

## Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-126-135>

УДК 630\*:631.4:504.53



### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ (В УСЛОВИЯХ ГБС РАН)

Т.В. Прокофьева<sup>1</sup>, К.А. Горохов<sup>2</sup>, М.С. Розанова<sup>3</sup>,  
С.Л. Рысин<sup>4</sup>, В.А. Терехова<sup>5</sup>, А.А. Снег<sup>6</sup>, Г.Р. Васильев<sup>7</sup>

<sup>1,3,5,6,7</sup>Факультет почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва, Россия

<sup>2,4</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), г. Москва, Россия

<sup>1</sup>tatianaprokofieva@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-7729-2684

<sup>2</sup>gorki0211@gmail.com

<sup>3</sup>rozanova\_ms@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0048-1556

<sup>4</sup>ser-rysin@yandex.ru; ORCID: 0009-0000-6635-3114

<sup>5</sup>vterekhova@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9121-639X

<sup>6</sup>sneg Anna@mail.ru; ORCID: 0009-0006-7865-1534

<sup>7</sup>gena\_vasilev\_02@bk.ru

**Аннотация.** Цель исследований – выявление различных аспектов влияния разлагающейся щепы на почву под покрытием. Проведено исследование трансформации свойств дерново-подзолистой контактно-глубокоосвещенной почвы на моренном суглинке в результате рекреационной нагрузки на тропы в дендрарии ГБС РАН. Исследованы свойства почв в фоновом разрезе, под грунтовой тропой, под тропой с покрытием из щепы лиственных пород деревьев и на модельных делянках. Выявлено увеличение плотности почв под тропами на 0,3 г/см<sup>3</sup> в гумусовых и элювиальных горизонтах. В модельном опыте (1 сезон) щепа оказала защитное действие от переуплотнения. В почвах тропиночной сети выявлено увеличение pH, в горизонтах под щеповым покрытием – увеличение содержания углерода органических соединений. В мелкоделяночном опыте зафиксирована потеря массы щепой на делянках без рекреационной нагрузки и с имитацией нагрузки на 22 и 28% соответственно. Методом лабораторного фитотестирования в почве под покрытиями из щепы лиственных пород выявлена тенденция угнетения ростовых показателей однодольных тест-растений *Avena sativa* L.

**Финансовая поддержка исследования.** Исследование частично выполнено в рамках государственного задания ГБС РАН по теме № 122042700002-6

**Ключевые слова:** дерново-подзолистые контактно-освещенные почвы (Albic, Stagnic, Abraptic Retisols), почвы городских рекреационных территорий, фитотоксичность, рекреационная нагрузка, мелкоделяночный опыт

**Формат цитирования:** Прокофьева Т.В., Горохов К.А., Розанова М.С., Рысин С.Л., Терехова В.А., Снег А.А., Васильев Г.Р. Изменение свойств почвы под влиянием дорожного покрытия из древесной щепы (в условиях ГБС РАН) // Природообустройство. 2025. № 5. С. 126-135. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-126-135>

Original article

## CHANGES IN SOIL PROPERTIES UNDER THE INFLUENCE OF WOOD CHIP ROAD SURFACES (UNDER CONDITIONS OF THE MAIN BOTANICAL GARDEN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES)

T.V. Prokofjeva<sup>1</sup>, K.A. Gorokhov<sup>2</sup>, M.S. Rozanova<sup>3</sup>,  
S.L. Rysin<sup>4</sup>, V.A. Terekhova<sup>5</sup>, A.A. Sneg<sup>6</sup>, G.R. Vasiliev<sup>7</sup>

<sup>1,3,5,6,7</sup>Faculty of soil science, Lomonosov Moscow State University (MSU), Moscow, Russia

<sup>2,4</sup>Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>1</sup>tatianaprokofieva@yandex.ru ORCID: 0000-0002-7729-2684

<sup>2</sup>gorki0211@gmail.com

<sup>3</sup>rozanova\_ms@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0048-1556

<sup>4</sup>ser-rysin@yandex.ru; ORCID: 0009-0000-6635-3114

<sup>5</sup>vterekhova@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9121-639X

<sup>6</sup>sneg\_anna@mail.ru; ORCID: 0009-0006-7865-1534

<sup>7</sup>gena\_vasilev\_02@bk.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to identify various aspects of the effect of decomposing wood chips on the soil under the coating. A study on the transformation of the properties of sod-podzolic contact-deeplyclarified soil on moraine loam as a result of recreational effects on paths in the arboretum of the MBG RAS has been conducted. The properties of natural forest soil, soil under a dirt path, soil of the path covered with hardwood chips and under model plots were studied. An increase in the soil density under footpaths by 0.3g/cm<sup>3</sup> in humus and eluvial horizons were revealed. The plots of the modeling experiment (season1) the wood chips a protective effect against over compaction had been disclosed. An increase in pH was detected in the soils of the pathway network. An increase in the carbon content of the organic compounds was detected in the horizons under the chip coating. In the small-scale experiment, a loss of chip mass in plots without recreational load and in plots with simulated load was fixed by 22% and 28%, respectively. The method of laboratory phytotesting in soil affected by a coating of hardwood chips revealed a tendency to inhibit the growth rates of monocots *Avena sativa* L. test plants.

**Financial support for the research.** The research was partially carried out as part of the state assignment of the GBS RAS under the topic No. 122042700002-6

**Keywords:** sod-podzolic contact-clarified soils (Albic, Stagnic, Abraptic Retisols), soils of urban recreational areas, phytotoxicity, recreational load, small-scale experiment

**Format of citation:** Prokofjeva T.V., Gorokhov K.A., Rozanova M.S., Rysin S.L., Terekhova V.A., Sneg A.A., Vasiliev G.R. Changes in soil properties under the influence of wood chip road surfaces (under conditions of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences) // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 5. P. 126-135. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-5-126-135>

**Введение.** Несмотря на весьма высокий уровень антропогенных нагрузок, в границах «старой» Москвы (исторически сложившейся до расширения города в 2012 г.) и сегодня сохраняются лесные массивы, которые играют важную роль в формировании благоприятной для человека среды обитания. Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), созданный в 1945 г., является ООПТ федерального значения и одновременно включен в Природно-исторический парк «Останкино» [1].

Комплекс хозяйственных мероприятий по уходу за насаждениями ГБС РАН включает в себя удаление или обрезку деревьев и кустарников, утнатающих коллекционные растения, а также сухостойных или аварийных деревьев. После проведения этих работ образуется значительное

количество порубочных остатков, которые подлежат утилизации путем дробления. Часть полученной щепы используется в качестве мульчи. Однако большая часть может быть применена для создания дорожных покрытий на всей территории сада.

Проблемы функционирования дорожно-тропиночных сетей и рекреационного воздействия на экосистемы городских парков отражены в целом ряде научных исследований [2-4]. В большинстве работ объектом изучения являются верхние слои почвы, тогда как вопрос о влиянии на более глубокие горизонты остается открытым. Многие исследователи обращают внимание на необходимость минимизации рекреационной нагрузки на экосистемы парков и лесопарков. Одним из способов решения этой проблемы является создание пешеходных дорожек

с покрытием, препятствующим переуплотнению почвы [5].

Дорожные покрытия из древесной щепы имеют ряд преимуществ, среди которых можно выделить низкую стоимость, экологичность и высокую проницаемость для воды и тепла. В научной литературе имеются сведения о том, что древесная щепа и кора, используемые для мульчирования, являются источником питательных веществ растений [6, 7] и что покрытие почвы органическими материалами может предотвратить ухудшение некоторых ее характеристик [8]. Несмотря на преимущества использования древесной щепы в качестве материала для дорожного покрытия, остаются нерешенными вопросы о долговечности такого покрытия и о его воздействии на почву и растительность.

В статье представлены результаты исследований изменений некоторых свойств дерново-подзолистой почвы под воздействием рекреационной нагрузки при формировании троп: грунтовой и с покрытием из щепы лиственных пород.

**Цель исследований:** выявление различных аспектов влияния разлагающейся щепы на почву под покрытием.

**Материалы и методы исследований.** Работу проводили в центральной части ГБС РАН – на территории так называемой «заповедной дубравы» и в ее окрестностях.

Главный ботанический сад занимает площадь 331,49 га, и значительная его часть (около 200 га) представлена быстро стареющими лесными насаждениями естественного происхождения, сформированными в XVI-XX вв. в результате длительного антропогенного воздействия разного характера [13]. В составе насаждений преобладают дуб черешчатый (*Quercus robur* L.),

береза повислая (*Betula pendula* Roth) и пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). В состав также входят липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), осина (*Populus tremula* L.) и др. В густом подлеске доминирует лещина обыкновенная (*Corylus avellana* (L.) H. Karst.).

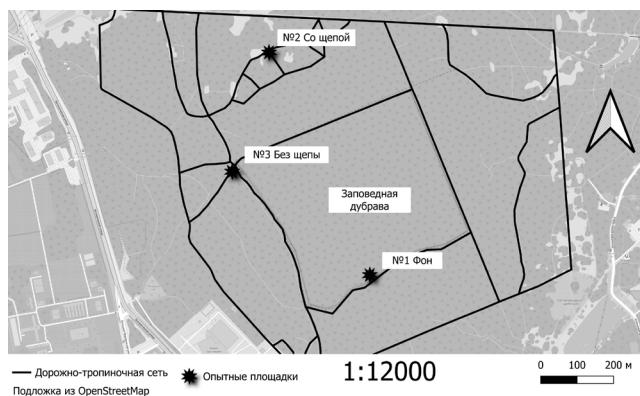
Территория исследований находится на моренном плато днепровского возраста, мощность моренного суглинка на котором достигает 15 м. В прошлом здесь произрастали еловые и ельово-широколиственные леса [10].

При выборе мест для закладки разрезов использовались материалы из архива лаборатории дендрологии ГБС РАН: оцифрованная версия карты почв территории ботанического сада 1945 г. [11] и карта-схема дорожно-тропиночной сети с изолиниями рельефа. В программе QGIS (версия 3.32.0-Lima, ревизия 311a8cb8a6) была создана карта исследуемой территории (рис. 1а). Для исследований были выбраны места с одинаковым составом почвенного покрова из дерново-подзолистых почв на моренных суглинках [12].

Фоновый разрез (разрез 1) был заложен на опушке вырубки площадью 0,6 га, сделанной в год проведения исследований при опытной реконструкции деградирующего насаждения в южной части заповедной дубравы.

Разрез 2 был заложен на участке грунтовой тропы, покрытой щепой. К моменту исследований толщина слоя щепы составляла 5-8 см и имела визуальные признаки переработки живыми организмами: присутствовали обильный мицелий, колонии муравьев.

Разрез 3 был заложен на грунтовой тропе без покрытия. В верхнем горизонте присутствовала втоптанная прошлогодняя листва (рис. 1а).



A



Б

Рис. 1. Объект исследования:

А – площадки исследований и дорожно-тропиночная сеть ГБС РАН; Б – опытные делянки, покрытые щепой

Fig. 1. Objects of study:

А – Research sites and road and path network of the MBG RAS; Б – Experimental plots covered with wood chips

На месте санитарной рубки в непосредственной близости от фонового разреза 1 был заложен мелкоделяночный полевой опыт с целью определения скорости разложения щепы лиственных пород и ее воздействия на почвы в определенный период. Были подготовлены 4 делянки размером  $2 \times 0,75$  м (рис. 1б). На поверхность почвы был насыпан слой щепы толщиной 5-8 см (аналогично слою на тропе со щепой, разрез 2). На двух из четырех делянок (1 и 3) была проведена имитация рекреационной нагрузки (вытаптывания) за один теплый сезон (5 месяцев, 1667 чел.), рассчитанная согласно [13] и аналогичная той, которая приходится на соседнюю с участком пешеходную тропу. Делянки 2 и 4 рекреационному воздействию не подвергались.

В лаборатории определяли ряд химических и физических показателей. Плотность почвы определяли методом кольца в трехкратной повторности [14]. Измерение pH почв производилось потенциометрически. Углерод органических соединений (Сорг) определяли методом Тюрина с титриметрическим окончанием [15].

Для оценки влияния рекреационной нагрузки и щепового покрытия на способность почв служить полноценным субстратом для роста и развития растений проводили фитотестирование согласно методике Фитоскан-2 (ФР.1.31.2020.38716). В лабораторных экспрессных фитотестах исследовали верхние горизонты почв на предмет воздействия на ростовые показатели однодольных и двудольных растений: овса посевного (*Avena sativa* L.) и горчицы белой (*Sinapis alba* L.). Проращивание семян проводили апликатным способом в одноразовых пластиковых двухкамерных планшетах («Европолитест»; <https://europolytest.ru/>). По окончании экспозиции измеряли длину корней иростков. Фитоэффект (ФЭ) рассчитывали по формуле:

$$\Phi\mathcal{E}_i = \frac{\left(\bar{x}_i^0 - \bar{x}_i^x\right)}{\bar{x}_i^x} \cdot 100,$$

где  $\bar{x}_i^0$ ,  $\bar{x}_i^x$  – средние арифметические значения тест-параметра в опыте и в контроле соответственно [16]. Статистическая обработка результатов произведена с использованием пакета анализа MS Excel.

**Результаты и их обсуждение. Изменение морфологических свойств и плотности почв под тропами и опытом.** Во вскрытых разрезах описаны дерново-подзолистые почвы на моренных отложениях [17]:

Разрез 1 и разрез 2 – постагродержново-подзолистые контактно-глубокоосветленные легко-тяжелосуглинистые на моренном щебнистом суглинке;

Разрез 3 – дерново-подзолистая контактно-глубокоосветленная легко-тяжелосуглинистая на моренном щебнистом суглинке.

Мощность гумусово-аккумулятивных горизонтов первых двух разрезов (AY + AYpa) составляет около 20 см (рис. 2). Выделяется верхняя часть, хорошо оструктуренная и обильно пронизанная корнями. Горизонты имеют ровную границу с ясным переходом к элювиальному горизонту (EL). Нами интерпретирован этот признак как наличие в прошлом распашки на этой территории. Однако характер горизонтов сформировался, возможно, не под пашней, а под луговой растительностью в период использования под выгон.

Элювиальный горизонт фонового разреза 1 разделен на два подгоризонта. В нижнем ELg наблюдались признаки переувлажнения в виде интенсивной отбеленности и большого количества железисто-марганцевых конкреций. В горизонте обнаружены включения щебня. Гранулометрический состав верхних горизонтов – пылеватый легкий суглинок, в переходном субиллювиальном горизонте (BEL) гранулометрический состав – пылеватый средний суглинок, и только в иллювиальном горизонте (BT) он становится тяжелосуглинистым. В плотном горизонте BT отмечено наличие железистых стяжений и конкреций. Корни распространялись в основном по межагрегатным порам-трещинам. Почвообразующая порода – некарбонатная щебнистая морена. Реакция с HCl (10%) отсутствовала.

В гумусовых горизонтах разреза 2 были найдены включения щепы. Отдельные щепки проникали до глубины 29 см. Корни менее обильные, чем в фоновом разрезе, верхние горизонты уплотнены.

Гумусовый горизонт разреза 3 отличался комковато-глыбистой структурой и большим количеством втоптанного в него листового опада. Старопахотный горизонт не был выделен, но отмечены ясный переход и ровная граница между гумусово-элювиальным (AEL) и элювиальным горизонтами. Эти горизонты обладали чешуйчатой структурой с тенденцией деления на плито-видные отдельности, что указывает на сильную вертикальную нагрузку. Мелкие корни в обилии обнаружены в иллювиальном горизонте. У поверхности наблюдались преимущественно крупные корни.

В разрезах 1 и 2 с глубиной объемная масса изменялась по элювиально-иллювиальному типу (рис. 3а). Влияние почвообразующей породы обусловливает повышение значений плотности с глубиной. Показатели плотности гумусовых

горизонтов фонового разреза 1 были несколько более 1 г/см<sup>3</sup>. В почве на тропе со щепой они были выше, чем у фоновых горизонтов, на величину около 0,2-0,3 г/см<sup>3</sup> и до глубины залегания горизонта BEL (около 40 см от поверхности). В разрезе 3 наблюдалось резкое уменьшение значений в горизонте AY по сравнению с другими разрезами. Втотганные в верхний горизонт тропинки опавшие листья уменьшают ее массу и тем самым способствуют уменьшению плотности. В горизонте AEL значения выше значений AYра фонового разреза на 0,3 г/см<sup>3</sup>. Горизонт EL сильно уплотнился, что затруднило прорастание корней растений.

Многолетнее покрытие из щепы лишь отчасти предотвратило уплотнение. Это может быть связано как с утратой буферности щепы при ее максимальном уплотнении, так и с уплотнением почвы до подсыпки щепы. Верхние горизонты почв под тропами деградировали в мощности по причине рекреационной нагрузки по сравнению с фоновой почвой, в то время как мощность горизонта BEL практически не изменилась (рис. 2).

Значения плотности в гумусовых горизонтах под опытными делянками практически не отличались от фона (1,12 г/см<sup>3</sup>). Незначительные отличия обусловлены лишь локальными характеристиками мест отбора проб.

Так, среднее значение для делянок с нагрузкой составляло 0,99 г/см<sup>3</sup>, а для делянок без нагрузки – 0,94 г/см<sup>3</sup>. Данная разница укладывается в рамки погрешности. Отсутствие проросших растений на опытных делянках ввиду невозможности пробиться сквозь щеповое покрытие повлияло на количество мелких корней и уменьшило плотность дерновины. Возможно, это привело к небольшому снижению плотности почв по сравнению с фоном. Отсутствие увеличения плотности связано, вероятно, также с защитной ролью щепового покрытия. Покрытие из щепы лиственных пород деревьев за один сезон уплотнилось под воздействием рекреационной нагрузки более интенсивно, чем без нее.

*Показатель кислотности.* Изменения показателя pH в почвах связаны со многими факторами. Так, на тропах значения pH гумусовых горизонтов были выше, чем у фона, на 1,0-1,5 ед.: поверхностные горизонты разреза 2 составляли 6,5, разреза 3-5,9, в то время как в фоновом разрезе 1-4,9. Подщелачивание может быть связано как с привносом материала рекреантами на подошвах обуви с троп, имеющих гравийное покрытие из известкового материала, так и с постепенным разложением щепы покрытия. Эти данные хорошо согласуются с источниками литературы [6, 18], где отмечается подщелачивание почв парковых тропинок.

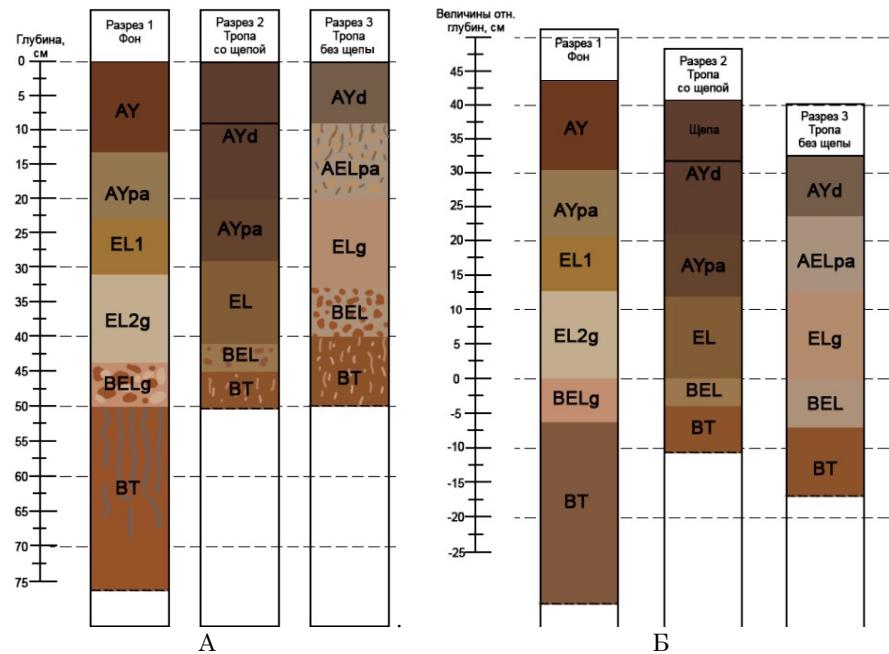


Рис. 2. Соотношение горизонтов в профилях исследованных почв:  
А – схематическое изображение почвенных профилей; Б – схематическое изображение почвенных профилей, где за точку отсчета взята нижняя граница горизонта EL

Fig. 2. The ratio of horizons in the profiles of the studied soils:  
A – schematic representation of soil profiles, B – schematic representation of soil profiles,  
where the lower boundary of the EL horizon is taken as the reference point

С глубиной значения рН в почвах под тропами снижаются (рис. 3б). На уровне элювиальных горизонтов (30-35 см) значения рН в фоновом разрезе и разрезе 3 выравниваются, тогда как в разрезе 2 они остаются выше, чем в фоновой почве. Отсутствие антропогенного влияния в фоновом разрезе подтверждается низкими значениями рН, характерными для ненарушенных дерново-подзолистых почв.

Опытные делянки были заложены на удалении от активно используемых посетителями троп и огорожены. Здесь предполагалось наблюдать тенденцию изменений свойств почв, не связанных с другими факторами, кроме щепового покрытия. В первый год опыта различия в показателе кислотности с фоновым разрезом были незначительными. Так, для делянок с нагрузкой среднее значение рН в верхнем горизонте составляло 4,8. На делянках без нагрузки этот показатель находился на уровне рН 5,1.

*Содержание углерода органических соединений.* На поступление водорастворимого органического вещества из щепового покрытия указывают как потемнение окраски элювиальных горизонтов, так и повышение содержания в них Сорг (рис. 3в). Содержание Сорг в верхних горизонтах почв составило: разрез 1-2,1%; разрез 2-2%; разрез 3-4,4%. Повышение содержания органического углерода в почве под тропой без покрытия связано с втаптыванием опавшей листвы в верхний горизонт почвы. Аналогичные данные были ранее получены для почв Лосиного острова и Битцевского парка [6]. Щеповое покрытие

не повысило содержание Сорг в гумусовом горизонте, но проникновение щепы на глубину до 29 см привело к накоплению Сорг в горизонте EL, для которого характерно минимальное содержание углерода. Так, для этих горизонтов его содержание составило: в разрезе 1: EL1-0,71%, EL2g - 0,08%; в разрезе 2: EL - 0,92%; в разрезе 3: ELg - 0,29%. Фоновый разрез показал распределение Сорг, характерное для дерново-подзолистых почв.

На опытных делянках содержание Сорг выше, чем в разрезе 1, что может быть связано как с локальной неоднородностью, так и с поступлением органических компонентов из щепы. Повышение значений Сорг относительно фона на всех делянках также можно отнести за счет разложения остатков подстилки и мелких корней (рис. 3в). Исследования на лесосеках показывают, что после рубки интенсивным является поступление углерода из валежа, порубочных остатков и подстилок в почву и почвенные растворы [19, 20]. Повышение величин рН в первый месяц после рубки связывают с изменением поступления веществ-метаболитов из растений, а также с уменьшением количества поступающего углекислого газа на фоне снижения микробиологической активности [19].

На опытных делянках были заложены мешочки со щепой из лиственных пород деревьев известной массы для оценки потери массы в зависимости от наличия рекреационной нагрузки. Масса щепы за сезон значительно уменьшилась: на 22% на делянках без нагрузки;

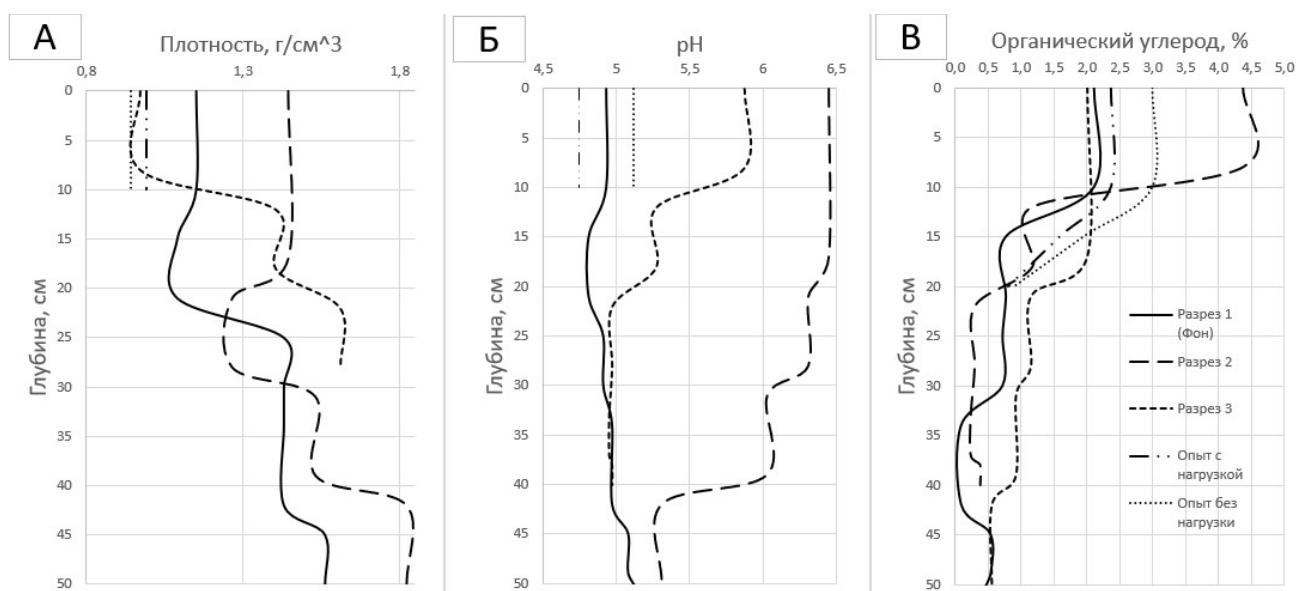


Рис. 3. Свойства почв – распределение по профилям в верхних горизонтах на опытных делянках:  
А – плотность; Б – рН; В – содержание углерода органических соединений

Fig. 3. Soil properties – distribution by profiles in the upper soil horizons on experimental plots:  
A – density; B – pH; C – carbon content of organic compounds

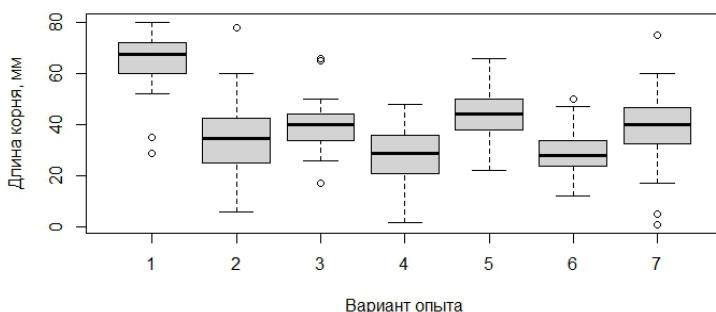
на 28% на делянках с имитацией рекреационной нагрузки. Такая высокая скорость разложения свойственна древесным остаткам лиственных пород. В отличие от хвойных в их древесине отсутствуют смолистые вещества [21].

**Фитотестирование** – выбранный для лабораторного фитотестирования аппликатный способ, при котором семена прорастают в контакте с твердой массой почвы. Эффект стимуляции твердых субстратов наблюдают при увеличении энергии прорастания и/или длины корней, и/или ростков проросших семян на 20% и более относительно холостого опыта. Эффект ингибиции (токсический фитоэффект) наблюдают при снижении указанных параметров.

Семена выбранных тест-растений различались по всхожести (у *A. Sativa* – 96%, у *S. alba* – 70%) и по энергии прорастания. Невысокая всхожесть, более продолжительный период развития проростков семян горчицы (сорт «Профи») привели к увеличению вариабельности в измеренных показателях длины корней и ростков, что не позволило выявить значимые различия между исследуемыми вариантами почвенных образцов.

**Таблица 1. Средние значения длины корней и ростков проростков семян тест-растений, мм**  
**Table 1. Average lengths of roots and sprouts of test-plant seedlings, mm**

Вид тест-растения <i>Type of test plant</i>	Тест-параметр, мм <i>Test parameter, mm</i>	Контроль <i>Control</i>		Фон разрез 1 <i>Background section 1</i>	Тропа path		Опыт (средние) <i>Experiment (average)</i>	
		вода <i>water</i>	грунт <i>ground</i>		под щепой разрез 2 <i>under the wood chips, section 2</i>	без щепы разрез 3 <i>without wood chips section 3</i>	с нагрузкой with load	без нагрузки no load
<i>Avena sativa L.</i>	длина корня <i>root length</i>	65,1	34,7	38,7	27,0	44,1	28,6	38,6
	длина ростка <i>sprout length</i>	50,1	25,7	43,0	20,7	48,6	39,1	42,6
<i>Sinapis alba L.</i>	длина корня <i>root length</i>	78,6	51,2	65,2	63,5	76,3	86,7	76,9



**Рис. 4. Длина корня проростков семян овса посевного (*Avena sativa L.*) в вариантах фитотестов:**

1 – контроль, вода; 2 – контроль, почвогрунт; 3 – фоновая почва; 4 – почва разреза 2; 5 – почва разреза 3; 6 – делянки с нагрузкой; 7 – делянки без нагрузки

**Fig. 4. Root length of oat seedlings (*Avena sativa L.*) in phytotest variants:**

1 – water control; 2- soil control; 3- background soil; 4 – soil of section 2; 5 – soil of section 3;  
6 – plots with load; 7 – plots without load

В результате измерений длины корней и ростков *A. sativa* установлено, что наибольшее угнетение тест-параметров (в два раза относительно фона) оказывал образец из разреза 2 под разлагающейся щепой (рис. 4). Между образцами из разрезов 1 и 3 различия не выявлены, что свидетельствует об отсутствии негативного воздействия рекреационной нагрузки на проростки растений.

На модельных экспериментальных делянках с имитацией рекреационной нагрузки выявлено небольшое угнетающее воздействие почвы на развитие растений *A. sativa* (рис. 4). Различия в ростовых параметрах *S. alba* в сравниваемых вариантах были статистически незначимыми.

Расчеты значений фитоэффекта образцов почв на растения в разных вариантах исследований представлены в таблице 2. Выявлен отрицательный фитоэффект на развитие проростков *A. sativa* относительно того и другого контроля в почве разреза 2, а также в отношении корней на опытных делянках с рекреационной нагрузкой. Угнетение тест-культуры на почве разреза 2 может быть связано с выделениями веществ

**Таблица 2. Фитоэффект (%) исследованных образцов почв на ростовые тест-параметры проростков семян *Avena sativa* L. и *Sinapis alba* L.**

**Table 2. Phytoeffect (%) of the studied soil samples on growth test parameters of *Avena sativa* L. and *Sinapis alba* L. seed sprouts**

Тест-параметр, мм <i>Test parameter, mm</i>	Контроль <i>Control</i>	Фон, разрез 1 <i>Background, section 1</i>	Тропа <i>path</i>		Опыт с нагрузкой <i>Experiment with load</i>		Опыт без нагрузки <i>Experiment without load</i>	
			Под щепой разрез 2 <i>under the wood chips, section 2</i>	Без щепы разрез 3 <i>without wood chips, section 3</i>	Опыт 1 <i>Experiment 1</i>	Опыт 3 <i>Experiment 3</i>	Опыт 2 <i>Experiment 2</i>	Опыт 4 <i>Experiment 4</i>
<i>Avena sativa</i> L.								
<b>Длина корня</b> <i>root length</i>	Вода / water	-40,6	-58,5	-32,2	-52,5	-29,0	-52,5	-29,0
	Грунт / ground	11,4	-22,2	27,1	-11,0	-24,8	-11,0	33,2
<b>Длина ростка</b> <i>sprout length</i>	Вода / water	-14,2	-58,6	-3,1	-15,5	-23,3	-15,5	-14,6
	Грунт / ground	67,2	-19,2	89,0	64,7	49,6	64,7	66,6
<i>Sinapis alba</i> L.								
<b>Длина корня</b> <i>root length</i>	Вода / water	16,98	19,14	-2,94	24,73	-4,02	11,79	-16,06
	Грунт / ground	27,36	24,04	48,90	91,35	47,23	71,49	28,77

от разлагающейся щепы. Сидератная культура *S. alba* оказалась более устойчивой к таким воздействиям. Рекреационная нагрузка без щепового покрытия практически не оказала негативного влияния.

Модельный опыт позволяет рассмотреть начальный этап влияния щепы на почвенный покров. Наблюдается большой разброс значений, скорее всего не связанный с рекреационным воздействием или воздействием щепы на площадки. Однако слабые отрицательные фитоэффекты, рассчитанные для корней растений, могут указывать на возможное угнетающее воздействие щепового покрытия уже на первых стадиях его разложения.

### Выводы

Верхние горизонты дерново-подзолистой почвы на щебнистом моренном суглинке (гумусовые и элювиальные) на тропах уплотняются на 0,2-0,3 г/см<sup>3</sup>. Их суммарная мощность уменьшается на величину до 10 см. Опыт с имитацией нагрузки не привел к увеличению плотности покрытой почвы за первый год моделирования. В то же время за несколько лет щепа заметно разлагается и уплотняется (разрез 2), теряя свои защитные свойства.

### Список использованных источников

- Большая Российская энциклопедия. Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН <https://bigenc.ru/c/glavnyi-botanicheskii-sad-imeni-n-v-tsitsina-ran-07bb7d>
- Зеликов В.Д. Влияние уплотнения почвы на насаждения в лесопарках / В.Д. Зеликов, В.Г. Пшоннова // Лесное хозяйство. 1964. № 12. С. 34-37.
- Карпинова Р.А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М.: Наука, 1967. 104 с.

### References

- Great Russian Encyclopedia. Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS. <https://bigenc.ru/c/glavnyi-botanicheskii-sad-imeni-n-v-tsitsina-ran-07bb7d>
- Zelikov V.D. The influence of soil compaction on plantings in forest parks / V.D. Zelikov, V.G. Pshonnova // Lesnoye khozyaystvo. 1964. No. 12. P. 34-37.
- Karpinova R.A. Oak groves in the forest park area of Moscow. M.: Nauka, 1967. 104 p.

4. Кузнецов В.А. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки // В.А. Кузнецов, И.М. Рыжова, Г.В. Стота // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270-1280. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17100057> EDN: ZHVFLP
5. Данчева А.В. Анализ состояния сосновых древостоев в городских лесах города Тюмень (на примере парка «Гилёвская роща») / А.В. Данчева, С.В. Залесов, В.В. Назарова // Природообустройство. 2024. № 3. С. 125-133. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-125-133>
6. Pickering J.S., & Shepherd A. Evaluation of organic landscape mulches: composition and nutrient release characteristics. Arboricultural Journal, 2000. 4(2-3), 175-187. <https://doi.org/10.1080/03071375.2000.9747271>
7. Downer J., Hodel D. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. And *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. and Drude in the landscape. // Sci. Hortic. 2001.87:85-92. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00171-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00171-0)
8. Iqbal R., Raza M.A.S., Valipour M., Saleem M.F., Zaheer M.S., Ahmad S., Toleikiene M., Haider I., Aslam M.U., Nazar M.A. Potential agricultural and environmental benefits of mulches – a review. Bull. Natl. Res. Cent. 44, 75 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
9. Савов К.П. О состоянии и динамике лесной растительности Останкинской дубравы // Бюллетень Главного Ботанического Сада РАН. Выпуск 167. Издательство «Наука» Москва 1993, с. 53-58
10. Леса Москвы. Опыт организации мониторинга / Л.П. Рысин, Г.А. Полякова, Л.А. Савельева и др. М.: Институт лесоведения РАН, 2001. 148 с.
11. Вадковская О.А. Почвы территории Главного Ботанического Сада АН СССР // Бюллетень Главного Ботанического Сада АН СССР. Выпуск 3. Издательство АН СССР, 1949. С. 29-33.
12. Офицерова О.Ф. Характеристики почв дендрария Главного Ботанического Сада АН СССР // Бюллетень Главного Ботанического Сада АН СССР. Выпуск 156. М.: Изд-во «Наука» 1990. С. 34-40.
13. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М.: ВНИИЛМ, 1987. 43 с.
14. Теории и методы физики почв. Колл. монография // Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. М.: «Гриф и К», 2007, 616 с.
15. Теория и практика химического анализа почв (под. ред. Л.А. Воробьевой) М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
16. Терехова В.А. Практикум по биотестированию экотоксичности почв: учебное пособие / В.А. Терехова, А.А. Рахлеева, Е.В. Федосеева, А.П. Кирюшина // М.: МАКС Пресс, 2022. 102 с. <https://doi.org/10.29003/m^3054.978-5-317-06868-4>
17. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
18. Меланхолин П.Н. Влияние дорожно-тропиночной сети на травяную растительность и почвы дубовых лесов Москвы и ближнего Подмосковья / П.Н. Меланхолин, А.Б. Лысиков // Лесоведение. 2014. № 2. С. 38-45.
19. Dymov A.A. Soils of Cuttings and Secondary Forests // Eurasian Soil Science, 2023, SSN1064-2293, Vol. 56, Suppl. 1, pp. S46–S83. <https://doi.org/10.1134/s1064229323700205>
4. Kuznetsov V.A. Changes in the properties of soils of Moscow forest parks under the impact of high recreation loads // V.A. Kuznetsov, I.M. Ryzhova, G.V. Stoma // Soil science. 2017. № 10. P. 1270-1280. <https://doi.org/10.1134/S1064229317100052> EDN: ZHVFLP
5. Dancheva A.V. Assessment of the condition of pine stands in the urban forests of the city of Tyumen (on the example of the park "Gilevskaya Roshcha") / A.V. Dancheva, S.V. Zalesov, V.V. Nazarova // Prirodoobustrojstvo. 2024; № 3, P. 125-133. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-125-133>
6. Pickering J.S., & Shepherd A. Evaluation of organic landscape mulches: composition and nutrient release characteristics. Arboricultural Journal, 2000. 24(2-3), 175-187. <https://doi.org/10.1080/03071375.2000.9747271>
7. Downer J., Hodel D. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. And *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. and Drude in the landscape. // Sci. Hortic. 2001.87:85-92. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00171-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00171-0)
8. Iqbal R., Raza M.A.S., Valipour M., Saleem M.F., Zaheer M.S., Ahmad S., Toleikiene M., Haider I., Aslam M.U., Nazar M.A. Potential agricultural and environmental benefits of mulches – a review. Bull. Natl. Res. Cent. 44, 75 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
9. Savov K.P. State and dynamics of the woody vegetation in Ostankino oak-grove // Bulletin of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. Issue 167. M.: Nauka, 1993. P. 53-58
10. Forests of Moscow. Experience in monitoring organization / L.P. Rysin, G.A. Polyakova, L.A. Savelyeva et al. – M.: Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, 2001. 148 p.
11. Vadkovskaya O.A. Soils of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences territory // Bulletin of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. Issue 3. Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1949. P. 29-33
12. Ofitserova O.F. Characteristics of the soils of the arboretum of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences // Bulletin of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. Issue 156. M.: Publishing house "Science" 1990. P. 34-40
13. Temporary methodology for determining recreational loads on natural complexes when organizing tourism, excursions, mass everyday recreation and temporary norms for these loads. – M.: VNIILM, 1987. – 43 p.
14. Theories and methods of soil physics. Collective monograph // Edited by Ye.V. Shein and L.O. Karpachevsky. M.: "Grif and C", 2007, 616 p.
15. Theory and practice of chemical analysis of soils (edited by L.A. Vorobyeva) – M.: GEOS, 2006. 400 p.
16. Terekhova V.A. Tutorial on biotesting of soil ecotoxicity: textbook / V.A. Terekhova, A.A. Rakhleeva, E.V. Fedoseeva, A.P. Kiryushina // Moscow: MAKS Press, 2022. 102 p. <https://doi.org/10.29003/m^3054.978-5-317-06868-4>
17. Classification and diagnostics of soils in Russia / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oycumena, 2004. 342 p.
18. Melankholin P.N. The road and trail network impact on grass vegetation and soils of the oak forests of Moscow and nearest Moscow area / P.N. Melankholin, A.B. Lysikov // Lesovedenie (Forestry). 2014. No. 2. P. 38-45.

20. Евдокимов И.В. Активность выделения CO<sub>2</sub>, азотфиксации и денитрификации при разложении крупных древесных остатков ели обыкновенной в южной тайге / Евдокимов И.В., Костина Н.В., Быховец С.С., Кураков А.В. // Почвоведение, 2023, № 3, с 370-379. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600949>
21. Капица Е.А. Разложение коры в составе порубочных остатков после сплошных рубок в среднегородских лесах / Е.А. Капица, Е.В. Шорохова, И.В. Ромашкин, Н.А. и др. // Лесоведение. 2019, № 1, С. 38-48. <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>
19. Dymov A.A. Soils of Cuttings and Secondary Forests // Eurasian Soil Science, 2023, SSN1064-2293, Vol. 56, Suppl. 1, P. S46–S83. <https://doi.org/10.1134/s1064229323700205>
20. Yevdokimov I.V. Activities of CO<sub>2</sub> emission, N2 fixation, and denitrification during the decay of Norway spruce coarse woody debris in southern taiga / I.V. Yevdokimov, N.V. Kostina, S.S. Bykhovets, A.V. Kurakov // Soil Science, 2023, No. 3, P. 370-379. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600949>
21. Kapitsa E.A. Decomposition of bark as part of logging residues after clear cuttings in middle taiga forests/ E.A. Kapitsa, E.V. Shorokhova, I.V. Romashkin, N.A. Galibina, K.M. Nikerova, I.A. Kazartsev // Lesovedenie (Forestry), 2019, No. 1, P. 38-48. <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>

### Об авторах

**Татьяна Вадимовна Прокофьева**, канд. биолог. наук, доцент кафедры географии почв ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; ResearcherID: U-9681-2019; ORCID: 0000-0002-7729-2684; РИНЦ (SPIN): 3378-3712; [tatianaprokofieva@yandex.ru](mailto:tatianaprokofieva@yandex.ru)

**Кирилл Алексеевич Горохов**, студент 1 курса магистратуры ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; [gorki0211@gmail.com](mailto:gorki0211@gmail.com)

**Марина Сергеевна Розанова**, канд. биолог. наук, старший преподаватель кафедры химии почв ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; ORCID: 0000-0003-0048-1556; Scopus Author ID: 6603197226; ResearcherID: O-7618-2015; [rozanova\\_ms@mail.ru](mailto:rozanova_ms@mail.ru)

**Сергей Львович Рысин**, канд. биолог. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией ГБС РАН; ORCID: 0009-0000-6635-3114; РИНЦ (PIN): 8528-0744; [ser-rysin@yandex.ru](mailto:ser-rysin@yandex.ru)

**Вера Александровна Терехова**, д-р биолог. наук, профессор, профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; РИНЦ (SPIN): 4488-9505; ResearcherID: B-4808-2013; ORCID: 0000-0001-9121-639X; Scopus Author ID: 6603443333; [vterekhova@gmail.com](mailto:vterekhova@gmail.com)

**Анна Арнольдовна Снег**, канд. биолог. наук, инженер кафедры общего земледелия и агрозоологии ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; ORCID: 0009-0006-7865-1534; [sneg\\_anna@mail.ru](mailto:sneg_anna@mail.ru)

**Геннадий Родионович Васильев**, студент 1 курса магистратуры ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; [gena\\_vasilev\\_02@bk.ru](mailto:gena_vasilev_02@bk.ru)

### Критерии авторства / Criteria of authorship

Прокофьева Т.В., Горохов К.А., Розанова М.С., Рысин С.Л., Терехова В.А., Снег А.А., Васильев Г.Р. выполнили теоретические и практические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторские права и несут ответственность за plagiat.

### Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

### Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 21.02.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Received after peer review 17.08.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 17.08.2025

### About the authors

**Tatiana V. Prokofieva**, CSc (Bio), Associate Professor of the Department of Soil Geography, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University ResearcherID: U-9681-2019; ORCID: 0000-0002-7729-2684; RSCI (SPIN): 3378-3712; [tatianaprokofieva@yandex.ru](mailto:tatianaprokofieva@yandex.ru)

**Kirill A. Gorkov**, 1st year student of the magistrate; [gorki0211@gmail.com](mailto:gorki0211@gmail.com)

**Marina S. Rozanova**, CSc (Bio), Senior Lecturer LMSU, Soil Science faculty, ORCID: 0000-0003-0048-1556; Scopus Author ID: 6603197226; ResearcherID: O-7618-2015; [rozanova\\_ms@mail.ru](mailto:rozanova_ms@mail.ru)

**Sergey L. Rysin**, CSc (Bio), Associate Professor, Leading Researcher, Head of Laboratory MBG RAS, ORCID: 0009-0000-6635-3114; PSCI(SPIN):8528-0744; [ser-rysin@yandex.ru](mailto:ser-rysin@yandex.ru)

**Vera A. Terekhova**, DSc (Bio), Professor LMSU, Soil Science faculty, IstinaResearcherID (IRID): 500242; RSCI (SPIN): 4488-9505; ResearcherID: B-4808-2013; ORCID: 0000-0001-9121-639X; Scopus Author ID: 6603443333; [vterekhova@gmail.com](mailto:vterekhova@gmail.com)

**Anna A. Sneg**, CSc (Bio), Specialist LMSU, Soil Science faculty, ORCID: 0009-0006-7865-1534; [sneg\\_anna@mail.ru](mailto:sneg_anna@mail.ru)

**Gennady R. Vasilev**, 1st year student of the magistrate; [gena\\_vasilev\\_02@bk.ru](mailto:gena_vasilev_02@bk.ru)

Прокофьева Т.В., Горохов К.А., Розанова М.С., Рысин С.Л., Терехова В.А., Снег А.А., Васильев Г.Р. carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.