

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОПОВЫШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ ЭКСКАВАТОРАМИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н.

*Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск,
e-mail: a.ilintsev@sevniilh-arh.ru, nakvasina@yandex.ru*

При обработке почвы под лесные культуры микроповышениями с помощью экскаваторов необходимо учитывать региональные особенности почвенного покрова. Изучены 28 участков лесных культур 1–10-летнего возраста в черничном, брусничном, травяном, кисличном, долгомошном типах лесорастительных условий. Рассмотрены почвенные условия, строение микроповышений, физические свойства (влажность, плотность сложения, пористости общая и аэрации) в корнеобитаемой толще (0–20 см) в микроповышениях с турбированными почвами и на пашке с нативными почвами. Региональной особенностью почвенного покрова в лесах Республики Коми является широкое распространение в качестве почвообразующих пород суглинков моренных и покровных, что обеспечивает близость к поверхности почвы тяжелых (средне- и тяжелосуглинистых) горизонтов. Эти горизонты захватываются тяжелым ковшом экскаватора и выносятся на поверхность микроповышений, покрывая турбированную смесь более легких горизонтов (лесная подстилка, элювиальный, иллювиальный горизонты). В результате верхний 20-сантиметровый слой микроповышений в 70 % случаев состоит из тяжелых по гранулометрическому составу нижних горизонтов почвы и по физическим свойствам (плотность и пористость) отличается от нативной почвы. Доля микроповышений с подобным выносом нижних горизонтов почвы в толщу распространения посаженных семян влияет на средние показатели значений физических свойств почв. С увеличением количества микроповышений с суглинками на поверхности наблюдается повышение плотности сложения, снижение пористости общей и пористости аэрации. Подобное строение микроповышений может ухудшать водно-воздушный и питательный режимы в зоне корней высаженных растений, снизить приживаемость и рост семян. Технология формирования микроповышений экскаваторами должна корректироваться в связи с региональными особенностями почвенного покрова. Возможно применение более легких ковшей.

Ключевые слова: лесные культуры, экскаваторы, микроповышения, строение, физические свойства почвы

CREATION OF SPOT MOUNDS AFTER TILLAGE BY EXCAVATORS FOR PLANTING FOREST CROPS IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

Ilintsev A.S., Nakvasina E.N.

*Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk,
e-mail: a.ilintsev@sevniilh-arh.ru, nakvasina@yandex.ru*

It is necessary to take into account the regional characteristics of the soil cover when soil mounding treatment using excavators to create forest crops. We studied 28 plots of forest crops 1–10 years old in *Myrtilus*, *Vaccinium*, *Herbosum*, *Oxalidosum*, and *Polytrichum* types of forest growing conditions. We examined soil conditions, the structure of spot mounds, physical properties (moisture, bulk density, total porosity and porosity of aeration) in the root–soil layer (0–20 cm) in spot mounds with disturbed soils and in cutting strip with native soils. A regional feature of the soil cover in the forests of the Komi Republic is the widespread use of moraine and cover loams as soil-forming parent soil, which ensures the proximity of coarse-textured (silt loams and clay loams) horizons to the soil surface. The heavy bucket of the excavator captures these horizons and transfers them to the surface of the spot mounds, covering a mixture of upper horizons (forest litter, eluvial, illuvial horizons). As a result, the upper 20-centimeter layer of mounds in 70 % of cases consists of coarse-textured soils of the lower soil horizons and physical properties (bulk density and porosity) differ from the native soil. The proportion of mounds similar lower soil horizons into the thickness of the spread of planted seedlings affects the average values of the physical properties of soils. With an increase in the number of mounds with loams horizons on the surface, there is an increase in the bulk density, a decrease in the total porosity and porosity of aeration. Such a structure of mounds can worsen the water-air and nutrient regimes in the root zone of planted plants, reduce the survival rate and growth of seedlings. The technology of the creating of spot mounds by excavators should be adjusted in connection with the regional characteristics of the soil cover. It is possible to use lighter buckets.

Keywords: forest crops, excavators, mounds, structure, physical properties of the soil

Дискретная (прерывистая) обработка почвы, в том числе созданием микроповышений с помощью экскаваторов при искусственном лесовосстановлении, широко применяется за рубежом [1, 2]. Ее пре-

имущества [3] вызвали большой интерес и в России, особенно их использование при создании микроповышений, что в определенных типах леса позволяет повысить приживаемость лесных культур [4, 5], особенно

при использовании посадочного материала с закрытой корневой системой.

Микроповышения (приподнятые посадочные места) состоят из перевернутой почвы и лесной подстилки и лежат на нарушенной почве. Они благоприятны для приживаемости и роста растений на свежих и влажных участках за счет лучшего прогрева, наличия в их толще органического вещества подстилки, оттока избыточной влаги [6]. Подготовка микроповышений при лесокультурном производстве не требует предварительной корчевки и является альтернативой плужной обработке почвы. Однако в этом случае оставшиеся на вырубке порубочные остатки, пни, камни могут привести к существенным различиям в качестве микроповышений. Этим различиям могут также способствовать почвенные условия, особенно глубина залегания почвообразующих пород, а также навыки работы экскаваторщика по глубине захвата почвы ковшем. Различия в строении микроповышений, участие в их сложении тяжелых по гранулометрическому составу нижних слоев почвы может изменить как химические, так и физические свойства корнеобитаемого слоя почвы, в котором будут укореняться посаженные сеянцы. Для успешного лесовосстановления рекомендуется принимать во внимание определение характеристик почвы в качестве важного показателя до или во время работ [7].

Изучение качества микроповышений в конкретных почвенно-лесорастительных условиях позволит провести корректировку технологических процессов и дать рекомендации по подготовке посадочных мест для повышения приживаемости и улучшения роста лесных культур.

Цель исследования – изучить строение и физические свойства в корнеобитаемом слое микроповышений, создаваемых экскаваторами при обработке почвы под лесные культуры в Республике Коми.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на 28 лесокультурных площадях в Двинско-Вычегодском таежном лесном районе в Койгородском, Сысольском и Прилузском лесничествах Республики Коми. По лесорастительному районированию территория исследований относится к подзоне средней тайги. Лесные культуры заложены в 2013–2023 гг. по общепринятым в регионе нормативам [8] на вырубках из-под ельников и сосняков черничного, брусничного, травяного, кисличного и долгомошного типов леса.

Обработка почвы на всех лесокультурных площадях была проведена тяжелыми экскаваторами с применением стандартного ковша объемом 0,8–1,1 м³ с созданием дискретных микроповышений шириной в среднем 1,1 м (от 0,6 до 1,6 м) и длиной 1,3 м (от 0,9 до 2,2 м). Расстояние между микроповышениями составляло от 1,0 до 3,0 м. Высота микроповышений, состоящих из переслоенных/перемешанных горизонтов захваченной ковшем экскаватора почвы составляла 5–60 см. Высаживали 1–3-летние сеянцы сосны и ели с закрытой корневой системой, применяя посадочные трубы Pottiputki. Густота культур не менее 2,0 тыс. шт. на 1 га.

При обследовании лесных культур закладывали учетные площадки размером 25 x 25 м, число которых зависело от площади вырубки. Кроме общепринятых показателей качества и роста лесных культур большое внимание уделено изучению почвенных условий в местах посадки растений, согласно принятым в почвоведении методам, применяемым в подобных исследованиях [9, 10].

На каждом участке лесных культур закладывали почвенный разрез, делали описание горизонтов почвенного профиля. Изучили физические свойства почвы в корнеобитаемом слое 0–20 см 10 микроповышений и 10 точек отбора на пасеке (в нарушенных техникой условиях) на каждом участке лесных культур. Образцы почвы отбирали с середины корнеобитаемого слоя с помощью металлического цилиндра с режущими краями (бура) объемом 52,78 см³ (диаметр 4,1 см, длина 4 см). В лабораторных условиях определили полевую влажность, плотность сложения, плотность твердой фазы, общую пористость и пористость аэрации почвы. Изучили детальное строение толщи 55 микроповышений с разделением ее на составляющие горизонты.

Для проверки исследуемых выборок на нормальность распределения оценили их статистические показатели и применили критерий Колмогорова – Смирнова. Для сравнения физических свойств между микроповышениями и участками, где не было обработки почв, применили t-критерий на 0,05 уровне вероятности. Для установления взаимосвязи между показателями применили коэффициент Ро Спирмана. Для установления доли прямых и обратных связей применили коэффициент корреляции Тау-b Кендалла. Все расчеты были проведены в программе SPSS 22 (IBM Inc., Armonk, NY, USA).

Результаты исследования и их обсуждение

В подзоне средней тайги Республики Коми, где проводились наши исследования, наиболее распространены почвы подзолистого типа почвообразования [11, с. 102], что и наблюдалось на изученных участках лесных культур. Текстурно-дифференцированные подзолистые почвы встречаются на 46% изученных площадей лесных культур, остальные были представлены альфегумусными подзолистыми (с микропрофилем подзола) и подбурами (скрытоподзолистыми), которые составляли 18 и 36% соответственно. В ряде случаев (долгомощные условия местообитания) отмечены признаки поверхностного оглеения.

Особенностью почв региона является их формирование на суглинистых моренных и покровных (пылеватых) суглинках [11, с. 29], что приводит к тому, что уже на глубине 30–40 см почвенного профиля наблюдается заметное увеличение содержания физической глины (частицы менее 0,01 см) до значений более 30%. Формируются горизонты со среднесуглинистым и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом [11, 12]. В нашем случае глубина залегания тяжелых по гранулометрическому составу горизонтов почвы, обозначенных нами ВС/С, составила от 32 до 85 см. Более чем в половине почвенных разрезов слои средних суглинков были на глубине менее 50 см и могли захватываться ковшом экскаватора и выноситься на поверхность микроповышений, участвуя в их строении. Более глубокое залегание средних суглинков было характерно для альфегумусных почв в хорошо дренированных условиях.

Захват почвы экскаватором достаточно изменчив. Высота микроповышений в культурах 1–5-летнего возраста значительно варьирует – от 10 до 60 см (в среднем 23,3 см). Однако через 5 лет после их создания микроповышение оседает, и переотложенная толща в культурах, созданных 6–10 лет назад, составляет от 5 до 28 см (в среднем 17,2 см). При этом толща переотложенных нижних средне- и тяжелосуглинистых горизонтов на поверхности микроповышений составляет до 80% от высоты микроповышения. Посадка семян ЗКС производится в толщу нижних неплодородных и тяжелых по гранулометрическому составу пород.

Изучение строения микроповышений, созданных экскаватором, показало, что в 69% случаев на их поверхность выносятся

средний/тяжелый суглинок нижних горизонтов почвы, более чем в половине случаев (40%) слой суглинка покрывает турбированный горизонт, состоящий из смеси или переслоенных горизонтов, составляющих верхние слои почвы (лесная подстилка, подзолистый, иллювиальный), имеющие более легкий гранулометрический состав. На участках подбуров, где подзолистый горизонт не выражен, формируются микроповышения, состоящие из смеси горизонтов В и ВС/С, имеющих близкий гранулометрический состав (средний суглинок). В ряде случаев (10%) элювиальный горизонт сохраняет свою толщину (2–3 см) и оказывается в нижней части смешанного горизонта, контактируя с лесной подстилкой исходной почвы. При более глубоком расположении почвообразующей породы экскаватор захватывает только горизонты элювиальный (2%) или иллювиальный (4%) или их смесь (17%), не вынося на дневную поверхность нижележащие тяжелые по гранулометрическому составу слои почвы. Однако по крайней мере в 70% случаев корнеобитаемый слой представлен нижними горизонтами почвы, имеющими достаточно тяжелый гранулометрический состав (средний и тяжелый суглинок), который отразится на физических и химических свойствах, необходимых для роста растений.

Сравнили физические свойства (табл. 1) в корнеобитаемом слое микроповышений и нативной почвы на пасаках, не затронутых антропогенными нарушениями при обработке почвы под лесные культуры. Наиболее выражены различия (на уровне 95%), обусловленные строением микроповышений, наблюдаются по влажности и общей пористости. Различия по плотности сложения доказаны на уровне 90%), однако также подтверждают тенденцию существования различий в физических свойствах микроповышений относительно нативной почвы.

Проанализировали влияние нижних средне- и тяжелосуглинистых горизонтов почвы, участвующих в строении микроповышений, созданных экскаваторами, на физические свойства в корнеобитаемом слое (0–20 см). По 10 точкам опробования для каждой лесокультурной площади (всего 280 микроповышений) установили количество (%) микроповышений, в которых в месте отбора образцов (середина толщи исследования) присутствовал горизонт ВС/С (средний или тяжелый суглинок).

Таблица 1

Средние значения физических свойств почвы в корнеобитаемой толще микроповышений и пасек ($t_{0,05} = 2,059$; $t_{0,1} = 1,701$; $n = 28$)

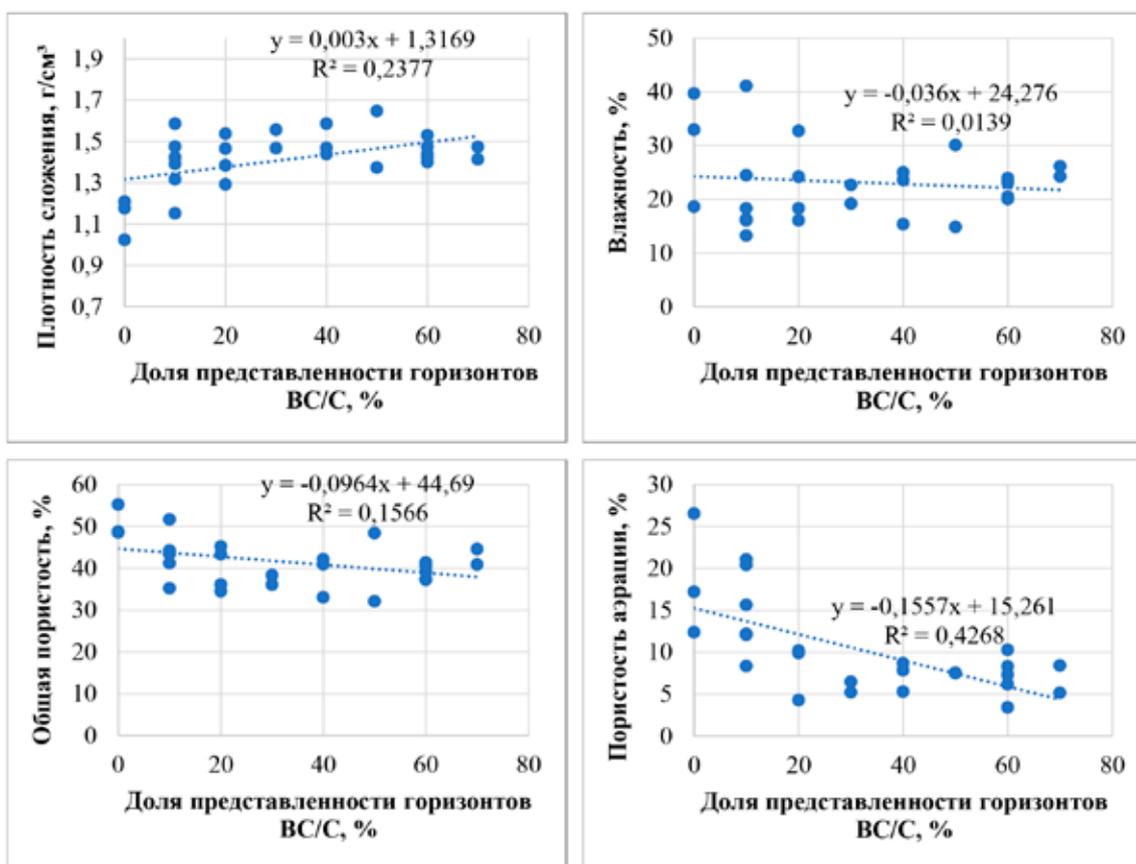
Показатель	Микроповышение	Пасека	Критерий Стьюдента
Плотность сложения, г/см ³	1,40 ± 0,041	1,28 ± 0,052	1,80*
Полевая влажность, %	23,3 ± 1,50	32,1 ± 3,30	2,45**
Плотность, г/см ³	2,41 ± 0,022	2,44 ± 3,300	0,91
Пористость общая, %	41,5 ± 1,70	47,2 ± 2,16	2,07**
Пористость аэрации, %	10,1 ± 1,90	9,5 ± 1,40	0,25

Примечание: * – достоверные различия на 10% уровне значимости; ** – достоверные различия на 5% уровне значимости.

Данные, представленные на рисунке, показывают четко заметные тенденции повышения среднего показателя плотности сложения и снижения общей пористости, особенно пористости аэрации, в середине корнеобитаемой толщи микроповышений, при увеличении доли посадочных мест с нали-

чием на их поверхности нижних горизонтов почвы, вынесенных ковшом экскаватора.

Данные закономерности подтверждаются статистически (табл. 2). Плотность сложения и общая пористость достоверны в 65% случаях (на уровне 0,05), а пористость аэрации – в 77% (на уровне 0,01).



Влияние доли нижних горизонтов (BC/C) на физические свойства почвы в толще корнеобитаемого слоя микроповышений, создаваемых экскаваторами

Таблица 2

Корреляционная связь частоты встречаемости нижних горизонтов с физическими свойствами почвы в корнеобитаемой толще микроповышений, подготовленных экскаваторами (N = 27).

Показатель	Коэффициенты	
	Тау-в Кендалла	Ро Спирмена
Влажность, %	0,045	0,036
Плотность сложения, г/см ³	0,318*	0,424*
Пористость общая, %	-0,300*	-0,421*
Пористость аэрации, %	-0,536**	-0,704**

Примечание. * – достоверно на уровне 0,05; ** – достоверно на уровне 0,01.

Данные показывают, что вынос нижних горизонтов почвы, имеющих средние и тяжелосуглинистый гранулометрический состав и расположенных в толще почв региона на глубине ниже 40 см, в верхнюю часть микроповышений, где расположен корнеобитаемый слой и место заглубления корней/стаканчиков ЗКС, может стать проблемой ухудшения приживаемости и роста сеянцев после посадки их на лесокультурную площадь. Физические свойства почвы во многом определяются генезисом почвообразующих пород и их гранулометрическим составом [13, с. 43]. Вынос нижних горизонтов почвы на место корнеобитаемого слоя изменит диапазон оптимума для обеспечения воздухом и влагой посаженных сеянцев, повлияет на обеспеченность элементами питания. Все это повлечет за собой снижение приживаемости посадочного материала, ухудшение роста сеянцев и скажется на качестве лесных культур.

Кроме того, наблюдается пестрота строения микроповышений, а следовательно, и свойств в зоне обитания корней высаженных сеянцев. Это будет увеличивать вариабельность роста лесных культур в посадочных местах. Немаловажно и то, что возрастает изменчивость свойств при определении средних значений для участка лесных культур при проведении исследований по оценке качества микроповышений и их соответствия условиям произрастания сеянцев сосны и ели.

Заключение

При подготовке микроповышений экскаватором для посадки лесных культур в Республике Коми имеется ряд региональных особенностей, связанных с характеристиками почвенного покрова. Одной из них является близость к дневной по-

верхности средне- и тяжелосуглинистых горизонтов почвы, что обусловлено как лессированием тонкодисперсных частиц при подзолистом типе почвообразования, так и формированием почв на суглинистых почвообразующих породах. Это приводит к значительному участию в строении микроповышений, особенно верхнего корнеобитаемого слоя (толщи 20 см), достаточно тяжелых пород нижних горизонтов почвы, что приводит к ухудшению физических свойств в местах распространения корней посаженных растений. Имеются достоверные тенденции в повышении плотности сложения, снижении общей пористости и пористости аэрации.

Подобные явления при обработке почвы под лесные культуры должны учитываться при подготовке машинистов-экскаваторщиков, чтобы снизить глубину захвата почвы ковшом и угрозу выноса нижних, достаточно тяжелых по гранулометрическому составу слоев почвы в корнеобитаемую толщу формируемых микроповышений. Возможно, следует применять более легкий, меньший по объему ковш экскаватора.

Список литературы

1. Nordin P., Olofsson E., Hjelm K. Successful spruce regenerations – impact of site preparation and the use of variables from digital elevation models in decision-making? // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2022. Vol. 37, Is. 1. P. 33–44. DOI: 10.1080/02827581.2022.2028895.
2. Uotila K., Luoranen J., Saksa T., Laine T., Heiskanen J. Long-term growth response of Norway spruce in different mounding and vegetation control treatments on fine-textured soils // *Silva Fennica*. 2022. Vol. 56, Is. 4. P. 1–20. DOI: 10.14214/sf.10762.
3. Алябьев А.Ф. Опыт создания культур ели при дискретной обработке почвы орудием ОДП-0,6 // *Лесной вестник*. 2015. № 6. С. 28–33.
4. Дебков Н.М. Опыт создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2021. № 5. С. 192–200. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-192-200.

5. Мочалов Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями // Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 4. С. 9–18.
6. Варфоломеев Л.А., Сунгуров Р.В. Почвенная экология лесных культур на Севере. Архангельск, 2007. 291 с.
7. Perumal M., Wasli M.E., Ying H.S., Lat J., Sani H. Soil morphological and physicochemical properties at reforestation sites after enrichment planting of *Shorea macrophylla* in Sampadi Forest Reserve, Sarawak, Malaysia // Borneo J Resour Sci Technol. 2015. Vol. 5, Is. 2. P. 28–43. DOI: 10.33736/bjrst.220.2015.
8. Приказ Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (дата обращения: 25.07.2023).
9. Ильинцев А.С., Третьяков С.В., Наквасина Е.Н., Амосова И.Б., Алейников А.А., Богданов А.П. Влияние длительно-постепенных рубок в смешанных сосновых насаждениях на естественное лесовозобновление, живой напочвенный покров и некоторые свойства верхних горизонтов почвы // Лесотехнический журнал. 2017. № 3 (27). С. 85–99. DOI: 10.12737/article_59c225e4a23713.58019900.
10. Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. Impact of heavy traffic on forest soils: a review. // Forest Ecology and Management. 2015. Vol. 338. P. 124–138. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.11.022.
11. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.
12. Путеводитель научных почвенных экскурсий: VIII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школа молодых ученых по морфологии и классификации почв «Почвы – стратегический ресурс России» (Сыктывкар – Воркута – Киров, 10–17 августа 2022 г.) / Под ред. Е.М. Лаптевой, А.А. Дымова, Д.А. Каверина. М. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. 241 с.
13. Цырибко В.Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 1 (56). С. 36–44.