

Введение

В области последнего неоплейстоценового (валдайское, осташковское, морская изотопная стадия — 2) оледенения на северо-западе Русской равнины почвообразующие породы (ПОП), являющиеся литологической матрицей дневных, или голоценовых, почв, представлены широким спектром отложений ледникового генезиса наряду с дочетвертичными породами, подвергшимися ледниковой экзарации в период максимума последнего оледенения. Среди ледниковых отложений доминируют морены последовательных стадий осцилляции ледниковых покровов (в том числе локальные, обогащенные включениями дочетвертичных пород с обломками известняковых пород), флювиогляциальные, озерно-ледниковые, озерные отложения, аллювиальные осадки и органогенные породы (торфяные отложения). ПОП отличаются также разнообразием гранулометрического состава, типичным для ледниковой зоны: от песков и супесей до тяжелых суглинков и глин. Характерной особенностью компонентного состава ПОП являются двучленные отложения, среди которых преобладают прямые двучлены, когда верхний член ПОП (смена пород происходит на глубине до 1.0 м) представлен облегченной по гранулометрическому составу толщей; при этом нижняя часть двучлена может отличаться не только по гранулометрическому составу, но и по генезису.

Проведенные нами в течение 2022—2024 гг. работы по крупномасштабному (1:10000) картографированию почвенного покрова залежных угодий в пределах землепользований бывших хозяйств Ленинградской области выявили ареалы необычных для Северо-Западного региона ПОП, которые по морфологии и гранулометрическому составу весьма схожи с лёссовидными (покровными) суглинками, характерными для перигляциальной зоны Русской равнины и объединенными в группу лёссоидов. Согласно Астахову (2024), к этой группе принадлежит прежде всего собственно лёсс, то есть эоловая пыль, преобразованная степным педогенезом/диагенезом, и лёссовидные алевроиты преимущественно эолового происхождения. Автор отмечает, что, несмотря на вторичное, переотложенное происхождение многих лёссоидов, первичным источником основной массы слагающего эти породы алевроитового материала все равно является ветровой перенос. Поэтому справедлива общая генетическая характеристика лёссоидов как субаэральные образований.

По нашему мнению, причиной того, что лёссоиды не диагностировались ранее в пределах северо-запада Русской равнины в качестве почвообразующих пород, является игнорирование самого факта возможного образования пород данного генезиса в ледниковой зоне последнего оледенения. Во-вторых, зачастую при описании лёссовидных пород последние относились почвоведом к суглинистым озерно-ледниковым отложениям или, что чаще, рассматривались в качестве пылеватых моренных отложений с редкими включениями валунно-гравелистых образований небольшой (как правило, полуметровой) толщи в пределах почвенного профиля, перекрывающих собственно морену, диагностика которой не вызывала сомнений. Небольшие площади лёссоидов, имеющих пятнистое распространение, также, по-видимому, выпадали из поля зрения геологов-четвертичников. Тем не менее их изучение крайне важно как для палеогеографии и геологии, так и для генетического почвоведения. Маломощные толщи лёссоидов, целиком входящие в состав почвенных профилей, отражают палеогеографическую обстановку осадконакопления в позднеледниковье. Они составляют литогенную матрицу современных почв, поэтому их изучение важно для понимания генезиса почв.

Теоретической основой проведенного исследования является непротиворечивое предположение о существовании локальных (местных) «перигляциальных» на освободившихся от ледникового покрова территориях северо-запада Русской равнины зон по границе положения фронта

отступающего ледника в хроноинтервале 20 (19) — 13.2 тыс. л. н. (Stroeven et al., 2016). Однако, основываясь на данных исследований в штатах Аляска и Небраска (Muhs et al., 2013; Miao et al., 2005), где представлены сведения об активном голоценовом (начиная с 10.2—9.0 тыс. л.н) лёссонакоплении в высоких широтах, мы не исключаем возможности формирования исследуемых нами алевритов и в голоцене. Альтернативным путём накопления алеврита эолового генезиса в пределах района исследования могло быть образование дюн при изменениях уровня Литоринового моря в хроноинтервале 7.0—7.8 тыс. л. н., как это показано для территории восточной Эстонии (Raukas, 2011).

Цель настоящей статьи — изложить впервые полученные данные по эоловому накоплению пылеватых суглинков (лёссоидов) в финальных эпохах позднего неоплейстоцена — раннего голоцена, записанные в литогенной матрице современных почв, и обосновать этот тип субаэральных отложений в качестве самостоятельной группы отложений ледниковой формации.

Методы исследования

Гранулометрический состав почв определен седиментометрическим методом с диспергацией суспензии пиродифосфатом натрия (Растворова, 1983), а также методом лазерной дифракции при помощи анализатора размеров частиц Malvern Mastersizer 3000. Морфолого-генетическое изучение почв проводилось в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004).

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного нами в 2022 г. крупномасштабного почвенного картографирования залежных угодий землепользования бывшего совхоза «Волна» площадью ~4 тыс. га (Волосовский район Ленинградской обл.), расположенных в пределах девонской равнины, ограниченной с востока Ордовикским плато (рис. 1), были выявлены ареалы почв, выделенных на необычных для региона почвообразующих породах. Выделенные почвенные ареалы (площадью в десятки гектаров) развиты на безвалунных крупнопылеватых суглинках, не входящих в спектр типичных для зоны ледниковых (моренных, флювиогляциальных, озёрно-ледниковых) отложений. Особо следует отметить, что, по данным полевой диагностики и макроморфологического описания (окраска, плотность, структура, сложение и др.), эти породы весьма схожи с покровными (лёссовидными) суглинками, широко распространенными в перигляциальной зоне Русской равнины. Лёссовидные слои в профиле почв представлены чаще всего в виде верхнего слоя (толщиной до 0.6 м), перекрывающего моренные или озерно-ледниковые глинистые отложения, либо в виде слабослоистой пылеватой толщи (вскрытая мощность до 1.5 м); в первом случае в этой толще сформирована элювиальная часть профиля текстурно-дифференцированных почв, а во втором — собственно профиль с достаточно выраженным иллювиальным горизонтом.

На основании полевой морфолого-генетической диагностики обследованных почв, развитых в литогенной матрице, обогащенной пылеватым материалом, подкрепленной данными гранулометрического состава, все изученные дерново-подзолистые почвы по содержанию и характеру профильного распределения гранулометрических фракций были подразделены на три группы.

Группа I (доминирующая) (рис. 2) представлена безвалунными пылеватыми суглинками, практически не содержащими скелетной фракции (> 1 мм) в гранулометрическом составе. Содержание крупнопылевой фракции (0.05—0.01 мм) в пределах отдельных исследованных профилей варьирует в среднем от 30—40 до 55 % в верхних 50 см. Вскрытая мощность пылеватых суглинков составила 1.3—1.5 м. ПОП при проведении полевого обследования диагностированы как супесчаные и суглинистые озерно-ледниковые отложения. Необходимо отметить, что дерново-подзолистые почвы, сформированные на этих породах, имеют большую степень сходства по морфологическим характеристикам и строению с почвами того же таксона, развитыми на типичных лёссовидных суглинках перигляциальной зоны центра Русской равнины.

В качестве примера приведем строение агродерново-подзолистой постагрогенной глубокопахотной легкосуглинистой почвы (разрез В-383, рис. 3, табл. 1), приуроченной к средней части пологого (2°) склона юго-западной экспозиции. Почвенный профиль полностью сформирован на пылеватых субаэральных отложениях (рис. 2).

Группа II (менее представительная по сравнению с первой группой) объединяет почвы, развитые на двучленных почвообразующих породах: озерно-ледниковые супесчано-суглинистые отложения, подстилаемые мореной (рис. 2). В средней части профиля этих почв (на глубине 0.4—0.6 м) сформированы прослойки с преобладанием фракции крупной пыли. В почвах этой группы отсутствует скелетная фракция. Вероятно, литогенная матрица этих почв отражает сложный и динамичный процесс осадконакопления в позднеледниковье в пределах изученной территории. наличие слоя пылеватых суглинков отражает кратковременный субаэральный перерыв в озерном осадконакоплении.

Группа III (имеет достаточно широкое распространение) включает разрезы на двучленных отложениях (пылеватые суглинки, подстилаемые мореной) с содержанием до 43 % крупнопылевой фракции в верхней части двучлена (рис. 2). В отличие от описанных выше двух групп, в почвах данной группы верхняя пылеватая часть двучлена содержит скелетную часть, доля которой составляет до 9 %.

Таким образом, по данным гранулометрического анализа, первая группа почв по гранулометрическому составу в наибольшей степени обогащена фракциями крупной пыли и почвы этой группы в наибольшей степени соответствуют типу отложений, относящихся к лёссоидам.

Для выявления катенарной дифференциации почв этой группы нами был выбран ключевой участок (рис. 1), расположенный также в пределах девонской равнины, в зоне землепользования бывшего совхоза «Волна» Волосовского района Ленинградской области. На относительно небольшом по площади участке (рис. 1) было выявлено большое литологическое разнообразие пород ледниковой формации. На долю моренных суглинков приходится 36 % от общей площади; на долю флювиогляциальных песков на морене — 27 %; на долю озерно-ледниковых пылеватых суглинков — около 21 %; на долю озерно-ледниковых глин и водно-ледниковых супесчаных отложений — около 10 %. Таким образом, пылеватые безвалунные отложения (которые до настоящего времени выделяются как озерно-ледниковые), занимают склоновые позиции; ареал этих отложений при близком подстилании морены занимает высокие гипсометрические отметки, что позволяет предположить их субаэральный генезис.

Высказанное выше предположение подтверждается данными буровых скважин по катене, приуроченной к склону юго-западной экспозиции в пределах девонской равнины (рис. 1, 4). Протяженность катены составила 227 м, уклон — -0.015 . В пределах катены было заложено

двенадцать буровых скважин глубиной до 2.0 м и два разреза, один из которых — охарактеризованный выше разрез В-383 — соответствует скважине 1, заложенной в средней части склона (рис. 1, 4).

Данные бурения показали, что верхняя безвалунная однородная пылеватая суглинистая толща изученных разрезов (лессоиды) довольно выдержанна как по мощности (всегда больше 100 см и достигает 135—170 см), так и в латеральном протяжении по склону (рис. 4). Нижняя часть разрезов до глубины 2 м представлена красноватыми сортированными заиленными супесями, иногда чередующимися с тонкими прослойками пылеватого материала; изредка в основании разреза вскрывается среднезернистый сортированный песок. Суммарная мощность горизонтов ВТ составляет 85—115 см. В целом можно заключить, что, несмотря на склоновое расположение изученных текстурно-дифференцированных почв, варьирование морфологического строения их профилей выражено слабо.

В верхней части покровной толщи выделяется слой пылеватого легкого суглинка, мощность которого (суммарная мощность пахотных и элювиальных горизонтов) в пределах почв катены не превышает 44—52 см. Нижняя граница субэлювиального горизонта ВЕL варьирует на глубине 45—64 см (в редких случаях опускаясь до 70—80 см). Наличие верхнего слоя свидетельствует в пользу финального этапа эоловой седиментации в позднеледниковье последнего оледенения.

По данным гранулометрического состава (лазерная дифрактометрия) (рис. 5), распределение фракций показало очень большую степень сходства литологических слоев в пределах верхней метровой толщи разрезов по скважинам. Во всех буровых профилях до глубины 80—100 см (за исключением скважин 8 и 13, приуроченных к подножию склона) преобладают частицы размером 25—40 мкм, при этом преимущественно представлена фракция крупной пыли (coarse silt, 16.0—31.0 мкм) и менее представлена фракция очень крупной пыли (very coarse silt, 31.0—63.0 мкм).

На глубине более 80—100 см выявлено сильное варьирование преобладающей фракции. При этом увеличивается только верхний предел варьирования (например, в скважине 13 на глубине 200 см доминирует фракция тонкого песка (fine sand, 125.0—250.0 мкм).

Показано, что во всех буровых скважинах до глубины 80—100 см на глубине отбора до 180—200 см содержание фракции крупной пыли (10—50 мкм) устойчиво превышает 30 %, при этом наиболее распространено содержание данной фракции порядка 50 % от всех частиц (рис. 6). В верхней части профиля наблюдается довольно низкая степень варьирования данного параметра между буровыми скважинами, тогда как с глубины 80—100 см наблюдается увеличение диапазона варьирования содержания фракции крупной пыли между точками отбора. В целом наблюдается тенденция к снижению содержания фракции крупной пыли в диапазоне глубин 100—200 см. К глубине 200 см в пяти скважинах содержание крупной пыли составило менее 30 %, что не характерно для лессоидов. Таким образом, можно считать установленным фактом, что верхняя метровая толща обогащена крупнопылевой (крупноалевритистой) фракцией (0.05—0.01 мм) и, независимо от положения буровых скважин по катене и подстилания слоями, различающимися по гранулометрическому составу в нижней метровой толще, залегает плащеобразно.

В рамках обсуждаемой проблемы стоит привести материал по изучению свойств и строения уникальной целинной почвы, сформированной на локально переотложенных диктионемовых сланцах, перекрытых позднеледниковым осадочным чехлом. Разрез расположен на территории последнего оледенения в Ленинградской области (южное Приладожье) в долине р. Любши,

правого притока р. Волхов (Русаков и др., 2025). Аллохтонная часть (позднеледниковый нанос) характеризуется малой мощностью, наличием карбонатного обломочного материала и линзовидных включений глауконитовой супеси. Содержание крупнопылеватой фракции и мелкого песка в поверхностном слое аллохтонной части разреза было заметно большим по сравнению с более глубокими горизонтами, что свидетельствует в пользу гипотезы поступления крупнопылеватой и мелкопесчаной фракций в позднеледниковые эоловым путем. Морфолого-генетический анализ профиля почвы показал, что почвообразующей породой для данной почвы послужили диктионемовые сланцы, подвергшиеся локальному перемещению в раннем позднеледниковые. Это подтверждается также данными спорово-пыльцевого анализа нарушенных диктионемовых слоев в основании разреза, где диагностированы спектры с преобладанием тундровой растительности. Установлено, что толща сланцев подверглась криогенному растрескиванию, усиливающемуся от нижних горизонтов профиля к верхним. Почва развивалась в субаэральных условиях начиная с позднего неоплейстоцена.

Недавние исследования на территории Фенноскандии показали, что нижний возрастной предел активизации эолового осадконакопления ограничивается временем отступления фронта ледника (интервалы 14.4 и 13.8 тыс. л. н.) (Stroeven et al., 2016). По-видимому, полученные нами данные о нахождении лёссового наноса в верхней толще четвертичных отложений в гляциальной зоне укладываются в общую картину возможности принесения эолового материала в позднеледниковые. Так, в Юго-Западной Швеции (район Гетеборга) описаны маломощные (0.15—0.80 м) лёссовидные отложения с местным названием *flygto* с пятнистым распространением, залегающие поверх ледниковых отложений (Anna Hedeving et al., 2024). Согласно данным оптически стимулируемого люминесцентного датирования верхнего слоя, упомянутые наносы, скорее всего, отложились вскоре после дегляциации 14 тыс. лет назад. В этой связи необходимо отметить поразительное сходство в распределении гранулометрических фракций, полученных шведскими исследователями (Anna Hedeving et al., 2024) для верхней толщи лёссоидов, с нашими данными (рис. 6). Это совпадение особенно значимо, если принять во внимание значительное расстояние (около 1000 км) между районами исследований, но они расположены близко в широтных пределах и маркируют финальные стадии деградации Скандинавского ледникового щита.

Заключение

Наши исследования показали, что маломощный (50—100 см) плащ субаэральных отложений (***aeolian drape***, лёссоиды) распространен в зоне последнего поздненеоплейстоценового оледенения. В составе литоматрицы почвенного профиля он формирует облегченную по гранулометрическому составу часть текстурно-дифференцированного профиля и подстилается породами различного генезиса (морены, водно-ледниковые суглинки и др.). Ранее лёссоиды не выделялись в составе почвенного профиля.

Ландшафтная приуроченность и ареал этих отложений нуждаются в дальнейшем исследовании. Эоловая седиментация могла быть приурочена к «микроперигляциальным» зонам, сформировавшимся при поэтапном отступании ледника.

Таким образом, представленный фактический материал по пылеватым безвалунным отложениям северо-запада Русской равнины требует дальнейшего углубленного исследования с привлечением специалистов смежных дисциплин.

Работа проведена при финансовой поддержке РФФ (грант 23-17-00073).