

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 630* 237.1

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛОЙНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПОЧВ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ ПОД ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ И ОРУДИЕ ДЛЯ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

С. Н. Орловский¹, И. В. Кухар²

¹Красноярский государственный аграрный университет
660049, Красноярск, просп. Мира, 90

²Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева
660049, Красноярск, просп. Мира, 82

E-mail: Orlovskiysergey@mail.ru, Rahuk@mail.ru

Поступила в редакцию 13.09.2016 г.

Изучено влияние существующих способов и технологий обработки почвы под лесные культуры на приживаемость и прирост культивируемых древесных пород. Отмечено, что плужная бороздная обработка почвы в отдельных случаях противоречит экологии культивируемых древесных пород, так как дно борозды, куда высаживаются культуры, часто представляет собой нижнюю часть дернового горизонта или верхнюю – подзолистого горизонта с неблагоприятными водно-физическими свойствами и пониженным плодородием, что вызывает сильное торможение роста культур, а также значительные анатомические изменения в их строении. Обработка почвы лесными серийными фрезами при малой толщине гумусового слоя приводит к перемешиванию горизонтов A_0 и A_1 с подзолистым горизонтом A_2 и обеднению обработанного слоя питательными веществами по сравнению с перегнойным горизонтом на необработанных участках. Предлагается конструкция орудия, предназначенного для послойного фрезерования почвы, дано описание его конструкции, принципа работы и технологии применения. Особенностью орудия является обработка почвы не резанием, а отряхиванием задернелого пласта, подрезанного снизу плоскорезом, при этом корни и травяная растительность удаляются за пределы обрабатываемой полосы, что исключает ее зарастание нежелательной растительностью. Установлено, что при использовании орудия улучшается качество крошения почвы, увеличивается содержание фракций размером менее 10 и 10–50 мм, уменьшается содержание фракций размером более 50 мм, почти в 3 раза снижается удельная энергоемкость процесса обработки почвы. Исследовано вертикальное перемещение контрольных частиц при обработке почвы существующими фрезерными машинами и проектным орудием. Определены приживаемость и рост кедра сибирского в опытно-производственных культурах на горях по вариантам технологий создания. При обработке почвенные горизонты не перемешиваются, как при фрезеровании. Не происходит снятия плодородного слоя почвы, что улучшает всхожесть семян лесных культур и положительно влияет на рост сеянцев. Применение орудия повышает качество лесовосстановительных работ, снижает трудоемкость за счет применения новой технологии.

Ключевые слова: лесные культуры, обработка почвы, послойное фрезерование, клин, роторы, отряхивание.

DOI: 10.15372/SJFS20170307

ВВЕДЕНИЕ

Обработка почвы под лесные культуры на старых вырубках и гарях является важнейшей технологической операцией искусственного лесовосстановления, а в связи с современными требованиями по интенсификации и комплексной механизации лесокультурного производства она должна создавать как оптимальные экологические условия для приживаемости, сохранности и роста лесных культур, так и благоприятные технологические условия для качественного проведения механизированной посадки и агротехнических уходов.

При облесении невозобновившихся или слабо возобновившихся хвойными древесными породами вырубок и гарей в лесной зоне наибольшее распространение получила частичная обработка почвы. Однако существующие способы и технологии такой обработки далеко не везде применимы и имеют ряд недостатков. Например, широко распространенная в практике плужная бороздная обработка почвы в отдельных случаях противоречит экологии культивируемых древесных пород. Дно борозды, куда высаживают сеянцы или саженцы, часто представляет собой нижнюю часть дернового горизонта или верхнюю – подзолистого горизонта с неблагоприятными водно-физическими свойствами и пониженным плодородием. В результате отмечается сильное торможение роста культур, а также значительные анатомические изменения в их строении (Миронов, 1977). Количество гумуса в бороздах обычно втрое меньше, чем на необработанных полосах (Калиниченко и др., 1967). В весенний период и в дождливую погоду в бороздах скапливается вода, в связи с чем саженцы страдают от кислородного голодания (Кураев, 1971), токсичных для растений закисных соединений (Кураев, Шестакова, 1970), вымокания и выжимания (Шумаков, Кураев, 1973).

Цель работы – исследовать, как технологии послойного фрезерования почв и разработанная машина влияют на состояние почв при их обработке под лесные культуры и на дальнейшее развитие высаженных растений. Предполагается, что применение предлагаемого орудия позволит снизить энергозатраты на выполнение лесовосстановительных работ, увеличить приживаемость и рост лесных культур, сократить затраты на выполнение агротехнических уходов за ними.

Новизна данной работы заключается в применении принципиально нового способа обработки почвы, при котором плодородный гумусовый горизонт не перемешивается и не удаляется за пределы лесокультурного посадочного места.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обработка почвы лесными серийными фрезами при малой толщине гумусового слоя приводит к перемешиванию горизонтов A_0 и A_1 с подзолистым горизонтом A_2 , и обработанный слой оказывается беднее питательными веществами, чем перегнойный горизонт на необработанных участках (Мгебров, Миронов, 1973).

Фреза лесная унифицированная ФЛУ-0.8 не обеспечивает измельчения корней диаметром более 4 см, а фрезерные машины МФ-0.9 и МЛФ-0.8 измельчают их, но при этом требуют применения тракторов с ходоуменьшителем (Корниенко и др., 1987; Пименов, Кухар, 2005; Кухар, 2014; Коршун и др., 2016). В первом случае ухудшается качество выполнения последующих технологических операций лесовосстановления, во втором – снижается производительность труда и повышается энергоемкость процесса обработки почвы.

Для устранения перечисленных недостатков рассмотренных технологий частичной обработки почвы ВНИИПОМлесхозом разработана машина для послойного фрезерования лесных почв МПФ-1.3 (см. рисунок). Она предназначена для основной полосной обработки почвы под посад-

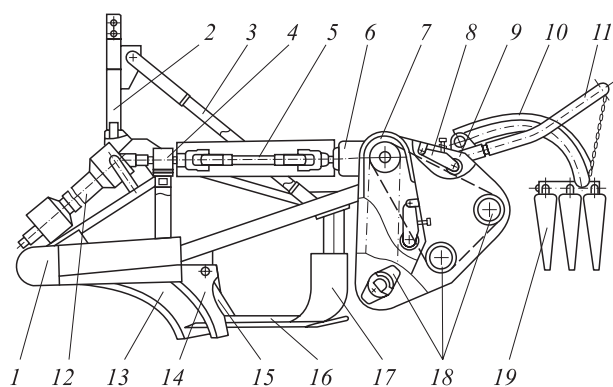


Схема машины для послойного фрезерования лесных почв МПФ-1.3: 1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – наклонная тяга; 4 – промежуточная опора; 5 – промежуточный карданный вал; 6 – редуктор; 7 – левый картер; 8 – натяжное устройство; 9 – правый картер; 10 – отражатель; 11 – заднее ограждение; 12 – основной карданный вал; 13 – средний нож; 14 – боковой нож; 15 – средняя стойка; 16 – горизонтальные ножи; 17 – отвал; 18 – роторы; 19 – скат.

ку лесных культур на вырубках, гарях и других категориях площадей лесокультурного фонда в дренированных условиях местопроизрастания.

Машина обеспечивает «нулевую» обработку почвы путем послыйного рыхления на глубину до 25 см без смешивания почвенных горизонтов с одновременным удалением древесных корней диаметром более 5 см за пределы обрабатываемой полосы. Агрегируют ее с лесохозяйственным трактором ЛХТ-4 с валом отбора мощности (ВОМ) (Орловский, 2004).

Результаты проведенных исследований показали, что машина МПФ-1.3 может применяться как в равнинных условиях, так и на склонах крутизной до 8° (при движении тракторного агрегата по горизонталям) и с мощностью почвенного профиля не менее 25 см. Для нормального функционирования необходима предварительная расчистка полос с удалением валежника и порубочных остатков в межполосное пространство.

При количестве пней до 400 шт./га и захламленности лесокультурной площади менее 50 м³/га возможно совмещение операций полосной расчистки клином КРП-2.5А или орудием ОРП-2.6 и обработки почвы машиной МПФ-1.3 в агрегате с трактором ЛХТ-4.

Технологический процесс работы машины МПФ-1.3 (см. рисунок). При движении агрегата клинообразная форма передней части рамы 1 раздвигает оставшиеся после предварительной полосной расчистки лесокультурной площади древесные остатки в стороны. Опорная лыжа, приваренная снизу к отвалам данного клина, ограничивает величину заглубления горизонтальных ножей 16 и служит для выдерживания заданной глубины обработки почвы. Вертикальные 13, 14 и горизонтальные ножи 16 вырезают две ленты пластов почвы, которые поднимаются первым по ходу ротором 18 «на себя» и перемещаются дальше вверх следующих роторов, действующих на них снизу.

Первый ротор рыхлит нижний слой, второй – средний, а третий – верхний слой почвы. При таком воздействии роторов на пласты обеспечивается более близкое к естественному расположение почвенных горизонтов в обработанной почве (Батин, 1990). Эффективное крошение почвы достигается за счет того, что роторы, вращаясь с возрастающими окружными скоростями (первый – 324 ± 30, второй – 390 ± 30 и третий – (432 ± 30) об./мин), растягивают пласты по длине, а расположение роторов по вогнутой линии способствует их изгибу, при котором верхняя часть пластов сжимается, а нижняя растягивает-

ся. В таком деформированном состоянии у пластов появляются поперечные трещины, облегчающие крошение почвы роторами. Расстояние между барабанами соседних роторов не превышает 50 мм, поэтому древесные корни меньшего диаметра проваливаются вместе с частицами почвы, вырезаемыми ножами роторов. Корни же большего диаметра перемещаются дальше и третьим по ходу ротором отбрасываются на отражатель 10 и по поверхности ската 19 опускаются за пределы обрабатываемой полосы. При наезде на непреодолимое препятствие (пни, крупноразмерные камни и т. д.) вертикальные ножи 13 и 14, установленные под тупым углом вхождения в почву, выглубляют машину, чем предохраняют ее от поломок. Отвал 17 предохраняет привод первого ротора от забивания почвой. Картеры 7 и 9 обеспечивают защиту рабочих органов роторов от перегрузок. Валы карданные 5 и 12 передают крутящий момент от заднего ВОМ трактора к редуктору 6, который посредством цепной передачи осуществляет вращение роторов.

Техническая характеристика машины МПФ-1.3: потребляемая мощность 27.1–46.8 кВт, рабочая скорость 2.40–3.24 км/ч, транспортная – до 10 км/ч, сменная производительность – не менее 1.2 км/ч, эксплуатационная – не менее 1.0 км/ч.

Габаритные размеры: длина – 3220 мм, ширина – 1400 мм, высота – 1810 мм. Масса машины в рабочей комплектации – не более 1060 кг. Транспортный просвет – 400 мм. Глубина обработки почвы – 25 см, ширина захвата – 1.3 м. Удельный расход топлива под нагрузкой – 7.4–6.6 кг/км. При обработке почвы машину обслуживает один тракторист V разряда. Срок службы машины не менее 5 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Машина МПФ-1.3 при сравнительных испытаниях показала ряд преимуществ над серийно выпускаемыми фрезерными машинами (ФБН-1.5 и ФЛУ-0.8). При ее использовании улучшается качество крошения почвы (табл. 1). Почти в 3 раза снижается удельная энергоемкость процесса обработки почвы (146 ± 3 против (400 ± 5) кДж/м³) (табл. 2).

Увеличивается глубина обработки почвы (25 против 21 см). Обеспечивается более близкое к естественному расположение почвенных горизонтов в обработанной почве (табл. 3). Удаляются за пределы обрабатываемой полосы крупные древесные корни, мешающие качественной ра-

Таблица 1. Фракционный состав почвы при обработке разными фрезерными машинами, %

Марка фрезерной машины	Размер фракций, мм		
	< 10	10–50	> 50
МПФ-1.3	75 ± 5	11 ± 2	14 ± 3
ФБН-1.5	54 ± 5	6 ± 1	40 ± 5

Таблица 2. Затраты мощности на обработку почвы фрезерными машинами МПФ-1.3 и ФБН-1.5 при работе трактора ЛХТ-4 на первой передаче

Показатель	Марка фрезерной машины	
	МПФ-1.3	ФБН-1.5
Скорость движения агрегата U , м/с	0.667	0.462
Глубина обработки почвы a , м	0.25	0.21
Ширина обработанной полосы b , м	1.30	1.44
Объем почвы, обработанной за 1 с V ($V = a \cdot b \cdot U$), м ³ /с	0.208	0.140
Суммарные затраты мощности на обработку почвы $N_{\text{сум}}$, кВт	30.4 ± 0.6	55.9 ± 0.7
Работа, затрачиваемая на обработку 1 м ³ почвы (удельная энергоемкость – $J = N_{\text{сум}}/V$), кДж/м ³	146 ± 3	400 ± 5

Таблица 3. Вертикальное перемещение контрольных частиц при обработке почвы фрезерными машинами МПФ-1.3 и ФБН-1.5 (Батин, 1990)

Слой почвы, см	Глубина размещения контрольных частиц до обработки почвы, см			
	2.5	7.5	12.5	17.5
Распределение обнаруженных контрольных частиц по слоям почвы, %				
<i>После обработки почвы МПФ-1.3</i>				
0–5	48	35	23	0
5–10	37	37	31	0
10–15	11	26	28	36
15–20	4	2	18	64
Итого	100	100	100	100
<i>После обработки почвы ФБН-1.5</i>				
0–5	27	26	22	23
5–10	24	25	28	26
10–15	26	24	23	25
15–20	23	25	27	26
Итого	100	100	100	100

боте агрегатов при проведении механизированной посадки и агротехнических уходов за лесными культурами.

Кроме того, проведенные в Мининском опытном лесхозе Красноярского края исследования выявили положительную реакцию культур кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour на более качественную обработку почвы машиной МПФ-1.3 по сравнению с фрезой лесной универсальной ФЛУ-0.8 (табл. 4).

Установлено, что при обработке почвы машиной МПФ-1.3 создаются наиболее благопри-

ятные экологические условия – улучшаются водный, воздушный, тепловой и питательные режимы.

Происходит это не только из-за значительно-го улучшения агрегатной структуры обработанной почвы, но и за счет положительного влияния более глубокого и послойного фрезерования дренированных почв без смешивания гумусового слоя с нижележащими менее плодородными горизонтами на микроклимат в почве, ее биохимическую активность и условия минерального питания культур. Это обеспечило более высокие

Таблица 4. Приживаемость и рост кедр сибирского в опытно-производственных культурах на гарях по вариантам обработки почвы (Мининский опытный лесхоз Красноярского края)

Вариант обработки почвы, орудия, машины, гербициды	Приживаемость, %			Показатели роста восьмилетних культур		
	Возраст культур, лет			Диаметр у поверхности почвы, мм	Высота, см	Текущий прирост в высоту, см
	1	2	8			
Без обработки почвы (контроль)	64.0	53.4	18.5	13.7 ± 0.3	72.3 ± 2.8	13.9 ± 0.7
КРП-2.5А	86.0	77.6	38.2	15.0 ± 0.4	86.1 ± 3.1	16.1 ± 1.3
КРП-2.5А + поверхностное внесение симазина в дозе 1.5 г/м ² действующего вещества	88.3	77.8	41.7	17.0 ± 0.5	87.3 ± 3.3	14.1 ± 1.3
КРП-2.5А + ФЛУ-0.8	90.3	68.1	39.9	17.1 ± 0.4	89.4 ± 3.2	15.3 ± 1.1
КРП-2.5А + МПФ-1.3	95.3	78.0	64.9	18.2 ± 0.5	95.5 ± 3.4	19.4 ± 1.2
КРП-2.5А + МПФ-1.3 + поверхностное внесение симазина в дозе 1.5 г/м ² действующего вещества	93.4	70.2	57.3	18.4 ± 0.3	102.3 ± 3.5	19.5 ± 1.0
КРП-2.5А + МПФ-1.3 + внутрпочвенное внесение симазина в дозе 1.5 г/м ² действующего вещества	91.3	80.5	60.5	19.1 ± 0.4	103.4 ± 3.7	23.4 ± 1.5
КРП-2.5А + МПФ-1.3 + внутрпочвенное (1.5 г/м ²) и поверхностное (1.5 г/м ²) внесение симазина	89.0	69.9	52.1	18.5 ± 0.3	107.2 ± 3.9	21.3 ± 1.4

Примечание. Во всех случаях проводилась механизированная посадка пятилетних саженцев кедр сибирского с использованием лесопосадочной машины МЛУ-1.

Таблица 5. Приживаемость и рост опытно-производственных культур сосны обыкновенной на гарях в Хандагатайском мехлесхозе (Республика Бурятия) по вариантам технологий создания

Вариант технологии, комплекс машин и орудий	Приживаемость, %			Показатели роста шестилетних культур		
	Возраст культур, лет			Высота, см	Диаметр у поверхности почвы, мм	Текущий прирост в высоту, см
	1	2	6			
Бульдозер + ручная посадка (контроль)	71.1	62.2	51.1	67.8 ± 1.9	13.9 ± 0.4	17.3 ± 1.1
ЛХТ-4 + ОРП-2.6 + МЛУ-1	83.7	67.4	60.4	70.0 ± 2.1	14.7 ± 0.5	20.5 ± 1.2
ЛХТ-4 + ОРП-2.6 + МЛУ-1	91.5	80.1	70.7	69.7 ± 2.2	14.1 ± 0.4	18.5 ± 1.0
ЛХТ-4 + ОРП-2.6 + МПФ-1.3 + МЛУ-1	88.2	78.1	76.5	72.6 ± 2.1	15.1 ± 0.6	22.9 ± 1.3
ЛХТ-4 + ОРП-2.6 + МЛУ-1	88.1	72.3	66.8	71.2 ± 2.0	14.9 ± 0.4	20.8 ± 1.2

Примечание. Во всех случаях для посадки использовались трехлетние саженцы сосны обыкновенной.

показатели приживаемости и роста культур кедр сибирского на гарях. Следует отметить перспективность технологии послойного фрезерования почв с одновременным внутрпочвенным внесением гербицидов (см. табл. 4), что значительно сокращает количество требуемых агротехнических уходов за лесными культурами.

При подготовке почвы под посадку лесных культур орудием МПФ-1.3 за пределы обрабатываемой полосы удаляются корни и вытрясенный дерновый слой с травянистой растительностью, что исключает зарастание саженцев нежелательной растительностью, т. е. не требуется их обработка культиватором.

Результаты исследований в Хандагатайском мехлесхозе Республики Бурятия также подтвердили перспективность технологии послойного фрезерования лесных почв орудием МПФ-1.3 при их обработке под лесные культуры сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (табл. 5).

Исследования на территории Ермаковского мехлесхоза Красноярского края показали, что послойное фрезерование почвы обеспечивает более высокие показатели приживаемости и роста кедр сибирского по сравнению с традиционной плужной обработкой, при которой плодородный гумусовый горизонт удаляется за пределы лесокультурного посадочного места (Батин, 2002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что технологические операции, выполняемые машиной для послойного фрезерования лесных почв, более полно отвечают современным требованиям к обработке дренированных почв, создают благоприятные условия для приживаемости и роста лесных культур, а также для качественной работы агрегатов при проведении механизированной посадки и агротехнических уходов за культурами. Более широкое внедрение технологии послойного фрезерования почв при их обработке под лесные культуры позволит повысить эффективность искусственного лесовосстановления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Батин С. Ю.* Метод и результаты количественной оценки вертикального перемещения слоев почвы при обработке машинами фрезерного типа // Молодежь и научно-технический прогресс: мат-лы науч.-практ. конф. Ч. 2. Красноярск, 1990. С. 86–88.
- Батин С. Ю.* Влияние агротехнических приемов на приживаемость и рост кедра сибирского в культурах на гарях // Ботан. исслед. в Сибири. Красноярск, 2002. Вып. 10. С. 9–12.
- Калиниченко Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А.* Лесовосстановление и лесовыращивание. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 232 с.
- Корниенко П. П., Сериков Ю. М., Зинин В. Ф., Казаков В. И.* Механизация обработки почвы под лесные культуры. М.: Агропромиздат, 1987. 247 с.
- Коршун В. Н., Карнаухов А. И., Кухар И. В.* Метод анализа технологических машин для лесного хозяйства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 2(30). С. 163–169.
- Кураев В. Н.* Влияние подготовки почвы на температурный режим и рост лесных культур // Лесохозяйственная информация (реферативный выпуск). 1971. № 11. С. 12–13.
- Кураев В. Н., Шестакова В. А.* Изменение свойств почвы при различных способах подготовки к лесным культурам // Лесоведение. 1970. № 1. С. 75–82.
- Кухар И. В.* Роторная машина для послойной обработки почв // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона: сб. статей по мат-лам межрегион. науч.-практ. конф. школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых, 19 февраля 2014 г. Т. I. Красноярск: СибГТУ, 2014. С. 80–81.
- Мгебров Т. Т., Миронов Н. А.* Влияние обработки на свойства почвы и рост культур лиственницы в Татарии // Научные работы по лесному почвоведению. М.: Лесн. пром-сть, 1973. С. 66–72.
- Миронов В. В.* Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 232 с.
- Орловский С. Н.* Проектирование машин и оборудования для садово-паркового и ландшафтного строительства. Красноярск: СибГТУ, 2004. 108 с.
- Пименов Д. В., Кухар И. В.* Машина для послойного фрезерования почв // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. по мат-лам. Всерос. науч.-практ. конф. Т. 2. Красноярск: СибГТУ, 2005. С. 169.
- Шумаков В. С., Кураев В. Н.* Современные способы подготовки почвы под лесные культуры. М.: Лесн. пром-сть, 1973. 160 с.

THE TECHNOLOGY OF LAYER-SPECIFIC ROTARY SOIL CULTIVATION FOR FOREST CROPS AND EQUIPMENT FOR ITS IMPLEMENTATION

S. N. Orlovskiy¹, I. V. Kukhar²

¹ Krasnoyarsk State Agrarian University
Prospekt Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049 Russian Federation

² M. F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
Prospekt Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049 Russian Federation

E-mail: Orlovskiysergey@mail.ru, Rahuk@mail.ru

Influence of existing methods and technologies of soil processing for forest crops on establishment and growth of cultivated tree species was studied. It was found that furrow plough processing of soil can interfere with the cultivated trees' ecological peculiarities, because the furrow floor, where trees are planted, often constitutes the lower part of the turf or the upper part of the ashen-gray layers having unfavorable water-physical conditions and decreased crop-producing power. Whenever conifer trees grow on the bottom of a furrow excavated in medium and heavy clay loam, their growth is significantly decreased and accompanied by remarkable changes in morphology. Processing of shallow humus thickness soil with multiple cutter results in mixing of A_0 , A_1 and A_2 (ashen-gray) layers. Consequently, the processed horizon obtains a lower amount of fertile substances than the vegetable soil on non-processed places. An apparatus for graded soil tillage, its construction, working principle and usage technology are described. The major peculiarity of the device consists in the ability not to crumbl the soil, but to shake down vegetable earth cut by subsurface plow from beneath. The technology involves removing roots and grass outside cultivated land, so that it cannot be then overgrown with weeds. It was found that exploitation of the device improves soil pulverization quality, enhances percentage of separates less than 10 mm and 10–50 mm, decreases content of the separate larger than 50 mm, and reduced specific energy output almost three-fold. Vertical displacement of control particles while soil processing with common cutter machines and the suggested device was studied. Establishment and growth of Siberian pine was determined in experimental productive cultures at different planting technologies. It was shown that under the suggested technology, forest plants furrow sowing can be done while soil processing, so that making nurseries becomes unnecessary, and cleaning, ploughing furrows, planting and further tending seedlings are not needed. Soil layers are not mixed, as within usual tillage. Rich soil layer is not withdrawn, so that germination ability of target seeds increases, and growth of seedlings in enhanced. The entire process takes much less energy compared to traditional technologies. Application of the device increases the quality of forest regeneration and reduces labor input owing to the new technology.

Keywords: *forest crops, soil processing, layer-specific rotary soil cultivation, cotter, rotors, shaking off.*

How to cite: Orlovskiy S. N., Kukhar I. V. The technology of layer-specific rotary soil cultivation for forest crops and equipment for its implementation // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2017. N. 3: 74–80 (in Russian with English abstract).