятор; 6 – компрессор

Технические характеристики предлагаемого прицепа-резервуара 8638-000012-01 представлены ниже.

Объем.....	6 м ³
Количество раздаточных рукавов.....	12 шт.
Габаритные размеры с поднятыми батареями (длина×высота×ширина), не более.....	5700 × 2350 × 2650 мм
Время заполнения.....	10 мин
Рабочее давление.....	300 кПа
Мощность компрессора.....	600 Вт
Питание электромотора компрессора от аккумулятора.....	12 Вт, 60 А·ч
Зарядка аккумулятора 6СТ60 от гелиобатарей площадью.....	4 м ²
Тип гелиобатарей.....	ФЭ модуль MSW120/60-12
Количество гелиобатарей.....	5 шт.
Транспортная скорость, не более.....	70 км/ч
Масса конструктивная.....	1,5 т
Масса эксплуатационная.....	7,5 т
Обслуживающий персонал.....	1 чел.

Для решения поставленной задачи на базовый прицеп-резервуар устанавливается дополнительное оборудование: компрессор, 5 гелиомодулей, ресиверы и аккумуляторная батарея. Принцип работы предлагаемой конструкции поливочного резервуара состоит в следующем. Подача жидкости в поливочные шланги осуществляется путем создания в нем давления воздуха от компрессора, приводимого во вращение электромотором с питанием от аккумулятора, получающего энергию от расположенных на резервуаре гелиобатарей. В результате чего вода под давлением 300 кПа поступает в поливочные шланги и далее к корням посаженных культур.

Перевозка резервуара по участку и его заправка осуществляются автомашиной ЗиЛ-433362 или ее аналогом. Схема полива представлена на рис. 2.

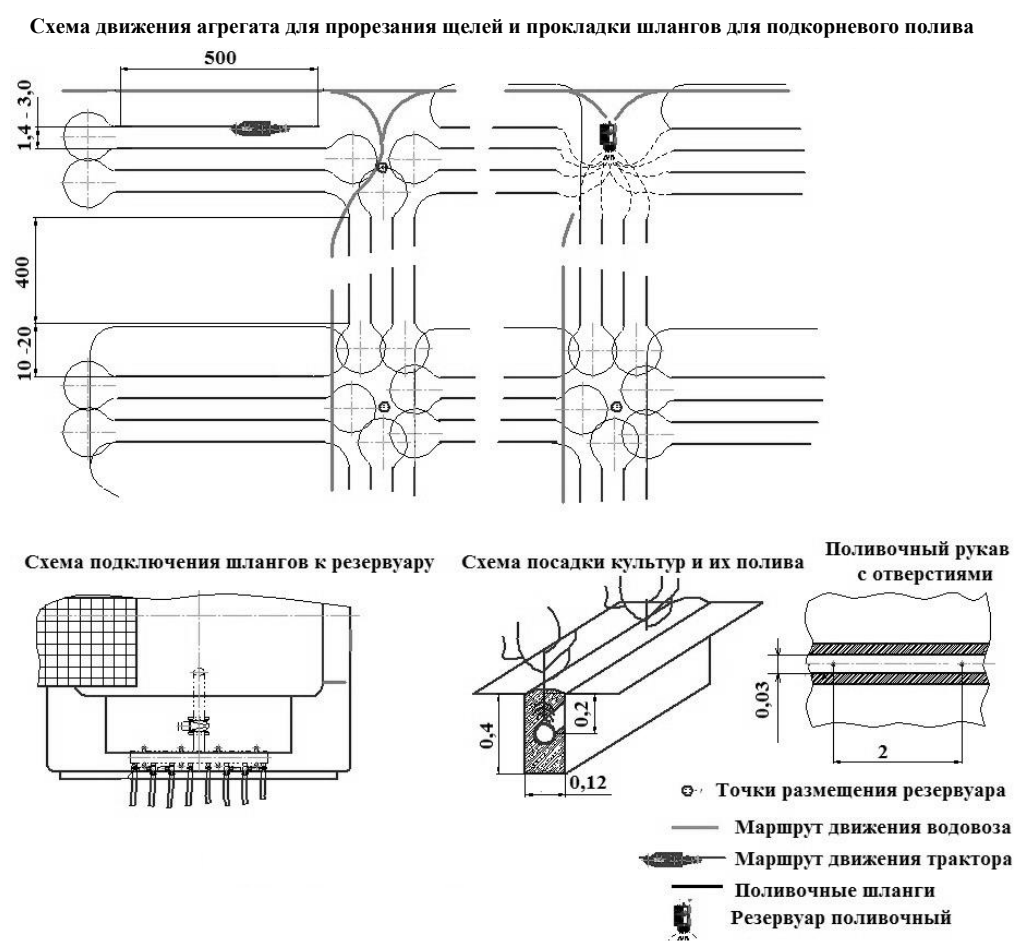


Рис. 2. Организация полива саженцев в лесных полосах (все размеры даны в метрах)

Сокращение расхода воды при поливе достигается за счет того, что увлажняется не поверхность почвы, а только корнеобитаемая зона, где испарение влаги минимально.

Перебазирование резервуара позволяет обеспечивать полив нескольких десятков участков посаженных лесных полос. При выполнении полива по-

требления электроэнергии от источников не происходит, отсутствуют вредные выбросы в атмосферу.

Расчет объема работ производится в следующем порядке [2].

Находится сменная производительность агрегата ($W_{см}$, м³):

$$W_{см} = \frac{(T_{см} - t_{пз}) Q_{пол}}{\frac{60l}{V_{гр}} + \frac{60l}{V_{пор}} + \Sigma t_{скл}}, \quad (1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, 480 мин;

$t_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{пз} \approx 30$ мин;

$Q_{пол}$ – масса перевозимого груза (воды объемом 6 м³), т;

60 – переводной коэффициент времени;

l – расстояние доставки воды, принимается в среднем $l = 20$ км;

$V_{гр}$ – скорость движения водовоза в груженом состоянии, $V_{гр} = 30$ км/ч;

$V_{пор}$ – скорость движения водовоза в порожнем состоянии, $V_{пор} = 40$ км/ч;

$\Sigma t_{скл}$ – время простоев на погрузке и разгрузке, мин.

Продолжительность рейса – 80 мин, сменная производительность – 18 м³. Автомобиль-водовоз за смену заправляет 3 резервуара, которые поливают две полосы протяженностью 500 м и одну – 400 м при посадке культур в 4 линии (рис. 2).

Определяется расход воды (Q , дм³) при норме полива 1,75 дм³ на одно растение и шаге посадки 2 м:

$$Q = \frac{(L_{пр.п} n_{пр.п} + L_{п.п} n_{п.п}) N_{л}}{t_{пос} q_{раст}}, \quad (2)$$

где $L_{пр.п}$ – протяженность продольной полосы, м;

$n_{пр.п}$ – число продольных полос, поливаемых с одной установки, шт.;

$L_{п.п}$ – протяженность поперечной полосы, м;

$n_{п.п}$ – число поперечных полос, поливаемых с одной установки, шт.;

$N_{л}$ – число линий посадки культур в лесополосе, шт.;

$t_{пос}$ – шаг посадки саженцев лесных культур, м;

$q_{раст}$ – расход воды на одно растение при поливе, дм³.

Для израсходования воды из одного резервуара объемом 6 м³ при обслуживании 20 точек раздачи воды потребуется 7 дн. (продолжительность смены 8 ч.). Учитывая протяженность светового дня в летнее время, воду можно подвозить в две смены, полив будет производиться 1 раз в 3-4 дн., что соответствует агролесотехническим требованиям на выращивание лесных полос на опустыненных территориях. При двухсменной работе на площади 800 га сезонная загрузка водовоза составит 1740 ч.

Потери напора рассчитываются по [3], исходя из агротехнических требований по нормам полива (1,25...1,75 дм³ на одно растение) [4]. Принимается 1,25 дм³ за 10 мин.

При расстоянии между деревьями в полосе 2 м и количестве деревьев 250 шт. расход воды через один шланг – 521 см³/с. С учетом площади поперечного сечения поливочного шланга (7,06 см²) скорость движения воды – 0,737 м/с. Потери напора по всей длине поливочного шланга – 13,3 мм вод. ст., или примерно 100 кПа.

При площади отверстия в шланге $0,8 \text{ мм}^2$ расход воды через него составит $0,67 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Равенство расхода воды по длине шланга обеспечивается увеличением диаметров отверстий по мере удаления от резервуара.

Определяются затраты мощности (N , Вт) на подкачку воздуха в резервуар [10]:

$$N = \frac{LV_n}{136\eta}, \quad (3)$$

где L – работа, затрачиваемая компрессором на сжатие 1 м^3 воздуха, Дж/м³,

$$L = 10\,000 \frac{k}{k-1} p_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]; \quad (4)$$

k – показатель политропы сжатия воздуха в насосе, для адиабатического процесса $k = 1,41$;

p_1 и p_2 – давление всасывания и нагнетания, кПа;

V_n – производительность компрессора по атмосферному воздуху, м³/с;

η – коэффициент полезного действия насоса, $\eta = 0,7$.

Примем $p_1 = 100 \text{ кПа}$; $p_2 = 300$ и 800 кПа и подставим принятые значения в (4):

$$L_{300 \text{ кПа}} = 1\,294\,449 \text{ Дж/м}^3; L_{800 \text{ кПа}} = 2\,846\,353 \text{ Дж/м}^3.$$

Производительность компрессора (V_n , м³/с) по атмосферному воздуху

$$V_n = (\pi r^2 l_n) z n, \quad (5)$$

где r – радиус цилиндра компрессора, м;

l_n – ход поршня, м;

z – число цилиндров компрессора;

n – частота рабочего хода поршня, с⁻¹.

Примем $r = 0,03 \text{ м}$; $l_n = 0,1 \text{ м}$; $z = 2 \text{ шт.}$, $n = 20 \text{ с}^{-1}$; тогда $V_n = 0,011304 \text{ м}^3/\text{с}$. Мощность одной солнечной панели ФЭ модуля MSW120/60-12 при двухстороннем освещении составляет 180 Вт , 5 панелей обеспечивают мощность 900 Вт . Зарядное устройство ограничивает зарядный ток 6 А . За 10 ч аккумулятор 6СТ60 зарядится полностью. Работа по закачке воздуха в резервуар для создания давления 300 кПа занимает 22 мин . При этом мощности 900 Вт за вычетом мощности на зарядку аккумулятора (72 Вт) хватает на привод компрессора (600 Вт), закачивающего воздух в баллоны ресивера под давлением 800 кПа по пути следования за водой, заправки и проезда к месту полива. При недостатке солнечной энергии питание компрессора происходит от аккумуляторной батареи. Чистое время работы компрессора от аккумулятора без подзарядки – $2,14 \text{ ч}$. Солнечные батареи устанавливаются на резервуар с возможностью изменения угла наклона перпендикулярно солнечным лучам в горизонтальной плоскости [13].

В несолнечную погоду запасенная в аккумуляторе энергия покрывает потребности пользователя. Если пасмурная погода будет долгой, можно подключать компрессор к аккумулятору буксирующего автомобиля, подзаряжае-

тому в движении от его генератора. После израсходования воды автомобиль-водовоз перевозит резервуар на следующую позицию, заправляет его водой и уезжает заливать воду, за это время резервуар производит полив следующего участка.

Таким образом, по выражению (3) для давлений 800 и 300 кПа имеем затраты мощности соответственно 339 и 154 Вт. Следовательно, запас мощности достаточен для непрерывной работы даже при максимальном давлении (закачке воздуха в ресиверы).

Технология использования передвижного резервуара после прибытия на место полива:

установить резервуар так, чтобы солнечные батареи находились с солнечной стороны;

подложить под колеса стопорные башмаки;

установить угол наклона солнечной батареи перпендикулярно лучам солнца;

соединить рукавами поливочные шланги с выходными отверстиями резервуара;

создать давление в резервуаре от ресиверов, заряженных сжатым воздухом за время следования к месту полива;

после достижения давления открыть кран для доступа воды в поливочные шланги и начать полив;

при падении давления в резервуаре ниже 300 кПа полив прервать до достижения требуемого давления;

после слива воды переключить компрессор на закачку воздуха в ресивер, отсоединить рукава, сбросить давление воздуха в резервуаре, рукава уложить на транспортировочные полки и закрепить;

по прибытии автомобиля-водовоза перевезти резервуар на новую позицию;

после перевозки соединить резервуар шлангом с насосом автомобиля-водовоза, включить насос и заполнить резервуар водой;

отцепить автомобиль-водовоз и отправить его за водой, цикл полива повторить в том же порядке.

Экономические расчеты показывают, что применение предлагаемой технологии по сравнению с базовой (прокладка поливочных шлангов в щели, прорезанные траншейным экскаватором на тракторе МТЗ-82, установка стационарных баков для воды) обеспечит экономию текущих затрат на содержание и эксплуатацию оборудования в размере 806 тыс. р. и сокращение численности рабочих от 7 до 4 чел. Срок окупаемости оборудования – 1,6 года.

Заключение

Применение оборудования для подкорневого полива саженцев из мобильного прицепа-резервуара при создании полезащитных лесных полос улучшает приживаемость растений за счет непосредственной подачи удобрений к корням деревьев; исключает затраты энергии на выполнение процесса полива; обеспечивает одновременный полив 4 линий посадок в 3 стороны; позволяет производить полив на удаленных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бодров В.А. Лесная мелиорация. М.; Л.: Гослесбумиздат. 1952. 270 с.
2. Герасимов М.И., Кухар И.В. Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды: метод. указания по курсовому проектированию. Красноярск: СГТУ, 1999. 48 с.
3. Долгачев Ф.М., Лейко В.С. Основы гидравлики и гидропривод. М.: Стройиздат, 1981. 183 с.
4. Каргов В.А. Лесные полосы и увлажнение полей. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 120 с.
5. Колесниченко М.В. Лесомелиорация с основами лесоводства. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1981. 335 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6-е изд. М.: Сельхозгиз, 1960. 341 с.
7. Маштаков Д.А., Карпушкин А.В., Сысоев С.И. Взаимовлияние лесных полос и орошения в условиях темно-каштановых почв Заволжья и обыкновенных черноземов низкой Донской равнины // Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель. Воронеж, 2005. С. 30–34.
8. Мелехов И.С. Лесоводство. М.: Агропромиздат, 1989. 302 с.
9. Орловский С.Н. Оборудование для подкорневого полива саженцев лесных культур полезащитных полос // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф., 27–28 нояб. 2013 г. Красноярск: СибГГТУ, 2013. С. 206–209.
10. Орловский С.Н. Проектирование машин и оборудования для садово-паркового и ландшафтного строительства. Красноярск: СибГГТУ, 2004. 108 с.
11. Савостьянов В.К. Агролесомелиоративные мероприятия для сохранения плодородия почв юга Сибири и их рационального использования // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 7–9.
12. Тимерьянов А.Ш., Хайретдинов А.Ф., Гафиятов Р.Х. Воспроизводство защитных лесных насаждений // Лесн. хоз-во. 2011. № 3. С. 28–29.
13. Усаковский В.М. Возобновляющиеся источники энергии. М: Россельхозиздат, 1986. 126 с.
14. Evans R.G. Irrigation Technologies Comparisons. Factors Affecting the Choice of an Irrigation System. Sidney, 2016. Pp. 34–50.
15. Hosseini S.M., Dohenbusch A., Skoupy A., Armoon R., Macku J. The Study of Deficit Irrigation for Forest Plantation in Semiarid Areas // Environment and Ecology Research. 2016. Vol. 4, no. 3. Pp. 119–127. DOI: 10.13189/eer.2016.040303
16. Shock C.C., Shock B.M., Welch T. Strategies for Efficient Irrigation Water Use // Sustainable Agriculture Techniques. 2013. EM 8783: 1–6.

Поступила 23.12.17

UDC 630*232.427

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.92

Technology of Deep Root Irrigation of Forest Seedlings in Shelterbelts

S.N. Orlovskiy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Krasnoyarsk State Agrarian University, pr. Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation; e-mail: orlovskiysergey@mail.ru

For citation: Orlovskiy S.N. Technology of Deep Root Irrigation of Forest Seedlings in Shelterbelts. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 3, pp. 92–102. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.92

The existing technologies of planting and irrigation of forest seedlings in water deficiency zones of the Russian Federation do not ensure their sufficient establishment. As a rule, deep root irrigation of forest plantations is usually carried out by means of a hose connected with a tank with water or a water tank truck. The water consumption is 20...30 liters per plant; while up to 90 % of water ineffectively dissipates in the soil or evaporates. The goal of research is to substantiate an energy-saving technology of deep root irrigation of forest plant seedlings when creating shelterbelts in desertified areas in close conditions of irrigation water delivering with the use of renewable environmentally safe energy sources to feed it to root systems and developing equipment. The research method is the calculation of machine capacity for water delivery and deep root irrigation, hydraulic calculations of the irrigation system and equipment for its implementation. The research results are specific data on irrigation technology, shift and seasonal productivity of machines, their number, parameters of a water tank truck and its equipment for supplying water to hydraulic utilities and their sections, power costs for supplying water to root systems of seedlings and energy efficiency of irrigation system solar batteries supplying compressor with energy. On the basis of the results obtained, we can justify the technology of deep root irrigation of forest seedlings during the first five to six years of their growth when planting shelterbelts on desertified territories in water deficiency zones and arrangement of a water tank truck with water supply using solar energy. We can determine design and geometrical parameters of the irrigation system; calculate the power loss for the technological process, which will increase the labor productivity, reduce soil disturbance and costs for shelterbelt planting.

Keywords: deep root irrigation, seedling, shelterbelt, irrigation technology, solar battery, compressor, machine capacity.

REFERENCES

1. Bodrov V.A. *Lesnaya melioratsiya* [Forest Reclamation]. Moscow; Leningrad, Goslesbumizdat Publ., 1952. 270 p. (In Russ.)
2. Gerasimov M.I., Kukhar I.V. *Mashiny i oborudovanie prirodoobustroystva i zashchity okruzhayushchey sredy: metod. ukazaniya po kursovomu proektirovaniyu* [Machinery and Equipment for Environmental Management and Protection]. Krasnoyarsk, SibSEU Publ., 1999. 48 p. (In Russ.)
3. Dolgachev F.M., Leyko V.S. *Osnovy gidravliki i gidroprivod* [Fundamentals of Hydraulics and Hydraulic Drive]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1981. 183 p. (In Russ.)
4. Kargov V.A. *Lesnye polosy i uvlazhnenie poley* [Forest Strips and Fields Moistening]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 120 p. (In Russ.)
5. Kolesnichenko M.V. *Lesomelioratsiya s osnovami lesovodstva* [Forest Improvement with the Basics of Forestry]. Moscow, Kolos Publ., 1981. 335 p. (In Russ.)
6. Kostyakov A.N. *Osnovy melioratsiy* [Fundamentals of Land Reclamation]. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1960. 341 p. (In Russ.)
7. Mashtakov D.A., Karpushkin A.V., Sysoev S.I. Vzaimovliyanie lesnykh polos i orosheniya v usloviyakh temno-kashtanovykh pochv Zavolzh'ya i obyknovennykh chernozemov nizkoy Donskoy ravniny [Interaction of Forest Belts and Irrigation in Conditions of Dark Chestnut Soils of the Trans-Volga Region and Ordinary Chernozems of the Low Don Plain]. *Optimizatsiya landshaftov zonal'nykh i narushennykh zemel': materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Proc. All-Russ. Sci. Practical Conf. "Optimization of Landscapes of Zonal and Disturbed Lands"]. Voronezh, 2005, pp. 30–34. (In Russ.)
8. Melekhov I.S. *Lesovodstvo* [Forestry]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989. 302 p. (In Russ.)
9. Orlovskiy S.N. *Oborudovanie dlya podkorneвого poliva sazhentsev lesnykh kul'tur polezashchitnykh polos* [Equipment for Deep Root Irrigation of Seedlings of Forest Cultures in Shelterbelts]. *Tekhnologii i oborudovanie sadovo-parkovogo i landshaftnogo*

stroitel'stva: sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf., 27–28 noyab. 2013 g. [Technologies and Equipment for Landscape Gardening and Landscape Construction: Proc. All-Russ. Sci. Practical Conf., 27–28 November 2013]. Krasnoyarsk, SibSEU Publ., 2013, pp. 206–209. (In Russ.)

10. Orlovskiy S.N. *Proektirovaniye mashin i oborudovaniya dlya sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva* [Designing of Machines and Equipment for Landscape Gardening and Landscape Construction]. Krasnoyarsk, SibSEU Publ., 2004. 108 p. (In Russ.)

11. Savost'yanov V.K. *Agrolesomeliativnyye meropriyatiya dlya sokhraneniya plodorodiya pochv yuga Sibiri i ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Agroforestral Actions for Preservation of Fertility Soil the South of Average Siberia and Their Rational Use]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2011, no. 4, pp. 7–8.

12. Timer'yanov A.Sh., Khayretdinov A.F., Gafiyatov R.Kh. *Vosproizvodstvo zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy* [Reproduction of Protective Forest Stands]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, no. 3, pp. 28–29.

13. Usakovskiy V.M. *Vozobnovlyayushchiesya istochniki energii* [Renewable Energy Sources]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1986. 126 p. (In Russ.)

14. Evans R.G. *Irrigation Technologies Comparisons. Factors Affecting the Choice of an Irrigation System*. Sidney, 2016, pp. 34–50.

15. Hosseini S.M., Dohenbusch A., Skoupy A., Armoon R., Macku J. The Study of Deficit Irrigation for Forest Plantation in Semiarid Areas. *Environment and Ecology Research*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 119–127. doi: 10.13189/eer.2016.040303

16. Shock C.C., Shock B.M., Welch T. Strategies for Efficient Irrigation Water Use. *Sustainable Agriculture Techniques*, 2013, EM 8783: 1-6.

Received on December 23, 2017
