

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2022-110-5-21



Ссылки для цитирования:

Шейн Е.В., Иванов Д.А., Болотов А.Г., Дембовецкий А.В. Гранулометрический состав почв конечно-моренной гряды Верхневолжского постледникового района (Восточно-Европейская равнина, Тверская область) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 110. С. 5-21. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-110-5-21

Cite this article as:

Shein E.V., Ivanov D.A., Bolotov A.G., Dembovetskiy A.V., Granulometric composition of the finite moraine ridge soils of the Upper Volga postglacial region (East European plain, Tver region), Dokuchaev Soil Bulletin, 2022, V. 110, pp. 5-21, DOI: 10.19047/0136-1694-2022-110-5-21

Благодарность:

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-05112 МК) – 50% и по теме госзадания: “Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления” – 50% ЦИТИС: 121040800146-3.

Acknowledgments:

The studies were carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (scientific project No. 19-29-05112 МК) – by 50%; and by 50% – within the framework of State assignment: “Physical foundations of soils ecological functions: technologies of monitoring, forecasting and management”, CITIS: 121040800146-3.

Гранулометрический состав почв конечно-моренной гряды Верхневолжского постледникового района (Восточно-Европейская равнина, Тверская область)

© 2022 г. Е. В. Шейн^{1,2*}, Д. А. Иванов^{3**},
А. Г. Болотов^{1***}, А. В. Дембовецкий^{2****}

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжжевский пер, 7, стр. 2,

* <https://orcid.org/0000-0002-0101-5293>, e-mail: evgeny.shein@gmail.com,

*** <https://orcid.org/0000-0002-8264-3266>, e-mail: agbolotov@gmail.com.

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,
119991, Москва, Ленинские горы, 1,

**** <https://orcid.org/0000-0002-8568-504X>, e-mail: avd26@yandex.ru.

³Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель – филиал Почвенного института им. В.В. Докучаева, Россия,
170530, Тверская обл., п. Эммаусс, 27,

** <https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>, e-mail: volok234@yandex.ru.

Поступила в редакцию 29.01.2022, после доработки 07.02.2022,
принята к публикации 24.05.2022

Резюме: На опытном поле ВНИИМЗ (Тверская область, пос. Эммаусс) заложена серия из 8 почвенных разрезов. Первые три разреза южного склона приурочены к транзитно-аккумулятивному, транзитному и элювиально-транзитному микроландшафту с комплексом глееватых и глеевых почв, который меняется на элювиально-аккумулятивный плосковершинный участок и аналогичные микроландшафты северного склона со слабооглееными и глееватыми дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами. В отобранных, через каждые 10 см, образцах методом лазерной дифракции и ситовым (>0.25 мм) методом определяли гранулометрический состав почв. На дифференциальных кривых распределения гранулометрических частиц преобладают фракции мелкого песка с максимумом содержания диаметров 100–150 мкм и пыли (1–50 мкм), а в профиле почв выделяются три гранулометрически однородных слоя: верхний с пахотным горизонтом (0–40 см), средний (до 70–80 см) и надморенный (до 120 см). В средней части профиля почв северного склона преобладают пылеватые фракции, а в почвах южной части ландшафта наблюдается сравнительно повышенное содержание песчаной фракции (преобладает фракция тонкого песка, 50–250 мкм, на втором месте фракция крупной пыли, 10–50 мкм), что, видимо, связано с историческими процессами формирования профилей на двучленных отложениях, эрозией и, возможно, с современными агротехнологическими процессами.

Ключевые слова: почвенный покров, агроландшафт, лазерный дифрактометр.

Granulometric composition of the finite moraine ridge soils of the Upper Volga postglacial region (East European plain, Tver region)

© 2022 E. V. Shein^{1,2*}, D. A. Ivanov^{3**},
A. G. Bolotov^{1***}, A. V. Dembovetskiy^{2****}

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
*<https://orcid.org/0000-0002-0101-5293>, e-mail: evgeny.shein@gmail.com,
***<https://orcid.org/0000-0002-8264-3266>, e-mail: agbolotov@gmail.com.*

²*Lomonosov Moscow State University,
1 Leninskie Gori, Moscow 119234, Russian Federation,
****<https://orcid.org/0000-0002-8568-504X>, e-mail: avd26@yandex.ru.*

³*All-Russian Research Institute of reclaimed Lands –
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute affiliation,
27 Emmaus, Tver Region 170530, Russian Federation,
**<https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>, e-mail: volok234@yandex.ru.*

Received 29.01.2022, Revised 07.02.2022, Accepted 24.05.2022

Abstract: At the experimental field of VNIIMZ (Tver region, village Emmauss) laid a series of 8 soil sections. The first three sections of the southern slope are confined to the transit-accumulative, transit and eluvial-transit microlandscape with a complex of gleevate and gleev soils, which changes to an eluvial-accumulative flat-topped section and similar microlandscapes of the northern slope with slightly bent and gleevate sod-podzolic light loamy soils. In samples taken every 10 cm, the particle size distribution of soils was determined by laser diffraction and sieve (>0.25 mm) methods. The differential distribution curves of soil particles are dominated by fractions of fine sand with a maximum content of diameters of 100–150 µm and silt (1–50 µm). Three granulometrically homogeneous layers are distinguished in the soil profile: the upper one with an arable horizon (0–40 cm), medium (up to 70–80 cm) and super-moraine (up to 120 cm). In the middle part of the soil profile of the northern slope, silty fractions prevail; and in the soils of the southern part of the landscape, a relatively high content of the sandy fraction is observed (the fraction of fine sand, 50–250 µm, dominates, and followed by the coarse silt fraction, 10–50 µm), which, apparently associated with the historical processes of profiles development on binary deposits, erosion, and, possibly, with modern agrotechnological processes.

Keywords: soil cover, agricultural landscapes, laser diffractometer.

ВВЕДЕНИЕ

Северо-западный район России сформировался в основном под действием ледниковых и постледниковых процессов пространственного перераспределения твердофазных осадков, характеризующихся супесчаным и суглинистым составом верхней метровой толщи и подстиланием глинистой красно-бурой морены ([Природообустройство Полесья, 2016](#); [Роде, 2008](#); [Воронин, Березин, 1981](#) и др.). Как правило, эти двучлены имеют специфические региональные особенности как в их историческом формировании, так и в современных режимах: водном, воздушном, тепловом, питательном и др. ([Воронин, Березин, 1981](#); [Кирюшин, 1996](#); [Зайдельман, 1991](#) и др.). Последние имеют особое значение в сельскохозяйственном использовании почв, применении агрохимикатов, оптимизации агроландшафтного обустройства. Эта зона не только неустойчивых тепловых ресурсов, но и избыточного увлажнения, приводящего к периодически застоному (застойно-промывному) водному режиму и, соответственно, дерново-подзолистым почвам с признаками гидроморфизма ([Зайдельман, 1991](#); [Зайдельман, 2011](#) и др.). Для современного ведения сельского хозяйства и понимания основных почвенно-ландшафтных процессов требуется количественное изучение и анализ состояния почвенного покрова, научно обоснованное прогнозирование функционирования почвенного покрова как основы оптимизации управления агропроизводством. Вполне понятно, что основой для исследований и анализа почвенно-ландшафтных процессов является изучение физико-механических свойств дисперсной части почвы, прежде всего ее гранулометрического состава, причем не только в поверхностных горизонтах, но и по всему профилю вплоть до моренных отложений, т. к. именно профильное распределение гранулометрического состава, наличие различных гранулометрических слоев, их мощность и переходные контактные внутрипрофильные зоны определяют особенности водного, воздушного, теплового режимов, которые в основном и формируют региональные условия управления сельскохозяйственным производством.

Цель данного исследования – количественная характеристи-

ка профилно-ландшафтных распределений гранулометрического состава почв агроландшафта конечно-моренной гряды Восточно-Европейской равнины (Тверская обл.). Задачи: (1) профилное по-слойное определение гранулометрического состава дерново-подзолистых глубокоогленных почв на двучленных отложениях, (2) определение связи профилного распределения гранулометрического состава с геоморфологией исследуемого региона и (3) выделение текстурно-характерных закономерностей распределения гранулометрических фракций агроландшафта конечно-моренной гряды Восточно-Европейской равнины (Тверская обл.).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ – филиала “Почвенного института им. В.В. Докучаева”, который, занимая площадь 50 га, расположен в 4 км к востоку от г. Тверь ([Иванов и др., 1999](#)), на моренном холме с относительной высотой 15 м, с четко выраженными геоморфологическими элементами: плоской вершиной, северным пологим склоном крутизной 2–3°, южными склонами (3–5°) и межхолмными депрессиями (северной и южной).

Почвообразующие породы на территории стационара – двучленные отложения. В его южной части мощность кроющего песчано-супесчаного наноса местами превышает 1.5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и легким суглинком (по морфологическому описанию), мощность легкого кроющего наноса здесь около 1 м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность. Почвенный покров – вариация-мозаика дерново-подзолистых почв разной степени гидроморфности. Полигон осушен гончарным дренажем со средним междренним расстоянием 30 м.

В качестве объекта исследований выбрано опытное поле ВНИИМЗ – филиала “Почвенного института им. В.В. Докучаева” (рис. 1), на котором представлены дерново-подзолистые почвы разной степени оглеения. Опытный участок расположен на осушаемых землях. Глубина закладки гончарного дренажа в среднем составляет 1 м. Междренное расстояние составляет 20 м в транзитно-аккумулятивных микроландшафтах, 30 м – в транзитных

вариантах и 40 м – в элювиальных вариантах (рис. 1). По данным за 2020–2021 гг., в начале вегетации растений (апрель – май) средний по агроландшафту уровень грунтовых вод (УГВ) находился на глубине 87 см от поверхности почвы, однако существенно различался в точках наблюдения (точки 1–3, рис. 1). На южном склоне он составлял 85–100 см, а на северном (точки 6–8) – 90–112 см. В конце мая – июне УГВ уже составлял 102–140 см и 115–110 см на южном и северном склонах при 115–130 см в центральной части. В конце засушливого сезона 2021 г. УГВ стабилизировался, составляя в среднем по ландшафту 115–125 см от поверхности почвы. Следует отметить однако, что во влажные годы (например, 2020 г.) УГВ может иметь более значительные колебания как во времени, так и по рельефу: например, в первой декаде июня наблюдалось повышение уровня грунтовых вод до 54 см от поверхности почвы (в среднем по агроландшафту). Наиболее близкое залегание грунтовых вод отмечено на вариантах северного склона (22–38 см от поверхности почвы). В конце июня и в начале июля наблюдалось снижение уровня почвенно-грунтовых вод до 76–124 и 122–196 см от поверхности почвы соответственно. В третьей декаде июля залегание грунтовых вод было наиболее близко к поверхности почвы. В среднем по агроландшафту ГВ находились на уровне 37 см от поверхности почвы. В вариантах северного склона ГВ поднялась до уровня 22–18 см, а в точке 5 отмечалось затопление посевов. В августе и сентябре 2020 г. УГВ составлял от 131 до 93 см от поверхности почвы ([Иванов и др., 2021](#)).

По трансекте с юга на север были заложены почвенные разрезы (точки 1–8). Разрез 4 расположен на вершине холма, слабо дренируемого водораздела, разрезы 1, 2, 3 – на южном склоне. Разрезы 5, 6, 7 и 8 – в средней и нижней части северного склона. Почвенными разрезами (разрезы 4 и 5) агроландшафт был охарактеризован по центральной оси (рис. 1) от дерново-подзолистых глееватых в южной части до глубокооогленных в северной части на двучленах разной мощности.

Особенности морфологии почв этого агроландшафта состоят в характере залегания почвенно-генетических горизонтов и глубине моренных отложений.

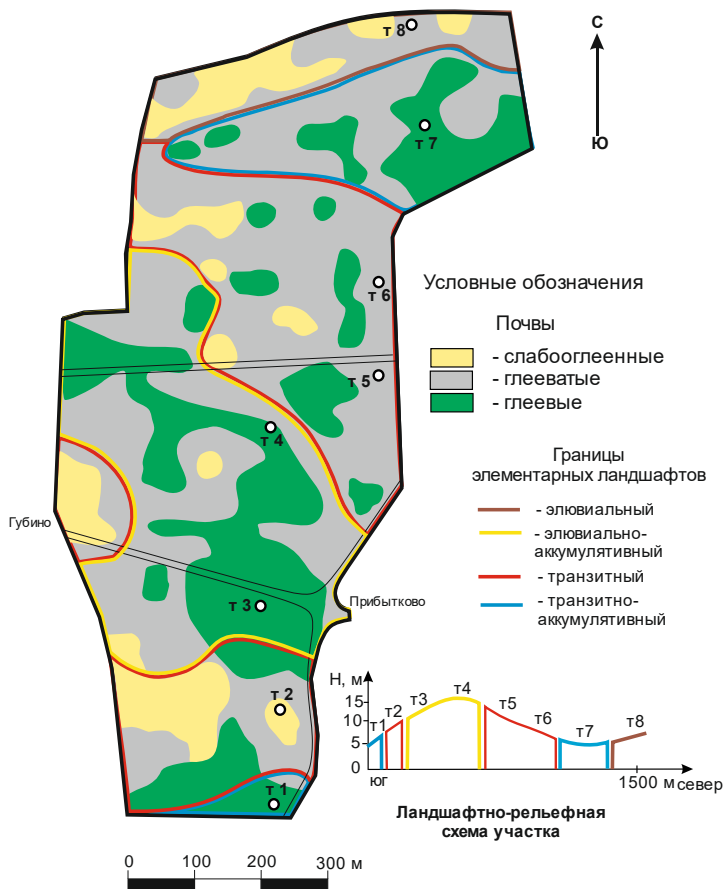


Рис. 1. Карта-схема почвенно-ландшафтных условий опытного поля ВНИИМЗ с рельефной характеристикой юго-северной катены почвенных разрезов (точки 1–8).

Fig. 1. Map of soil and landscape conditions of the VNIIMZ experimental field with relief characteristics of soil pits (points 1–8) along the south-northern catena.

Отметим, что в исследованных почвах моренного ландшафта подзолистые горизонты выражены слабо, и нельзя выделить отдельный элювиальный горизонт. В центральной части (на буг-

ровом повышении) залегают в комплексе с агрогумусовыми глеевыми почвами в основном агродерново-подзолисто-глеевые почвы с профилем (индексация горизонтов выполнена по классификации почв России 2004 г.): P (0–21 см) пахотный, легкосуглинистый, темно-серый, агрегатная структура не выражена, Pad (21–30) – плотнее P, выражено агрогенное уплотнение, BTg (30–46) – светлее, отмечаются отдельные примазки и светло-красные помазки, BTg₂ (47–90) – светло-голубые пятна оглеения, наиболее часто встречаются с глубины 70 см, постепенный переход к красноватобурой морене. В этой части тяжелосуглинистая, карбонатная морена, которая на большей части опытного поля залегают на глубине 1.5–1.7 м, поднимается до глубины 1.0–1.2 м. Агродерново-подзолисто-глеевые и глееватые почвы, как указывалось, приурочены к средней части склона и к бугровой повышенной. Междреннее расстояние – 28–30 м, смешанный тип водного питания (атмосферные осадки и намывные склоновые воды), УГВ – 1.3–1.7 м в сухой период, 0.6–0.7 м во влажный.

В северной части моренные отложения подходят ближе к поверхности (на глубине 30–39 см), подстилая горизонты P (0–25 см) пахотный, легкий суглинок темно-серого цвета, Pad (21–30), BTg₂ осветленный, надморенный с отдельными малозаметными признаками оглеения в виде примазок и пятен, которые наиболее интенсивно встречаются при приближении к зоне морены. К плоской части агроландшафта и к его северной части склона приурочены в основном глубокооглеенные почвы.

Агрогумусовая глеевая почва приурочена к нижней части склона. Пятна и другие следы оглеения встречаются по всему профилю. Междреннее расстояние в этой части ландшафта составляет 18–20 м, водное питание за счет намывных склоновых и почвенно-грунтовых вод.

Метод лазерной дифракции (ЛД). Пробоподготовка образцов почв к гранулометрическому анализу методом ЛД проведена на ультразвуковом диспергаторе зондового типа Digital Sonifier S-250D (Branson Ultrasonics, США) при энергии ультразвука равной 450 Дж/мл.

Гранулометрический анализ проводился в два этапа. На первом этапе (ситовой метод) растирали навеску почвы 20 г и

пропускали через сито 1 мм. Затем к фракции меньше 1 мм добавляли 30 мл дистиллированной воды и подвергали суспензию диспергированию ультразвуком в течение 5 мин с мощностью 60% на ультразвуковом диспергаторе. Заметим, что химические диспергирующие реактивы не добавляли, а диспергацию проводили лишь физическим методом ультразвуковой обработки, поскольку такой метод считается общепринятым для разделения микроагрегатов до уровня элементарных почвенных частиц, не разрушая последние ([North, 1976](#)). После ультразвуковой обработки суспензию пропускали через сито с диаметром отверстий 0.25 мм. Оставшуюся фракцию > 0.25 мм выпаривали и высушивали при 105 °С. Затем рассчитывали процент гравия 1–3 мм и фракцию крупного песка 0.25–1 мм (ISO 13320 – [Particle size analysis, 2009](#); [Eshel et al., 2004](#); [Теории и методы физики почв, 2007](#)). На втором этапе проводили анализ гранулометрических частиц размером менее 0.25 мм на лазерном дифрактометре Mastersizer 3000E (Великобритания). К навеске от 250 до 400 мг, в зависимости от содержания песчаных частиц, добавляли 30 мл дистиллированной воды и обрабатывали ультразвуком в течение 5 мин. Полученную суспензию анализировали на лазерном дифрактометре в 3 повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего рассмотрим профильные дифференциальные послойные распределения гранулометрических элементов в почвенном профиле на вершине холма на примере разреза 4 (рис. 2). Следует отметить положения горизонтальных участков и экстремумов (межфракционных переломов) на этих кривых, указывающих на предположительное окончание одной фракции определенного диапазона размеров и начало следующей. Так, на рисунке 2 видно увеличение глинистых частиц размером < 2 мкм с небольшим максимумом (1 мкм) для большинства слоев, постепенное увеличение фракции пыли от 2 до 50 мкм без выраженного максимума и явное доминирование песчаной фракции с диаметром более 50 мкм при максимуме содержания частиц с размером 100–110 мкм.

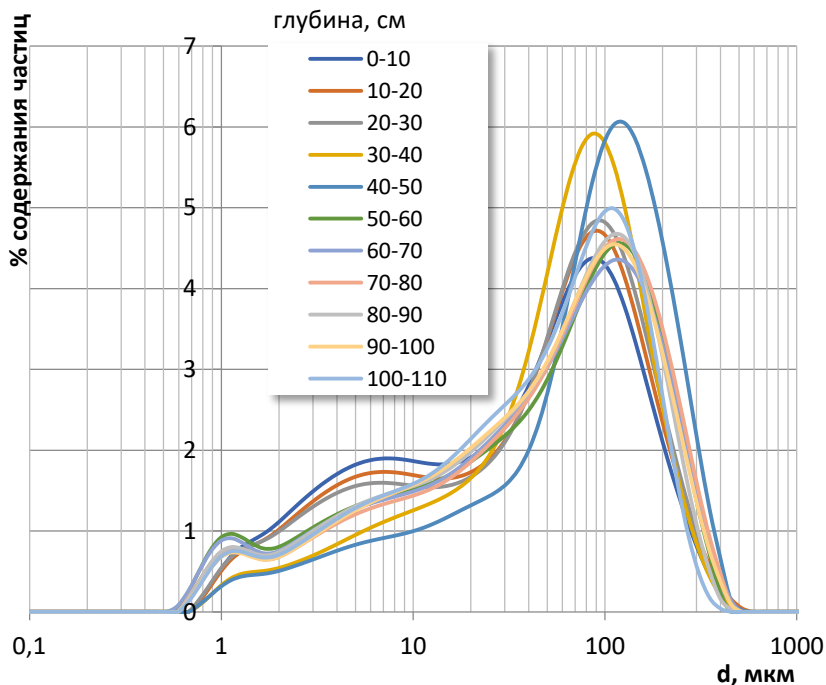


Рис. 2. Дифференциальные кривые послойного (по 10 см) профильного распределения гранулометрического состава почв (в качестве примера приведен грансостав разреза 4 на центральном бугровом повышении).

Fig. 2. Differential curves of the layered (10 cm layer by layer) profile distribution of the particle size composition of soils (the particle size distribution in the soil pit 4 located on the central hillock rise was taken as an example).

Совершенно ясно, что доминирует песчаная фракция (4.5–6%) во всех исследованных 10-см слоях с максимумом в слоях 30–50 см, где ее максимальное содержание достигает 6%. При углублении, с 60 см, содержание пыли немного увеличивается, но также увеличивается содержание среднего и крупного песка, как будет показано ниже, т. е. при приближении к моренному слою содержание песчаных частиц в целом возрастает. Пик распределения песчаных частиц достаточно узкий, что указывает на “отмытость и

отсортированность” песчаных частиц размерами 100–110 мкм. При этом в верхней части профиля, вплоть до 30 см, существенно выражена и фракция пыли, что отмечал А.А. Роде ([Роде, 2008](#)) для супесчаных почв Полесья. Подобные распределения гранулометрических элементов характерны и для других почвенных разрезов. Однако при сравнительной характеристике распределения гранулометрических фракций проявляются и другие особенности, связанные, видимо, как с особенностями постледникового формирования рельефа, так и с эрозионной деятельностью и агротехническими условиями использования почвенного покрова в сельскохозяйственных целях.

Распределение содержания тонких фракций хорошо иллюстрируется на рисунке 3, на котором в виде Vox & Wisker представлены величины содержания ила (рис. 3а), общее содержание пыли (рис. 3б) и их варьирование вдоль трансекты. Заметное варьирование глинистых частиц наблюдается на южном склоне (точка 2), а также в средней и нижней части северного склона бугра (точки 4, 8). При этом с увеличением содержания пылеватой фракции от вершины бугра вниз по северному склону трансекты стандартное отклонение остается практически неизменным и варьирование пыли по профилю не так заметно.

По дифференциальным кривым были рассчитаны основные гранулометрические фракции по классификации Качинского с учетом фракций, полученных ситовым методом (рис. 4). Из диаграмм видно, как изменялось содержание основных фракций (по классификации Качинского) при сравнении распределений содержаний фракций в профилях почв ([Теории и методы, 2007](#); [Воронин, Березин, 1981](#) и др.). По классификации Н.А. Качинского, гранулометрический состав южного склона меняется от песка связного и супесей до суглинка легкого, а для почв северного склона происходит смена в ряду суглинок средний – супесь – суглинок легкий. Обратим внимание на суммарное содержание фракций ила и пыли (частиц < 50 мкм) в профилях исследуемых почв. Заметим, что содержание пыли к вершине холма исследуемой территории возрастает от 18 до 43%. Еще более заметное увеличение содержания тонких частиц (пыли) к разрезам 6 и 8, где в верхних слоях (0–40 см) содержание пыли может превышать 50%.

В разрезах южной части трансекты начинают проявляться фракции крупного (500–1 000 мкм) и среднего песка (250–500 мкм).

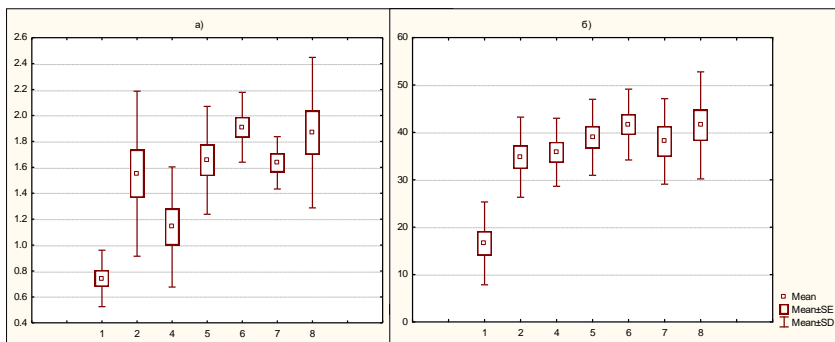


Рис. 3. Статистики (среднее, ошибка среднего и стандартное отклонение) содержания фракции ила (а) и пыли (б) по профилю почвенных разрезов (нумерация сохранена как на рис. 1) по трансекте опытного поля.

Fig. 3. Statistics (mean, mean error and standard deviation) of the content of the fraction of silt (а) and dust (б) on the profile of soil sections (numbering is preserved as in Fig. 1) on the transect of the experimental field.

Таким образом, вдоль по северному склону постепенно начинают возрастать фракции пыли при уменьшении относительного содержания песка. Естественен вопрос – с чем это связано? Отметим два факта, которые могут помочь в причинно-следственном обсуждении этого вопроса. Первый факт очевиден: моренные отложения приближаются к поверхности, тем самым все в большей степени участвуя в процессе почвообразования. Второй – все большее участие в формировании гранулометрического профиля пылеватых фракций, как отмечалось выше, их содержание возрастает в разрезах № 6 и 8. Эти факты можно объяснить явлением эрозии поверхности почвы. Верхние слои почвы смываются, приближая глинистые моренные слои к поверхности, и тем самым относительно утяжеляя профиль почв.

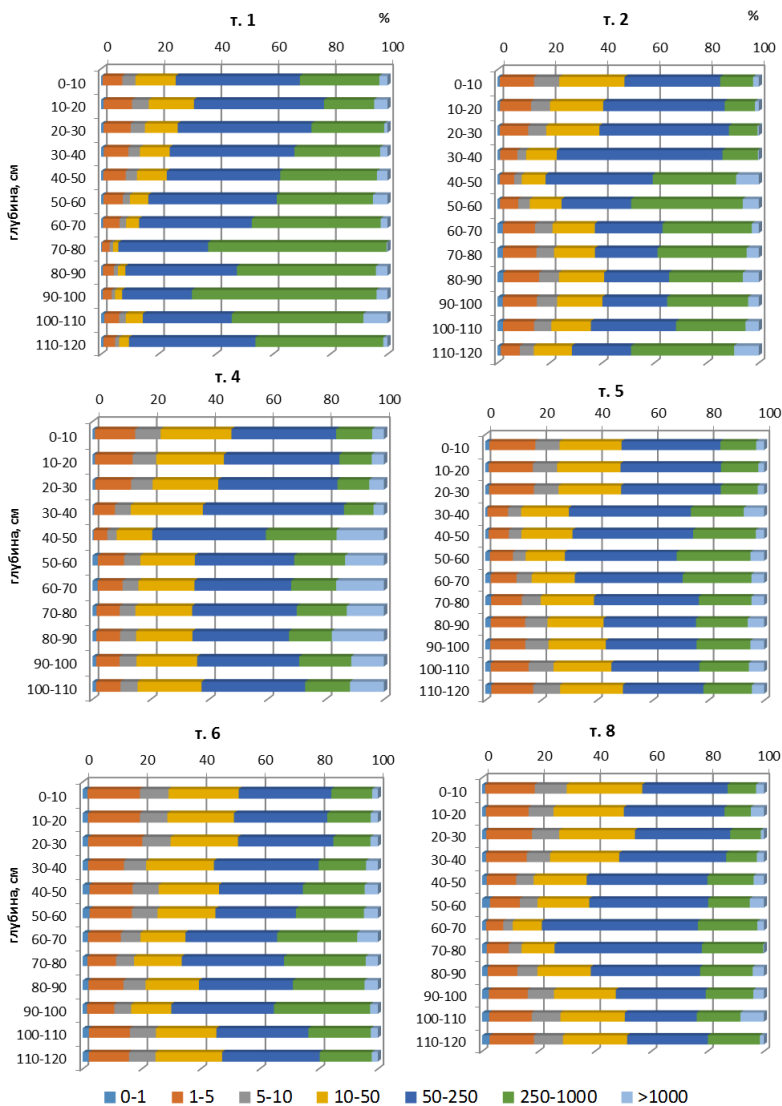


Рис. 4. Профильные диаграммы распределения гранулометрических фракций с глубиной (по Н.А.Качинскому).

Fig. 4. Profile diagrams of particle size (fractions) distribution with depth (according to N.A. Kachinskiy).

Кроме того, эрозийные потоки несли в основном тонкие, пылеватые частицы, способствуя их накоплению на северном склоне.

Обратим внимание на второй аспект профильного распределения гранулометрических элементов – неравномерность их распределения по слоям.

Этот аспект важен в связи с тем, что почвенные слои различного грансостава формируют застойные гидрологические условия, различные гидрологические экраны, которые могут играть заметную роль в водном режиме почв, сказываясь на почвенной гидрологии – водообеспеченности растений в корнеобитаемом слое. При сравнении дифференциальных кривых (рис. 2) можно выделить закономерные пики песчаных частиц с максимумом содержания 4.5–6% в диапазоне диаметров частиц 100–110 мкм. Этому максимуму мелкого песка предшествует достаточно равномерное и распределение пылеватых частиц размером от 3 до 20 мкм при их среднем содержании 1–2% и плавно возрастающее от 0 до 1.5% содержание физической глины (размер частиц < 2 мкм).

По профильным диаграммам наблюдается ярко выраженная смена почвенно-гранулометрических слоев, в основном в разрезах северного склона. Отчетливо выделяется верхний слой – до 30–40 см – с большим содержанием пылеватых частиц (45–50%) и более однородный по соотношению всех гранулометрических фракций. Затем выделяется средний опесчаненный слой – до 70–80 см – с преобладанием частиц мелкого песка (50–250 мкм) до 40–45%, а также более глубокие слои до 120 см, примыкающие к подстилающей морене, в которых наблюдается постепенное увеличение пылеватых частиц. Такая неоднородность гранулометрического профиля свойственна почвам всей трансекты, за исключением точки 1, где профиль в целом более легкого грансостава, что связано с аккумулятивными отложениями близлежащего водотока.

ВЫВОДЫ

В профиле дерново-подзолистых глееватых почв исследованного Опытного поля ВНИИМЗ на дифференциальных кривых распределения частиц отчетливо выделяются фракции глины (< 2

мкм), пыли (2–50 мкм) и физического песка (> 50 мкм), что позволяет обоснованно использовать математические прогностические гидрологические модели с их педотрансферным сопровождением (например, SWAT) в пределах исследованной территории.

В профиле (до глубины 110 см) дерново-подзолистых почв изученного ландшафта выделяются в основном три гранулометрически однородных слоя: верхний с пахотным горизонтом (0–30 см), средний – более опесчаненный, по сравнению с выше и ниже лежащими слоями (до 70–80 см), и надморенный (до 120 см). Эти слои специфичны по содержанию гранулометрических элементов для почв южного, северного склонов и центральной части агроландшафта. Именно они должны быть учтены при формировании препроцессорного пакета свойств для гидрологической характеристики и при прогнозе гидрологии почвенного покрова (гидрологически важные слои).

Почвы склонов разной экспозиции различаются по гранставу в пределах почвенного профиля, по гранулометрической контрастности почвенных слоев и преобладанию пылеватой и тонкопесчаной фракций. Так, в средней части профиля почв северного склона преобладают пылеватые фракции, а в почвах южной части ландшафта наблюдается сравнительно повышенное содержание песчаной фракции (преобладает фракция тонкого песка, 50–250 мкм, на втором месте фракция крупной пыли, 10–50 мкм), что, видимо, связано с историческими процессами формирования профилей на двучленных отложениях, эрозией и, возможно, с современными агротехнологическими процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин А.Д., Березин П.Н.* Применение седиграфа для гранулометрического анализа почв и грунтов // Почвоведение. 1981. № 5. С. 56–64.
2. *Зайдельман Ф.Р.* Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.
3. *Зайдельман Ф.Р.* Фермеру и садоводу о почвах, их экологии и повышении плодородия. М.: КРАСАНД, 2011. 272 с.
4. *Иванов Д.А.* и др. Разработать теоретические основы ландшафтно-мелиоративного природообустройства агрогеосистем гумидной зоны на основе результатов мониторинга состояния их природной среды и

дистанционного зондирования Земли. Тема 0651-2019-0005 (руководитель темы: Иванов Д.А.). Отчет о научно-исследовательской работе ФГБНУ ВНИИМЗ, 2021.

5. *Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Салихов Р.А., Петрова Л.И., Пугачева Л.В., Рублюк М.В.* Создание ландшафтного полигона нового поколения // *Земледелие*. 1999. № 6. С. 15–16.

6. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 366 с.

7. *Природообустройство Полесья*. Полесья севера и северо-востока Европейской части России. Т. 2. / под общ. ред. Ю.А. Мажайского, А.Н. Рокочинского, Ф.Р. Зайдельмана и др. Рязань: Мещерский ф-л ФГБНУ “ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова”, 2019. 340 с.

8. *Роде А.А.* Подзолообразовательный процесс. Избр. труды. Т. 2. М.: Россельхозиздат, 2008. 479 с.

9. Теории и методы физики почв / под ред. *Шеина Е.В., Л.О. Карпачевского*. М.: “Гриф и Ко”, 2007. 616 с.

10. *Eshel G.G., Levy J., Mingelgrin U., Singer M.J.* Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis // *Soil Sci. Soc Am. J.* 2004. Vol. 68. P. 736–743.

11. ISO 13320 – Particle size analysis – Laser diffraction methods. Geneva, Switzerland: ISO. 2009.

12. *Ryżak M., Sochan A.* Simple Method for Estimating Particle Numbers Using a Laser Diffractometer // *Pol. J. Environ. Stud.* 2013. Vol. 22. No. 1. P. 213–218.

13. *North P.F.* Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound // *J. Soil Sci.* 1976. Vol. 27. P. 451–459. DOI: [10.1111/j.1365-2389.1976.tb02014.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1976.tb02014.x).

REFERENCES

1. Voronin A.D., Berezin P.N., *Primenenie sedigrafa dlya granulometricheskogo analiza pochv i gruntov* (Application of sedigraph for granulometric analysis of soils and soils), *Pochvovedenie*, 1981, No. 5, pp. 56–64.

2. Zaidel'man F.R., *Ekologo-meliorativnoe pochvovedenie gumidnykh landshaftov* (Ecological and reclamation soil science of humid landscapes), Moscow: Agropromizdat, 1991, 320 p.

3. Zaidel'man F.R., *Fermeru i sadovodu o pochvakh, ikh ekologii i povyshenii plodorodiya* (Farmer and gardener about soils, their ecology and increasing fertility), Moscow: KRASAND, 2011, 272 p.

4. Ivanov D.A., *To develop the theoretical foundations of landscape-reclamation environmental management of agroecosystems of the humid zone based on the results of monitoring the state of their natural environment and remote sensing of the Earth*. Topic 0651-2019-0005 (research director: Ivanov D.A.). Research report, 2021.
5. Ivanov D.A., Korneeva E.M., Salikhov R.A., Petrova L.I., Pugacheva L.V., Rublyuk M.V., *Sozdanie landshaftnogo poligona novogo pokoleniya (Create a new generation landscape polygon)*, *Zemledelie*, 1999, No. 6, pp. 15–16.
6. Kiryushin V.I., *Ecological foundations of agriculture*, Moscow: Kolos, 1996, 366 p.
7. Mazhaiskiy Yu.A., Rokochinskiy A.N., Zaidel'man F.R. (Eds) et al., *Prirodoobustroistvo Poles'ya. Poles'ya severa i severo-vostoka Evropeiskoi chasti Rossii. T. 2* (Environmental management in Polesye. Fields of the north and north-east of the European part of Russia, Vol. 2), Ryazan: Meshcherskii f-l FGBNU “VNIIGiM imeni A.N. Kostyakova”, 2019, 340 p.
8. Rode A.A., *Podzoloobrazovatel'nyi protsess* (Podzol formation process), Moscow: Rossel'khozizdat, 2008, Vol. 2, 479 p.
9. Shein E.V., Karpachevskiy L.O. (Eds), *Teorii i metody fiziki pochv* (Theories and methods of soil physics), Moscow: “Grif i Ko”, 2007, 616 p.
10. Eshel G.G., Levy J., Mingelgrin U., Singer M.J., Critical evaluation of the use of laser diffraction for partial-size distribution analysis, *Soil Sci. Soc Am.J.*, 2004, Vol. 68, pp. 736–743.
11. *ISO 13320 – Particle size analysis – Laser diffraction methods*, Geneva, Switzerland: ISO, 2009.
12. Ryzak M., Sochan A., A simple method for estimating particle numbers using a laser diffractometer, *Pol. J. Environ. Stud.*, 2013, Vol. 22, No. 1, pp. 213–218.
13. North P.F., Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound, *J. Soil Sci.*, 1976, Vol. 27, pp. 451–459, DOI: [10.1111/j.1365-2389.1976.tb02014.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1976.tb02014.x).