

Воздействие машин на лесные почвы

В. С. Сюнев¹
Г. А. Давыдков

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Лесные машины, передвигаясь по лесосеке, оказывают отрицательное воздействие на почвы. Значительные повреждения почвы, корневых систем и напочвенного покрова приводят к негативным экологическим последствиям. Необходимость минимизации этих последствий требует выбора машин, причиняющих меньший вред окружающей среде. Наибольшее распространение на лесозаготовках получили гусеничные трелевочные трактора и колесные форвардеры. Для сравнительной оценки степени их негативного воздействия на лесную почву проведены экспериментальные исследования.

Ключевые слова: лесная почва, повреждения, физические параметры почвы, гусеничные и колесные лесные машины.

SUMMARY

Forest machines influence greatly on soil in a negative way when moving on. Considerable soil damages, damages of tree root systems lead to negative ecological consequences. The necessity to minimize these consequences demands to choose machines that cause less damages to the environment. Tracked skidders and wheeled forwarders are the most common-spread machines, used on harvesting in the northern part of Russia now. In order to estimate comparatively the degree of their negative influence on forest soil, experimental researches were carried out.

Keywords: forest soil, soil damages, soil physical parameters, tracked and wheeled forest machines.

ЦЕЛЬ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследований – оценка степени воздействия наиболее распространенных на Северо-Западе трелевочных машин на лесные почвы. Испытания проводились для двух типичных российских чокерных трелевочных тракторов ТДТ-55А с обычной и уширенной (асимметричной) гусеницами и финского колесного форвардера Timberjack-1010.

Для сопоставимости получаемых результатов испытываемые машины приводились к эквивалентной массе: форвардер, имеющий массу 11 тонн, двигался по испытательному маршруту порожним, а оба трактора ТДТ-55, имеющие массу порядка 9,5 тонн, догружались хлыстами до массы 11 тонн. Таким образом, гусенич-

ные машины имитировали хлыстовую трелевку леса, а форвардер – сортиментную.

Испытания были организованы в районе поселка Матросы в 30 км от Петрозаводска в хвойном лесу (сосняк лишайникового типа, состав насаждения 10С, возраст 35-40 лет, бонитет IV, полнота 0,6, подрост – сосна и ель, подлесок – можжевельник) на песчаных сухих почвах. Напочвенный покров представлен белыми мхами: кладонией альпийской, вильчатой и лесной (проективное покрытие 100%); вереском (10%); единично – брусничкой. Испытания проводились в сухой период. Влажность образцов грунта, определенной в лаборатории весовым способом, не превышала 13 %. Для проведения испытаний был подготовлен специальный полигон, представляющий собой свежую вырубку, осуществленную вручную бензопилами без применения трелевочных механизмов (впоследствии участок передавался для дачного кооператива). Подрост и мелкие деревья на вырубке сохранялись. Отдельные серии опытов были воспроизведены дополнительно на невырубленных участках. Здесь же были проведены исследования по влиянию проходов машин на подрост, оставаемый в районе движения, и визуальные наблюдения последствий поворота машин.

В процессе подготовки полигона к испытаниям на нем были выделены три параллельные трассы. Длина каждой трассы составляла 100 метров. Каждая трасса разбивалась на три примерно равных участка. На первом участке осуществлялся трехкратный проход исследуемой машины, на втором машина должна была пройти шесть раз, на третьем – девять. В середине дистанции каждого участка были организованы измерительные пункты, обозначаемые деревянными кольями с флажками. В местах расположения мерных пунктов с трасс удалялись оставленные при рубке мелкие деревья и порубочные остатки. На пунктах осуществлялся замер поперечного профиля волока до и после проходов машин, проводились измерения показателей, характеризующих состояние почвы до и после прохода машин.

Существующие отечественные ГОСТ 26953-86, 26954-86, 26955-86 и многие исследователи в качестве основного показателя воздействия машин на почвы рекомендуют применять среднее удельное давление колес или гусениц. Этот показатель и сами упомянутые ГОСТы не раз подвергались справедливой критике [5, 6, 7]. Современные исследования в области механизации сельского хозяйства [1, 2, 8, 9, 16], а также последние работы по исследованию воздействия лесных машин на почвы, выполненные Г. М. Анисимовым, Б. М. Большаковым, В. М. Котиковым, А. М. Кочневым и другими отечественными учеными [10-15 и др.], рекомендуют в качестве оценочных показателей и другие величины. При этом ведущая роль отводится характеристике уплотнения почвы.

Поскольку большинство современных исследователей отмечают недостаточность использования только одного показателя изменения плотности грунта после прохода машин для оценки степени их влияния на почвы,

¹ Авторы – соответственно профессор и преподаватель кафедры тяговых машин

то воспользуемся несколькими показателями для оценки этого воздействия.

Основными определяемыми показателями, характеризующими воздействие машин на почву, были выбраны:

- глубина и характер оставляемой колеи;
- твердость (пенетрационные кривые);
- плотность грунта на поверхности (слой глубиной 0-5 см) и на глубине 15 – 20 см;
- пористость почвы.

С помощью горизонтальных нитей на измерительных пунктах был зафиксирован их поперечный профиль по поверхности грунта до момента прохода машин. После этого каждая машина осуществляла проход по трассе, имитируя процесс трелевки. Процесс движения машин записывался на видеокамеру. После завершения необходимого числа проходов на каждом мерном пункте относительно выставленной согласно первоначальной позиции горизонтальной нити замерялся поперечный профиль волока, что позволяло определять размеры колеи. На каждом мерном пункте поперечный профиль измерялся в трех местах с расстоянием между мерными линиями 0,5 метра.

На всех исследуемых участках в районе мерных линий снимались показания пенетрометра с конусом 1 см² с записью на бумажную ленту. Замеры проводились на обочинах и в середине волока (контроль), а также по правой и левой колеям. На колею и на контрольных участках забирались пробы грунта с поверхности (после удаления растительного слоя) и с глубины 15 см. После просушки производилось повторное взвешивание образцов и их измельчение для определения объема скелета грунта. Пористость грунта определялась по методике, представленной в работе [17].

Обработка всех данных проводилась на ПЭВМ в пакете Microsoft Excel 5.0. Оценка точности экспериментальных данных показала их удовлетворительную достоверность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Колееобразование

Для всех исследованных машин глубина колеи увеличивалась с увеличением числа проходов. Трактор ТДТ-55 с обычной гусеницей при трелевке хлыстов за вершины при прочих равных условиях оставлял более глубокую колею, чем тот же трактор с уширенной гусеницей. Форвардер с его широкими шинами при той же массе формировал еще более меньшую колею.

После трех проходов колея ТДТ-55 с уширенной гусеницей составляла по глубине 58,8 % колеи трактора с обычной гусеницей. Колея форвардера соответствовала 13,7 % глубины колеи стандартной гусеничной машины. С увеличением числа проходов до 6 раз глубина колеи ТДТ-55 с уширенной гусеницей была в среднем 42,9% от колеи стандартной машины. Колея форвардера при этом числе проходов оказалась равной 49% от колеи стандартного гусеничного трактора ТДТ-55. По-

видимо, это объясняется тем, что волочащаяся часть пачки (комли хлыстов) засыпала и подтрамбовывала колею гусеничной машины при данном числе проходов. Дальнейшее увеличение числа проходов машин по тому же следу показало рост глубины колеи, но процесс колееобразования стабилизировался после 8-9 проходов. После 9 проходов, как и ранее, трактор ТДТ-55 с широкой гусеницей образовал колею, равную по глубине 97,1% от колеи обычной модификации трактора. Колея форвардера получилась наполовину меньше колеи стандартной модели трактора ТДТ-55.

Таким образом, можно сделать вывод, что шестиколесный одиннадцатитонный форвардер с шинами шириной 700 мм при прочих равных условиях образует меньшую колею, чем оба испытанных гусеничных трактора. Кроме того, на участках движения форвардера после 9 проходов не было замечено минерализации почвы, разрушения напочвенного растительного покрова и разрыва корней.

На участках движения стандартного трактора ТДТ-55 после 9 проходов произошли значительная частичная минерализация с рыхлением верхнего растительного слоя и разрыв поверхностно залегающих корневых систем. Особенно значительная минерализация почвы со сдвигом верхних гумусных слоев в валки и разрывом поверхностных корневых систем происходила в местах поворота трактора. Гусеничный трактор с асимметричными уширенными гусеницами обеспечивал явно менее отрицательное воздействие на почву, особенно на первых трех проходах. Однако последствия его поворотов также были критическими для лесной подстилки. Исследования по влиянию машин на подрост, оставляемый на волоке, показали, что для подростка, не превышающего по высоте величины 1,5 клиренса, трехшестикратный проход не опасен (если он оказался не на колею).

Твердость почвы (сопротивление пенетрации)

Твердость почвы (сопротивление пенетрации) наряду с плотностью и пористостью является наиболее важной характеристикой. Она играет существенную роль при рассмотрении биологических явлений, характеризуя сопротивление прорастанию корней.

На всех исследованных трассах твердость замерялась по правой и левой колеям в районе мерных линий по три раза с заглублением на 60 сантиметров. Средняя величина была взята за показатель твердости в данном месте. Для контроля (вне колеи) твердость замерялась по той же мерной линии по бокам транспортного коридора и между колеями.

После этого определялся средний контрольный показатель для данных условий для каждой градации глубины. Все данные обрабатывались в пакете Microsoft Excel 5.0. Результаты замеров и обработки данных показывают, что существенное сопротивление вхождению конуса пенетрометра наблюдалось до глубины порядка 39-40 см. Глубже внедрение конуса проходило практически без сопротивления.

С числом проходов для всех исследованных машин твердость почвы на колее повышалась. Для трактора ТДТ-55 с обычной гусеницей после трех проходов это повышение было не существенно. После шести проходов на глубине до 6-7 см произошло разрыхление почвы и понижение твердости, хотя в более глубоких слоях твердость возросла. После девяти проходов на десятисантиметровой глубине твердость возросла в 3,5 раза в сравнении с контролем. В остальных случаях (для ТДТ-55 с уширенной гусеницей и форвардера ТТ1010) происходило увеличение твердости. При этом на глубине это увеличение и для гусеничных машин и для колесной имеет практически одинаковый характер и величину. Разница в показаниях пенетрометра наблюдается только в верхних горизонтах (до 10-13 см).

Изменение плотности почвы (объемной массы грунта)

Плотность почвы является одной из ее важнейших характеристик, определяющих условия жизни растений. Именно от плотности почвы, от степени ее увеличения зависят водный и воздушный, а часто и температурный режимы. Уплотнение почвы ведет к резкому снижению скорости фильтрации воды, оказывающей значительное влияние на жизнь растений. Причем чем тяжелее механический состав почвы, тем последствия падения скорости фильтрации ощутимее.

Так, по данным И. Б. Ревута [18], при повышении плотности суглинистой почвы от 1,0 до 1,7 г/см³ скорость фильтрации снижается 1-5 тысяч раз. Это значит, что 1 мм осадков проникает в почву в течение многих часов и скорее испарится, чем достигнет питающих корешков растений.

Таким образом, уплотнение почвы в зоне колее затрудняет процесс проникновения влаги в глубинные слои, способствует застою воды в углублениях или усиленному поверхностному стоку на склонах. В последнем случае возникает опасность водной эрозии. Избыток влаги нарушает деятельность почвенных микроорганизмов, играющих важную роль в обеспечении корней растений доступными элементами питания.

До проведения испытаний контрольные образцы почвы имели достаточно большой разброс по плотности в пределах 1,30 – 1,57 г/см³. После движения машин этот показатель достигал 1,61 – 1,75 г/см³.

При трехкратном проходе машин в верхнем слое почвы наблюдается незначительное ее уплотнение после движения форвардера и разуплотнение после движения гусеничных машин. Максимальное изменение плотности наблюдалось после прохождения трактора ТДТ-55 со стандартной гусеницей и грузом хлыстов и составило 10,7%. Гусеничный движитель разрыхлял грунтозацепами верхний слой и в то же время утрамбовывал его плоскими частями траков и волочащейся пачкой. На глубине 15-20 см разница в изменении плотности после движения исследованных машин не превысила 5%, а само значение относительного изменения плотности в среднем составило 0,6-5,3%. Шестикратный проход машин вызвал уплотнение почвы в верхнем (5-12,4% к

контролю) и нижнем слоях (1-15,8% к контролю). Визуально после шестикратного прохода гусеничных машин наблюдались разрывы мелких поверхностно залегающих корней.

Девятикратный проход машин вызвал дальнейшее повышение плотности и на поверхности и на глубине, соответственно 22-33,4% и 13,9-22%. При этом в верхнем почвенном слое большее уплотнение происходило под гусеницами трактора ТДТ-55, а в нижнем слое почвы – под колесами форвардера.

В целом по результатам испытаний можно заключить, что с ростом числа проходов возрастает и степень уплотнения почвы. В верхнем слое почвы (0-5 см) уплотнение более значительно, чем в нижнем (15-20 см). Разница в степени уплотнения почвы различными машинами наиболее очевидно просматривается только в верхнем слое. На глубине последствия изменения плотности после движения исследованных машин оказались практически несущественными для рассмотренных условий испытаний.

Пористость почвы

Уплотнение почвы сопровождается снижением размера и количества почвенных пор, заполненных водой или воздухом. Снижение размеров эффективного радиуса пор затрудняет циркуляцию почвенного воздуха, понижая содержание в нем кислорода. Для активного роста кончиков корней концентрация кислорода должна достигать 5-10% [18], при концентрации кислорода менее 1% корни заметно теряют в весе.

Исследования последствий движения машин показали, что уплотнение почвы привело в конечном итоге и к снижению пористости почв в зоне колее. Если до испытаний (контроль) пористость составляла 51-54%, то после окончания работ она снизилась до 39-46%. Снижение пористости происходит с увеличением числа проходов, т.е. с ростом уплотняемости почвы. Наибольшее снижение пористости наблюдалось после 9 проходов машин. При этом в верхних слоях оно было более существенным.

ВЫВОДЫ

1. Для сравнительной оценки степени воздействия лесной техники на почву целесообразно пользоваться показателями, характеризующими физико-механические свойства самой почвы (плотность, твердость, пористость), и глубиной колее.
2. Колееобразование: шестиколесный одиннадцатитонный форвардер с шинами шириной 700 мм при прочих равных условиях на сухих супесчаных грунтах образует меньшую колею, чем оба испытанных гусеничных трактора. При движении гусеничные машины разрыхляли почву в колее, заглублялись в грунт и выдавливали его.
3. На участках движения форвардера после 9 проходов не было замечено минерализации почвы, разрушения напочвенного растительного покро-

ва и разрыва корней, что очень важно с биолого-экологической точки зрения. Гусеничные машины разрывали поверхностные тонкие корневые системы, а на более крупных корнях повсеместно наблюдались срывы коры.

4. Подрост между правой и левой колеями сохранялся неповрежденным при движении форвардера, если высота подраста не превышала 1,5 клиренса (дорожного просвета). При движении гусеничных трелевочных тракторов подрост значительно повреждался волочащейся пачкой. Сохранились только отдельные мелкие экземпляры.
5. Твердость почвы (сопротивление пенетрации): с числом проходов всех исследованных машин твердость почвы на колее повышалась. Результаты замеров и обработки данных показывают, что существенное сопротивление вхождению конуса пенетromетра (диаметр 20 мм, угол 30°) наблюдалось до глубины порядка 39-40 см. Глубже внедрение конуса проходило практически без сопротивления. Изменение твердости, а следовательно, воздействие машин на почву распространялось на глубину 30-35 см. При этом на глубине это увеличение и для гусеничных машин, и для колесной имеет практически одинаковый характер и величину. Разница в показаниях пенетromетра наблюдается только в верхних горизонтах (до 10-13 см).
6. Изменение плотности (объемной массы грунта): в целом по результатам испытаний можно заключить, что с ростом числа проходов всех машин возрастает и степень уплотнения почвы. В верхнем слое почвы (0-5 см) уплотнение более значительно, чем в нижнем (15-20 см). Разница в степени уплотнения почвы различными машинами наиболее очевидно просматривается только в верхнем слое. На глубине последствия изменения плотности после движения исследованных машин оказались практически несущественными для рассмотренных условий испытаний.
7. Пористость почвы: снижение пористости происходит с увеличением числа проходов, т.е. с ростом уплотняемости почвы. Если до испытаний (контроль) пористость составляла 51-54%, то после окончания работ она снизилась до 39-46%.

В целом по результатам сравнительных испытаний можно заключить, что машины при одинаковой массе оказывают на глубинные слои почвы (с 15 см и глубже) примерно одинаковое воздействие. Разница в изменениях физико-механических свойств почв после проходов машин существенна только в самых верхних (5-10 см) слоях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. 182 с.
2. Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 224 с.
3. Герасимов Ю. Ю., Сюнев В. С. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок. Йёнсуу: Изд-во университета Йёнсуу, 1998. 178 с.
4. Сюнев В. С. К вопросу о взаимодействии лесных машин с почвой // Повышение эффективности подготовки биомассы дерева к переработке на щепу: Сб. науч. трудов / КарНИИЛП. Петрозаводск, 1997. С. 41-43.
5. Хабатов Р. Ш. и др. О государственных стандартах по воздействию движителей мобильной сельхозтехники на почву // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1989. № 5. С. 7-9.
6. Ляско М. И., Кудренко А. Г. Оценка достоверности методик определения стандартных показателей воздействия на почву колесных движителей // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1989. № 5. С. 9-12.
7. Водяник И. И. Несовершенство методик определения нормированных показателей воздействия движителей на почву // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1989. № 5. С. 18.
8. Ксенович И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. Ходовая система – почва – урожай. М.: Агропромиздат, 1985. 304 с.
9. Водяник И. И. Воздействие ходовых систем на почву. М.: Агропромиздат, 1990. 172 с.
10. Анисимов Г. М., Большаков Б. М. Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами / ЛТА. СПб., 1998. 108 с.
11. Котиков В. М., Слодкевич Я. В. Ходовые свойства машин и экология // Лесная промышленность. 1990. № 12. С. 5.
12. Ермольев В. П., Виногоров Г. К. Механика воздействия машин на лесные почвы // Лесная промышленность. 1995. № 3. С. 27.
13. Савицкий В. Ю. Влияние лесосечных машин на почву // Лесная промышленность. 1992. № 1. С. 24.
14. Рыскин Ю. Е., Андрияшин М. И. Воздействие колесных тракторов на грунт // Лесная промышленность. № 3. С. 20-21.
15. Шеховцов Д. И. Давление трактора на грунт и состояние лесной среды // Лесная промышленность. № 3. С. 10-11.
16. Hunter A. G. M. Soil-Vehicle interaction // Journal of Terramechanics. 1991. Vol. 28. No. 4. P. 297-308.
17. Бабков В. Ф., Безрук В. М. Основы грунтоведения и механики грунтов. М.: Высш. школа, 1976. 328 с.
18. Ревут И. Б. Физика почв. Л.: Изд-во «Колос», 1972. 386 с.