

Санкт-Петербургский государственный университет

Верлова Татьяна Александровна

Выпускная квалификационная работа

**ПРИЗНАКИ РЕЛИКТОВОГО И СОВРЕМЕННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В
ПРОФИЛЕ ТЕКСТРУНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ПОЧВЫ КРАЕВОЙ ЗОНЫ
МОСКОВСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ РУССКОЙ РАВНИНЫ**

Основная образовательная программа магистратуры
«Почвоведение»

Научный руководитель: д. г. н.,
профессор РУСАКОВ Алексей Валентинович

Рецензент: д. б. н.,
ведущий научный сотрудник ФГБОУВО
«МГУ им. М. В. Ломоносова»
МАКЕЕВ Александр Олегович

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ	13
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	18
ВЫВОДЫ.....	41
ЛИТЕРАТУРА.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Объектом настоящего исследования является текстурно-дифференцированная почва автоморфной позиции высокого (190-214 м) междуречья северо-восточного макросклона Борисоглебской возвышенности. Основные формы четвертичного рельефа заложены в период и после деградации последнего покровного оледенения на территории исследованного ключевого участка.

Исследованию почв и почвенного покрова краевой зоны московского оледенения Восточной Европы посвящено большое количество исследований. Однако к настоящему моменту не создано единой теории формирования и модели педолитогенеза для текстурно-дифференцированных почв. Существующие генетические модели условно делятся на три группы: педогенная моногенетическая, литогенная полигенетическая и эволюционная (педогенная полигенетическая).

Теория *моногенетического педогенеза*, рассматривающая закономерные изменения материнской породы *in situ* в условиях воздействия на нее различных почвообразовательных процессов, является классической для почв с текстурно-дифференцированным профилем и ассоциированным почвенным покровом исследуемого региона. Данная концепция описывает саморазвитие почвенного тела в относительно стабильных внешних условиях (Роде, 1984). Несмотря на практический успех теории, нерешёнными остаются вопросы роли элементарных почвообразовательных процессов поверхностного оглеения, лессиважа и оподзоливания; не решены проблемы классификации и возраста этих почв и, наконец, происхождения почвенного покрова в целом.

Приверженцы *литогенной полигенетической* концепции определяют текстурную дифференциацию как стадийный средне- и позднплейстоценовый седиментогенез, обусловивший выпадение более лёгкого (песчаного, супесчаного, пылеватого) осадка на кровлю ледниковых, водно-ледниковых и покровных отложений с последующей проработкой образовавшейся двучленной толщи почвообразовательными процессами, лишь усиливающими литологически обусловленную текстурную дифференциацию (Соколов, 1983, Соколов и др., 1983, Макеев, Макеев 1989, Макеев, 2009).

Сторонники *педогенной полигенетической – эволюционной* – концепции рассматривают текстурно-дифференцированный профиль почв в областях плейстоценовых оледенений как результат стадийной трансформации материнской породы *in situ* в условиях контрастных климатических и ландшафтных (в т.ч. антропогенных) изменений с конца позднего плейстоцена (Александровский, 1983, 1995; Бронникова, Таргульян, 2005).

Приведённые общности генетических концепций, как правило, успешно объясняют формирование текстурно-дифференцированного профиля в частных случаях, однако не объясняют сложную пространственную и морфологическую организацию полигенетических почв междуречий региона.

Московское оледенение значительно повлияло на центральную часть Русской равнины,

сформировав здесь обширные ледниковые и водно-ледниковые равнины, в различной степени переработанные на сегодняшний день наложенными экзогенными процессами. После деградации ледниковых тел в их пределах закладывались эрозионная и долинная сети. Основные палеогеографические реконструкции для этой территории основывались, в первую очередь, на изучении таких подчиненных позиций ландшафта и выполняющих их рыхлых толщ. В то же время междуречные ландшафты и, соответственно, условия и особенности их формирования, оставались менее изученными. До сих пор остаются неопределенными условия формирования и покровность простираения т.н. покровных суглинков, плащеобразно покрывающих центральную часть Русской равнины, не сформировано единой эволюционно-генетической модели, объясняющей строение структуры почвенного покрова в пределах междуречий.

Первые исследования Борисоглебской возвышенности относятся к XIX в., комплексное изучение территории геологами, почвоведом, геоморфологами и археологами началось с 30-х годов XX в. и накопило большое количество фактического материала. Были исследованы озерные отложения и опорные разрезы в заполнениях малых эрозионных форм, вскрывающие толщи сапропелей и торфов с начала позднего плейстоцена (Новский, 1975; Гунова, Лефлат, 2002). Однако остается ряд нерешенных вопросов, касающихся эволюции ландшафтов и почвенного покрова этой территории. Так, до сих пор не описаны погребённые почвы и седименты межледниковых и интерстадиальных этапов позднего плейстоцена в отложениях междуречий, стратиграфические аналоги которых изучены в заполнениях эрозионных форм и озерных котловин. Несмотря на существование значительного массива работ и серии генетических гипотез образования покровных отложений, последние все еще считаются моногенетичным и однородным образованием, единая эволюционно-генетическая модель формирования текстурно-дифференцированных почв на этих материнских породах, учитывающая многостадийный полигенез, также отсутствует. Большая часть исследований определяет голоценовый возраст почв и почвенного покрова региона (Александровский, 1995, 2004, 2011; Александровский и др., 1990, Александровский, Долгих, Воронин, 2011). Отдельные исследователи сталкивались с полигенетическими текстурно-дифференцированными почвами сложной морфологической организации, предполагая неопределённый позднеплейстоценовый возраст части признаков и определяя их в качестве реликтовых (Бронникова, Таргульян, 2005; Makeev, 2009). К таким признакам относятся не только разновозрастные горизонты и морфоны, обогащённые органическим веществом, но и различные стратиграфические уровни текстурных – иллювиально-глинистых – горизонтов, зачастую разделённых отчётливыми денудационными границами.

Несмотря на длительность исследований (более 100 лет), наличие подобных спорных вопросов не позволяет создать единую непротиворечивую модель развития почвенного покрова междуречий изучаемой территории. В первую очередь, это связано с отсутствием единого и общепринятого решения проблемы полигенеза текстурно-дифференцированных почв.

В попытке приблизиться к решению данной проблемы, настоящая работа имеет

перед собой **цель** выявить и различить признаки реликтового и современного почвообразования в профиле текстурно-дифференцированной почвы позиции высокого плакора краевой зоны московского оледенения.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1) Провести морфологическое исследование твердофазного вещества почвы на разных уровнях структурной организации с систематическим повышением морфологического разрешения (от макро- до субмикро уровней).

2) Разделить выявленные в теле текстурно-дифференцированной почвы твердофазные признаки на реликтовые и воспроизводящиеся в современной природной среде.

3) На основе новых данных уточнить генетическую модель текстурно-дифференцированных почв междуречий периферической и краевой зон московского оледенения.

Для решения поставленных задач был выбран северо-восточный макросклон Борисоглебской возвышенности. Данная территория зажата между условными линиями максимальных распространений двух последних оледенений: московского (днепровского) и валдайского. На исследуемой территории был заложен опорный разрез π -pedone плосковершинного холма междуречья, его абсолютная высота составляет 212 м над уровнем моря.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.г.н. А. В. Русакову. Автор признателен научному сотруднику Лаборатории эволюции почв ИГ РАН к.г.н. И.Г. Шоркунову, П. В. Андрееву и старшему научному сотруднику кафедры геоморфологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова к.г.н. Е. В. Гаранкиной и за всестороннюю помощь на всех этапах работы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основная цель данного обзора литературы – систематизация гипотез о генезисе текстурно-дифференцированных почв ледниковых и перигляциальных областей плейстоценовых оледенений и выявление проблем, являющихся «точками роста» современного генетического и географического почвоведения.

Текстурно-дифференцированные почвы являются одним из самых сложных объектов для понимания их генезиса. К настоящему моменту в научном мире существует относительно большое количество гипотез, объясняющих возникновение ТДП, которые можно разделить на 3 генетические группы: преимущественно литогенное происхождение дифференциации, возникновение дифференциации в результате почвенных процессов и полигенетическая интерпретация текстурной дифференциации.

1) Преимущественно литогенная (И. А. Соколов; О. В. Макеев, А. О. Макеев (Макеев, Макеев, 1989; Макеев, 2009)).

Гипотеза исходной литогенной неоднородности подразумевает возникновение текстурной дифференциации в результате формирования почвенного профиля на изначально генетически разнородных слоях, резко различающихся, в том числе, и по гранулометрическому составу.

Гипотеза исходной двучленности (литологической неоднородности) почвообразующих пород непротиворечиво объясняет всю имеющуюся разнородную совокупность фактов о строении почв с ТДП: различие в содержании и минералогическом составе илистой фракции горизонтов EL и BT, различия в содержании песчаной фракции (абсолютное «накопление» песка в верхних горизонтах), неподчинение климатическим закономерностям распределение мощностей и степени обезыленности облегченного горизонта, независимость от состава и свойств нижележащих пород мощности и состава облегченного горизонта и ряд других. Однако, сам механизм формирования двучленных плащеобразных покровных суглинистых отложений до сих пор является дискуссионным вопросом (Соколов и др., 1983).

2) Педогенные гипотезы (концепции)

Конкурирующие гипотезы лессиважа, кислотного гидролиза и элювиально-глеевого процесса схожи в том, что они раскрывают теорию возникновения ТДП дерново-подзолистых почв с точки зрения действия исключительно почвенных процессов.

Стоит отметить, что к настоящему моменту некоторые ученые придерживаются мнения, что данные гипотезы не являются конкурирующими, предприняты попытки обоснования компромиссных теорий, допускающих совместное действие перечисленных почвенных процессов.

К середине XX в. в российской и зарубежной литературе по вопросу ТДП существовало два понятия: оподзоливание (podsolisation) и лессиваж (lessivage) (Пономарёва, 1964; Роде, 1964; Герасимов, 1976; Dushaufour, 1977, 1982). Первый термин подразумевал формирование текстурной дифференциации за счет разрушения минеральной массы в верхней части профиля и выноса разрушенных частиц в иллювиальную толщу, второй же подразумевал вынос ила без его предварительного разрушения. Данные теории считались конкурирующими, когда они прилагались к одному и тому же объекту. Решение вопроса, как правило, заключалось в пространственном (географическом) или временном разделении данных процессов. Так, Герасимов относил почвы северной и средней тайги европейской России к "настоящим

подзолистым" в отличие от псевдоподзолистых (лессивированных) почв южной тайги центральных и западных областей (Герасимов, 1976). Бримен также разделяет процессы лессиважа и оподзоливания в пространстве, полагая, что перенос глины в суспензиях и последующая элювиально-иллювиальная дифференциация происходят в почвах южных регионов, когда оподзоливание характерно лишь для подзолов (Breemen, Vuurman, 2002). Дюшофур разделял данные процессы во времени, полагая, что лессиваж является первичной стадией оподзоливания (Duchaufour, 1982).

В настоящее время остается актуальным вопрос о генетическом единстве или генетическом разделении процессов формирования почв с ТДП в разных природных условиях. Например, в книге Б. Г. Розанова «Морфология почв» отдельными генетическими горизонтами и индексами выделяются такие элювиальные горизонты текстурно-дифференцированных почв, как подзолистый, оподзоленный, лессивированный и элювиально-глеевый (подразумевается разная морфология в зависимости от ведущего процесса) (Розанов, 2004). То есть, согласно данному автору, текстурная дифференциация может быть обусловлена любым из этих почвенных процессов в зависимости от географических особенностей условий формирования конкретной почвы. Оппонирует данной позиции, например, концепция Зайдельмана, и гипотезы некоторых других авторов, предполагающие единый механизм формирования профиля всех текстурно-дифференцированных почв (Зайдельман, 1998; 2010).

2.1 Преобладающее влияние лессиважа (синонимы: иллиммеризация, декольматация, обезыливание) (К. Д. Глинка, В. М. Фридланд, Ф. Дюшофур)

Лессиваж (от лат. *lixivia* — стиральный порошок) - процесс механического выноса суспензии глины по трещинам или другим внутрипочвенным полостям, сопровождающийся менее интенсивным выносом грубой глины и тонкой пыли. Вынос приводит к снижению содержания глины в горизонте ЕL и обогащению ею горизонта В; перемещенная тонкая глина накапливается в горизонте ВТ в форме аржиллан (Vuol et al., 1973, Таргульян и др., 1974).

В отечественной литературе явление вымывания илистых частиц из элювиального горизонта без его предварительного разрушения, его дальнейшего суспензионного переноса и задержания (относительного накопления) в горизонте ВТ впервые было описано в 1924 г. К. Д. Глинкой (Глинка, 1924, 1932). Для обозначения данного явления термин «лессиваж» был предложен Уденом, Обером и Демолоном в 1937 г. (Aubert, Demolon, Oudaine, 1938).

В. М. Фридландом рассмотрено и описано явление лессиважа в красновато-бурой оподзоленной почве (Румыния, р-н Бухареста) и в бурой лесной оподзоленной почве

(ГДР, Таутендургский лес), которые по показателям и свойствам противопоставляются почве, образованной путем оподзоливания - гумус-иллювиальному подзолу (Румыния, Карпаты) (Фридланд, 1958). Почвы, образованные путем лессиважа, по данным автора, отличаются от образованных путем оподзоливания тем, что химический состав илистой фракции здесь не согласован с валовым составом почвы и остается постоянным. Это указывает на перемещение неразрушенного ила, что как раз характеризует процесс «иллимеризации» (лессиваж) и не свойственно подзолистому процессу (Герасимов, 1976; Розанов, 2004, Элементарные..., 1992).

Таким образом, с точки зрения В. М. Фридланда, текстурная дифференциация профиля может быть обусловлена как процессом оподзоливания, так и принципиально отличным процессом лессиважа, в зависимости от природных условий формирования почвы.

Французский почвовед Ф. Дюшофур (Duchaufour, 1977), работавший на бурокрашенных почвах Центральной Европы, близких к буроземам, для отделения процесса обезыливания от собственно подзолистого процесса, применял термин лессиваж. (Широкое распространение в зарубежной литературе данный термин получил благодаря работам данного автора). Однако, он считал «лессиваж» предварительной стадией оподзоливания (когда происходит вынос минеральной массы уже при глубоком разрушении) и, в отличие от Фридланда, не отрицал возможности совместного действия этих двух процессов, отвечающих за текстурную дифференциацию профиля.

2.2 Кислотный гидролиз (А. А. Роде, В. В. Пономарева)

Гипотеза кислотного гидролиза, предложенная А. А. Роде в 1937 г., предполагает, что возникновение профиля текстурно-дифференцированных почв обязано особым биоклиматическим и биогеохимическим условиям:

- 1) гумидный и семигумидный климат, лесная растительность;
- 2) бедность растительного опада зольными элементами питания и азотом;
- 3) пониженные температуры и промывной водный режим;
- 4) наличие особенностей в биохимических превращениях растительных остатков;
- 5) преобладание грибного кислотообразующего разложения;
- 6) консервация лесного опада в виде подстилки;
- 7) продуцирование в подстилке и усиленное вымывание в почву водорастворимых гумусовых кислот и простых органических кислот (Роде, 1937).

Данные особенности определяют специфику протекания почвообразующих процессов, отвечающих за разрушение ила в верхней части профиля, перемещение частиц

и их последующее осаждение, благодаря которым происходит характерная дифференциация почвенного профиля.

Таким образом, в профиле происходит фракционирование органических, органо-минеральных и минеральных компонентов в соответствии с их подвижностью (в основе итогового пространственного разделения компонентов – различная подвижность и агрессивность гумусовых кислот). В соответствии с данной гипотезой, профиль почвы формируется сразу как единое целое во всей совокупности генетических горизонтов – как элювиальных, так и иллювиальных (Роде, 2008; Богатырев, 1988).

Проанализировав результаты многочисленных экспериментальных исследований, В. В. Пономарева доказала, что в разрушении первичных и вторичных минералов элювиального горизонта главенствующую роль играют фульвокислоты. Они не осаждаются в иллювиальном горизонте в оподзоленных почвах на суглинистых породах, так как высокая дисперсность фульвокислот обеспечивает их миграцию сквозь тонкие поры суглинистого субстрата. В то же время в формировании гумусово-аккумулятивного горизонта A1 в условиях развития дерново-подзолистых почв принимает участие более высокомолекулярная фракция перегнойных кислот – бурых гуминовых кислот, – способная избирательно осаждаться с основаниями в верхней части профиля. Образование элювиального горизонта Пономарева связывает с миграцией вниз по профилю низкомолекулярной фракции гумусовых кислот сильно подкисленной по причине её обеднения кальцием, либо разрыва химических связей с осаждаемой фракцией (Пономарева, 1964).

2.3 Элювиально-глеевый процесс (И. П. Герасимов, Ф. Р. Зайдельман)

Влияние процесса оглеения в верхней части профиля на текстурную дифференциацию почвы было подробно описано И. П. Герасимовым в 1976 г. для буроземных псевдоподзолов (лесные почвы советского Закарпатья, вторичные подзолы Румынии, «гайначе» и «подзолы» Югославии): «в профиле буроземных псевдоподзолов бросается в глаза удивительно резкая дифференциация верхнего мучнистого сизовато-серого горизонта А (часто с пластинчатым сложением) и нижележащего красновато-бурого глыбисто-призмовидного горизонта В. Внимательное сравнительное изучение этих горизонтов показывает, что важнейшую роль в подобной дифференциации играет глеевый процесс. Под его влиянием вся нижняя часть горизонта А, примыкающая к контакту гранулометрически различных компонентов двучленного наноса, приобретает зеленовато-сизый цвет и обогащается мелкими железными бобовинами и темными марганцевыми стяжениями. Глубокое морфологическое преобразование испытывает и верхняя часть горизонта В. Она становится пестро-окрашенной, состоящей из сизых и бурых пятен; на

поверхности граней отдельностей и по трещинам сюда проникает светлый, обесцвеченный материал, и вся почвенная масса приобретает полуразрушенный деградированный характер. Становится очевидным, что именно под влиянием воздействия глея формируется особенно злостный «псевдоподзол». Наиболее интенсивное глееобразование в псевдоподзолах происходит зимой, т. е. тогда, когда настоящие подзолы на востоке континента скованы мерзлотой» (Герасимов, 1976).

Таким образом, данным автором псевдоподзолы, дифференцированные в результате глеевого процесса, противопоставляются настоящим подзолам, формирующихся под влиянием подзолообразования.

Ф. Р. Зайдельман элювиально-глеевым процессом объясняет дифференциацию профиля всех текстурно-дифференцированных почв как моногенетичный процесс, обусловленный возникновением глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима (Зайдельман, 1998, 2010). Согласно данному автору, периодический сезонный застой влаги при наличии органического вещества, способного к ферментации в присутствии анаэробной гетеротрофной микрофлоры, способствует появлению процесса глееобразования, заключающегося в воздействии на минеральный субстрат кислот в анаэробной среде, который приводит к интенсивной трансформации почвенных компонентов и впоследствии играет решающую роль в текстурной дифференциации дерново-подзолистых почв. Так, процесс оглеения в условиях застойно-промывного водного режима обеспечивает:

- восстановление окисных форм металлов (Fe, Mn), что придаёт им большую подвижность, приводящую к их выносу;
- накопление Fe^{2+} в твёрдой фазе пород, что может приводить к дестабилизации алюмосиликатов;
- обезыливание;
- повышение актуальной кислотности (на 1,5 pH);
- повышение гидролитической кислотности (в 4 раза);
- увеличение содержания обменного Al (в 62 раза);
- систематический вынос продуктов реакций за пределы почвенного профиля;
- высокое содержание органических кислот в почвенном растворе;
- накопление в процессе ферментации органических веществ большого количества неорганических восстановителей: CH_4 , H_2 , NH_3 , H_2S .

Происходящий в результате данного процесса вынос компонентов, определяющих коричневатую окраску исходной почвообразующей породы (железа (вынос 56%), марганца (86%) и ила (49%)), обуславливает возникновение белёсой окраски элювиального

горизонта. (Выводы были получены авторами на основе модельного эксперимента) (Зайдельман, 2010). Таким образом, согласно гипотезе Зайдельмана, в результате элювиально-глеевого процесса получается профиль текстурно-дифференцированных почв с характерными морфологическими признаками.

2.4 Совместное влияние лессиважа и элювиально-глеевого процесса.

По данным Н. А. Ногиной, в палево-подзолистых почвах Белоруссии наряду с глеевыми явлениями имеет место перемещение илистых частиц без их разрушения, т. е. «лессиваж», или «иллимеризация» (Ногина, 1952, 1979). Таким образом, за текстурную дифференциацию профиля данных почв одновременно отвечают лессиваж и элювиально-глеевый процесс.

2.5 Совместное влияние лессиважа, кислотного гидролиза и элювиально-глеевого процесса (синтетическая модель развития)

Точку зрения Ф. Р. Зайдельмана в своей статье, опубликованной в журнале «Почвоведение» 1996 г., оспаривает В. Д. Тонконогов на основе анализа данных экспериментов, проведенных на дерново-подзолистых почвах, подзолах альфегумусовых, субпрофиле подзола в профиле суглинистой подзолистой почвы и светлоземе иллювиально-железистом (Тонконогов, 1996). В противовес единому механизму дифференциации профиля для всех текстурно-дифференцированных почв, предложенному Ф. Р. Зайдельманом, Тонконогов доказывает, что все природные объекты имеют свои особенности внутрипрофильного перераспределения оксидов железа и алюминия в почвенной массе и илистой фракции. Это опровергает теорию о генетическом единстве процессов ТДП в различных почвах – по мнению автора, в природе не существует универсального механизма формирования разнообразных дифференцированных почв с осветленным элювиальным горизонтом.

Однако, механизмы, ответственные за формирование дифференцированных почв с осветленным элювиальным горизонтом (лессиваж, селективное и альфегумусовое подзолообразование и элювиально-глеевый процесс), вполне могут совмещаться и усиливать друг друга. Ведущая роль тех или иных дифференцирующих процессов определяется особенностями внутренних (почвообразующая порода) и внешних факторов почвообразования. Тем самым, распределение на земной поверхности дифференцированных почв с осветленным элювиальным горизонтом различного генезиса подчиняется законам географии почв (Тонконогов, 1996).

Большинство исследователей в настоящее время принимают синтетическую модель развития текстурно-дифференцированных почв, предполагающую совместное

участие трех групп процессов: лессиважа, оподзоливания и поверхностного оглеения (Таргульян и др., 1974; Бронникова, Таргульян, 2005).

В частности, В. О. Таргульяном был предложен обобщающий термин, включающий в себя одновременное взаимодействие нескольких процессов, ответственных за текстурную дифференциацию профиля почв: гидроморфное оподзоливание – особый процесс, характерный для дерново-подзолистых почв севера Восточно-Европейской равнины, который заключается в повышенном выносе железа из горизонта ЕL во время таяния снега, а также потере глины при лессиваже и образовании железо-алюминиевых комплексов внутри аржиланов и языков.

Таким образом, для объяснения формирования профиля текстурно-дифференцированных почв существует по крайней мере 5 педогенных концепций.

3) Полигенетическая

3.1. Полигенез, связанный с периодизацией голоцена

И. П. Герасимов впервые указал на связь наблюдаемых в почве признаков текстурной дифференциации не только с современными условиями и протекающими процессами, но и с многофазной контрастной сменой условий среды на протяжении верхнего плейстоцена и голоцена, в результате которой происходили многочисленные криогенные нарушения, деградации мерзлоты, выщелачивания карбонатов и другие процессы. Дерново-подзолистые почвы, находящиеся в переходной области от псевдоподзолистых почв Западной и Центральной Европы (для которых характерен процесс лессиважа – псевдооподзоливания) к собственно подзолистым почвам бореально-таежных районов севера Восточной Европы (для которых характерен процесс кислотного гидролиза – подзолообразования), сочетают в себе не только современные признаки протекания обоих процессов, но и палеопризнаки, связанные со сменой подзолистой и псевдоподзолистой фаз почвообразования на протяжении голоцена.

В. О. Таргульяном и А. Л. Александровским на основе детального морфологического и аналитического исследования предложена схема развития дерново-подзолистых почв от позднего плейстоцена до настоящего времени. Показано, с некоторой долей условности, какие признаки были получены и записаны в почвенном профиле в результате того или иного периода. Предполагается, что наблюдаемая текстурная дифференциация профиля – результат как действующих в настоящий момент процессов оподзоливания, лессиважа, элювиально-глеевого и некоторых других, так и наследования признаков, полученных в атлантическом, суббореальном и субатлантическом периодах голоцена. (Таргульян, Александровский, 1976).

Таким образом, детальные морфологические исследования организации дерново-подзолистых почв, позволяющие приблизиться к решению вопроса происхождения отдельных почвенных признаков, а также разработка обобщающей генетической концепции почв с ТДП являются актуальными задачами современного почвоведения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Характеристика объекта исследования

Главным объектом исследования является текстурно-дифференцированная (дерново-подзолистая) почва, вскрытая опорным разрезом *п-pedone* междуречного холма северо-восточного макросклона Борисоглебской возвышенности.

Физико-географическое положение. Северо-восточный макросклон Борисоглебской возвышенности и прилегающие к нему склоны Ростовской низины представляют собой уникальную территорию, характеризующуюся сочетанием на сравнительно небольшом пространстве практически всего комплекса ландшафтов: от плакорных – до субаквальных. Данная территория расположена на юго-востоке Ярославского Поволжья – части бассейна Верхней Волги, расположенной в центре Русской равнины, административно принадлежащей Ярославской области.

Климат территории гумидный, умеренно-континентальный, с умеренно теплым и влажным летом и умеренно холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет +3,0-3,3°C. Средняя температура января -11,1°C, июля +18,1°C. Снежный покров достигает 40-56 (до 70) см, а глубина зимнего промерзания почвы не превышает 0,5-1,0 м. В год выпадает около 520-550 мм осадков, большая часть которых (71%) приходится на теплое время года (в особенности, на июль) и выпадает преимущественно в виде интенсивных, непродолжительных ливней (Экологический..., 2015). Коэффициент увлажнения для данной территории приблизительно равен 1,5, что обеспечивает промывной режим на дренируемых поверхностях и способствует формированию там подзолистых почв (Русаков, 1993).

Растительность. Опорный разрез расположен в подзоне южной тайги. На вершине водораздельного холма Поклоны растительный покров представлен широколиственным лесом. Преобладающей породой является клен, кроме него присутствуют липа, осина и дуб. Так как данная территория подвержена интенсивному антропогенному воздействию, кленовый лес является вторичным, произрастающим на месте бывшей пашни, о чем свидетельствуют прослеживающиеся в почвах признаки пахотного горизонта.

Геологическое строение. Территория области находится в пределах Восточно-Европейской платформы. В ее основании залегает мощный, до 35-40 км докембрийский кристаллический фундамент, сложенный кристаллическими гранитогнейсовыми метаморфическими породами, с интрузиями различного состава и возраста. Его перекрывают осадочные толщи морских, континентальных, реже вулканогенных отложений протерозоя, палеозоя, мезозоя и кайнозоя (Атлас..., 2003).

Коренные породы практически повсеместно перекрыты мощным покровом четвертичных отложений. В Ростовской низине и на прилегающей к ней Борисоглебской возвышенности коренные породы не выходят на дневную поверхность. Большая мощность покровных отложений обусловлена расположением Ярославского Поволжья в наиболее глубокой и тектонически активной части московской синеклизы, характеризующейся преобладающим прогибанием земной коры с дочетвертичного времени и длительной непрерывной седиментацией. На исследуемой территории мощности четвертичных отложений колеблются от 200 (котловина Неро) до 50 м (Геологическая..., 1967).

На территории юго-востока Ярославского Поволжья прослеживаются следы трех оледенений: окского, днепровского и московского, и поэтому четвертичные отложения отличаются большим разнообразием генетических типов. Отложения последнего – московского – ледника на исследуемой территории представлены красно-бурыми суглинками с песчаными линзами, которые перекрыты послеледниковыми наносами (Москвитин, 1976). Некоторые исследователи Ярославского Поволжья (Новский, Москвитин, Судакова) выделяют на данной территории и калининскую морену, слагающую, по их мнению, восточное окончание Борисоглебской возвышенности и вскрытую разрезом Черемошник. Однако значительная часть научного сообщества (Асеев, Марков, Величко, Чеботарева) считает, что последним покровным оледенением для этой территории было всё-таки московское (Судакова и др., 1984), а перекрывающую микулинские торфяники толщу следует считать перигляциальным, делювиально-солифлюкционным образованием (Чеботарева, 1974, Путеводитель..., 1969).

Верхнечетвертичные отложения представлены бескарбонатными лессовидными покровными суглинками, их мощность на водоразделах Борисоглебской возвышенности достигает 8 м. Генезис этих отложений до конца не ясен. По-видимому, это полигенетические образования. Для бескарбонатных лессовидных суглинков отмечена ярусность строения, периодичность накопления и одновременность образования (Москвитин, 1976), а также широкое развитие в них крупнопolygonальных клиновидных структур, диагностируемых как псевдоморфозы по повторно жильным льдам и относимых

к ярославскому криогенному горизонту. В некоторых разрезах вертикальные размеры структур достигают 4-5 м, размеры полигонов в плане – 15-20 м (рис. 1) (Реконструкция..., 2017).



Рисунок 1. Крупные криогенные полигональные трещинные сети (диаметром ~15-20 м) в современном ландшафте междуречий.

Геоморфологическое строение. В пределах Борисоглебской возвышенности выделяют (Москвитин, 1976) 4 типа рельефа:

- 1) крупнохолмистый моренный рельеф центрального массива (выше 200 м);
- 2) слаборасчлененная пологохолмистая моренная равнина (180-200 м);
- 3) грядово-холмистый конечноморенный рельеф (150-180 м);
- 4) волнисто-западинная моренная равнина (150-160 м).

Западная часть возвышенности наиболее приподнята (наивысшая точка – Тархов Холм, 294 м). Здесь чередуются крупные (50-70 м) пологосклонные холмы, плоские равнинные участки и бессточные понижения, занятые болотами.

Восточный макросклон Борисоглебской возвышенности плавно снижается до 200 м. На развитой здесь аккумулятивной моренной равнине преобладают грядово-холмистые формы, разделенные множеством линейно вытянутых (преимущественно субширотных и субмеридиональных) и изометричных замкнутых и полужамкнутых понижений.

Нижний ярус междуречного комплекса характеризуется относительными перепадами до 10-15 м, хотя распространен в достаточно широком диапазоне абсолютных высот, постепенно повышаясь от фоновых отметок 150-160 до 180 м. Наиболее типичным морфологическим элементом здесь являются округловершинные изометричные холмы до

800 м в диаметре (рис. 2б), подножия которых приурочены к двум высотным уровням 80 и 165 м (вершины соответственно достигают 170 и 190 м).



Рисунок 2. Основные типы междуречий: а - плосковершинные холмы, занимающие доминирующие высоты; б – изометричные кругловершинные холмы.

Верхний ярус междуречного комплекса представлен крупными плосковершинными холмами (рис. 2а). В пределах ключевого участка это два холма – Ломовой и Поклонный, на которых сейчас расположены деревни Ломы и Анциферово (рис. 3). Они доминируют на данной территории, достигая высот 211 и 213 м, и имеют покатые (до 7°) склоны и площадь до 4-7 км², соответственно. Бровки плавные, но четкие. Их превышения над окружающими ложбинами и нижним комплексом междуречного рельефа достигают 50 м. Некоторые исследователи (Марков, Судакова) называют эти холмы звонцами (Москвитин, 1976).

Поклонный холм (165-214 м) – наиболее крупный, значительно вытянут в меридиональном направлении (плановые размеры 2х3,5 км²), имеет более крутой короткий прямой западный склон и выпуклый ступенчатый – восточный. Склоны, в первую очередь, восточный и южный, расчленены серией малых эрозионных форм (МЭФ) субширотного направления, открывающихся «висячими конусами выноса» в нижней части восточного склона к Соловьевской котловине (рис. 3).

На ключевом участке можно выделить два морфологических междуречных комплекса рельефа: крупнохолмистые междуречья в диапазоне высот 180-212 м и холмисто-западинная равнина, распространенная от 150 вплоть до 180-190 м. Генетические ярусы междуречий, выделенные А. И. Москвитиным в среднем (170 – 190 м) высотном диапазоне (Москвитин, 1976), в пределах ключевого участка практически не выражены и представлены единичными изолированными выпукловершинными холмами.

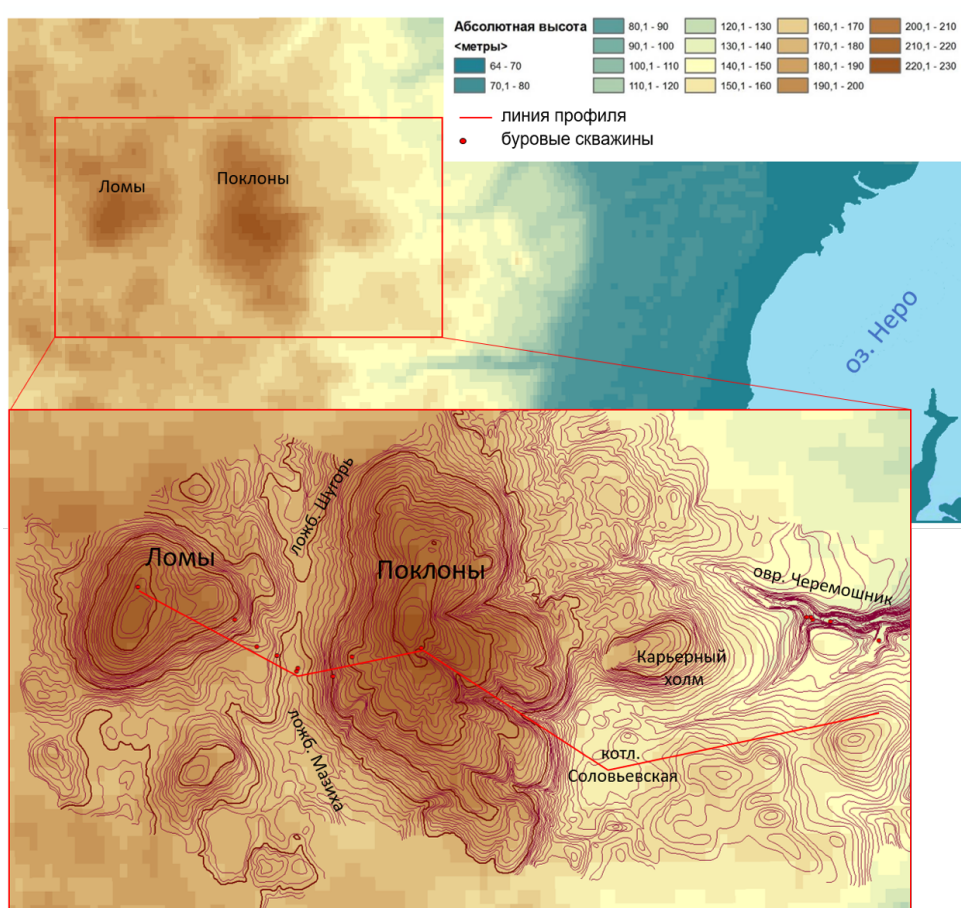


Рисунок 3. Топографическая карта изучаемой территории.

Методы исследования

Для изучения строения текстурно-дифференцированной почвы был заложен опорный разрез, специально сориентированный по сторонам света (каждая вертикальная стенка направлена строго с севера на юг или с запада на восток), причем верхний северо-западный угол северной стенки является началом трехмерной координатной сетки, охватывающей всю толщу педолитокомплекса. Всё это создано для удобства исследования разреза, а также для создания трехмерной модели опорного разреза в будущем.

В отличие от классических подходов морфологического почвоведения, в опорном разрезе были исследованы не только вертикальные стенки, В отличие от классических подходов морфологического почвоведения. Как правило, при подготовке стенок разрезов получают «срезосмазы», которые скрывают («замазывают») тонкие (менее 200-300 мкм) элементы строения. Такой подход был признан неподходящим для настоящего исследования, так как целью является детальное изучение строения почвенного тела. Поэтому как вертикальные, так и горизонтальные расчистки были подготовлены к исследованию путем аккуратного срезания материала тонкими лезвиями и были

зафиксированы фотосъемкой. Такой подход позволил детально исследовать объёмную организацию толщи постледниковых осадков и вмещённого почвенного тела.

При описании опорного разреза применялись как стандартные почвенные, так и литологические методики, разного разрешения.

Так, полевое – *макроморфологическое* – исследование заключалось в изучении объекта с использованием почвенно-географического и литолого-стратиграфического подходов. *Мезоморфологический* этап, помимо детального изучения объёмной организации почвенного или осадочного тела, выделения основных морфотипов и анализа их распределения в объекте, включало получение точечных сведений об их гранулометрическом составе, для чего используется метод лазерной дифрактометрии. Предварительная подготовка образцов осуществлялась по стандартной методике для разрушения агрегатов (Константинов, 2012). Просев сухих измельченных навесок образцов (2-30 г) проводился через набор сит с размером ячеек от 0,5 до 0,1 мм по дробной шкале Батурина на виброгрохоте Analysette 3 PRO фирмы «Fritsch». Фракция менее 0,1 мм проанализирована на лазерных дифракционных анализаторах Malvern Mastersizer 3000 и Fritsch Analysette Nanotek 22 по программам стандартного протокола измерений с применением ультразвукового диспергирования образца в жидкости. Данный оптический метод заключается в проведении ряда измерений интенсивности света в водной суспензии с концентрацией вещества 7-10% и составлении графиков распределения частиц по размеру (модель Фраунгофера).

Завершающий этап – *субмикроморфологический* – заключался в исследовании препаратов срезов и ненарушенных поверхностей объекта с помощью сканирующей электронной микроскопии, а также в получении данных полуколичественного микроанализа элементного состава. Для этого был применен сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL-6610-LV и энерго-дисперсионный квантовый анализатор элементного состава Oxford INCA Energy (CHNS, XRD).

Для изучения пространственного распространения литологических уровней, не вскрытых разрезом, но необходимых для интерпретации эволюции ландшафта, было проведено бурение с помощью ручных ударных буров Eijkelkamp.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика опорного разреза *π-redone*

Для того, чтобы исследовать непрерывное развитие дерново-подзолистой почвы в толще покровных суглинков краевой зоны московского оледенения, была поставлена задача выбрать эталонный участок почвенного покрова. Наиболее приближенными к

эталонным условиям обладал водораздельный холм Поклоны, на вершине которого был заложен опорный разрез. Данный холм специфичен тем, что, как говорилось выше, это один из самых высоких междуречных холмов на исследуемой территории. Его абсолютная высота превышает 180 м и составляет 214 м, что исключает поступление на его поверхность аллохтонного материала и денудацию осадков водным путем, обусловленное стоянием подпрудных озер в поздневалдайское время (Русаков, 2012). Данный факт обеспечивает условия для непрерывного почвообразования в толще осадков на вершине холма.

Опорный разрез заложен в зрелом широколиственном лесу и специально сориентирован по сторонам света. На разрез наложена координатная сетка, которая помогает легче ориентироваться в нем и позволяет последовательно исследовать и привязывать трехмерную структуру почвенно-литологического тела.

Литологическая организация вершины плосковершинного холма междуречья, вскрытая опорным разрезом π -pedone

По данным геологических карт (Геологическая..., 1967), плосковершинные холмы, как части Борисоглебской возвышенности, сложены мореной московского оледенения, погребенной мощным суглинистым чехлом. Морена вскрыта скважиной глубокого бурения (Москвитин, 1976) на вершинной поверхности Поклонного холма (у д. Анциферово) на глубине 13 м (на абс. высоте около 197-199). Для детального изучения строения надморенного чехла рыхлых отложений на вершинной поверхности Поклонного холма (на высоте 212 м) заложен разрез π -pedone, глубиной более 4,5 м, дополненный серией разведочных скважин. Плоская вершина холма, исследованная опорным разрезом, имеет более сложное строение и представляет собой заполнение исходной моренной западины. Кровля морены разрезом и буровым профилем не вскрыта и располагается на глубине более 9 м. Скважины Z-3 и PE-1 в западной и восточной прибровочных частях вершинной поверхности холма на высотах 199 и 200 м, соответственно, обнаружили тяжелосуглинистые моренные отложения на глубинах 3,5 и 5 м (195,5 и 195 м). Это в целом свидетельствует об относительно равномерном высотном положении кровли морены в пределах вершинной поверхности холма, описывающей очень пологовыпуклую дугу от прибровочных частей к вершине с перепадом 2-4 м.

Опорный разрез вскрывает сложноорганизованную толщу полигенетических отложений общей мощностью более 9 м (рис. 4).

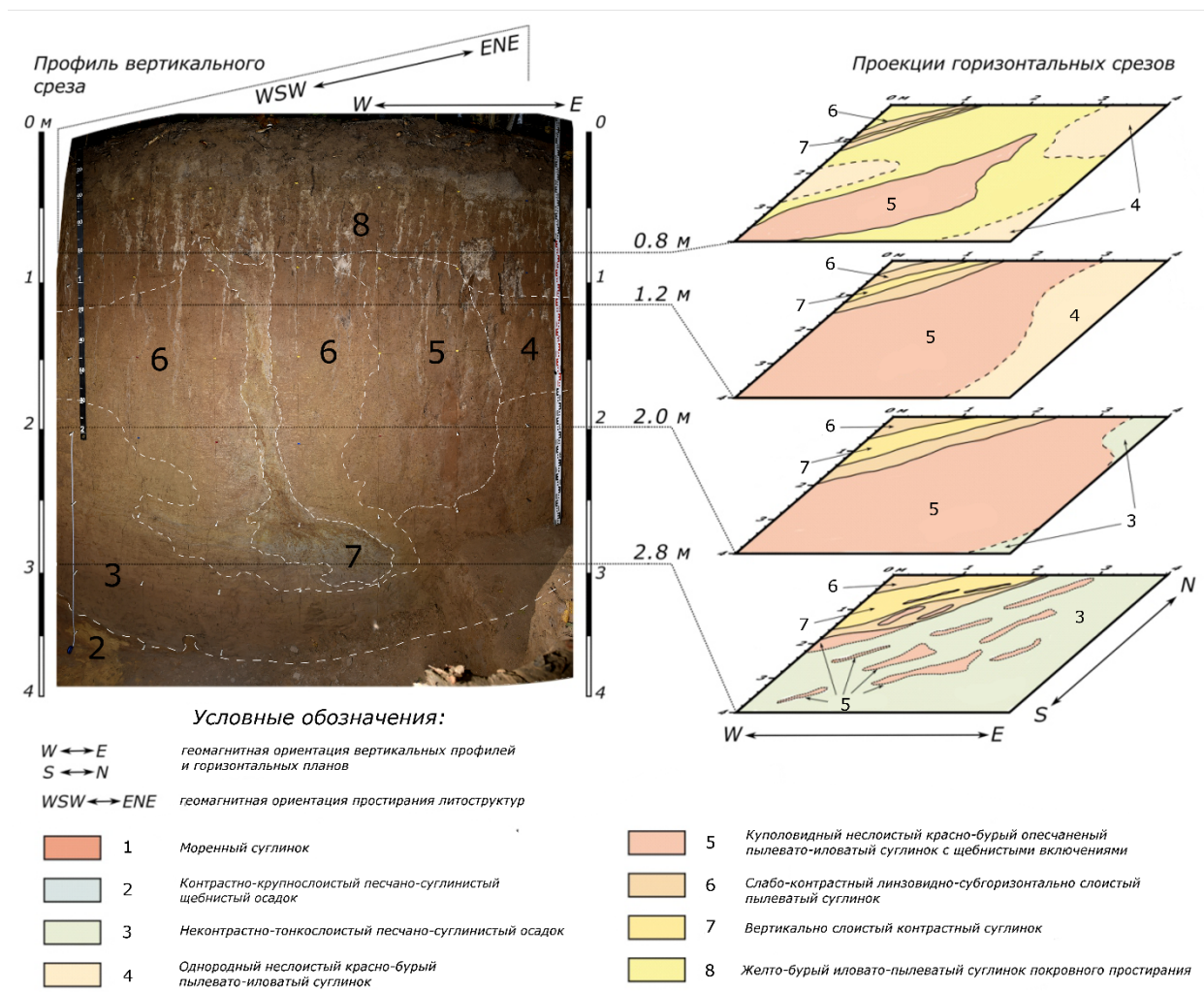


Рис. 4. Схема литологического строения опорного разреза π -pedone.

Морену перекрывает мощная (> 6 м) пачка контрастно-крупнослойных песчано-суглинистых осадков с включениями щебнисто-дресвяной размерности (рис. 44-2). Кровля пачки нерегулярно-крупноволнистая, вскрывается разрезом и буровыми профилями в диапазоне глубин 3.20-4.35 м. Крупно-слоистая пачка состоит из переслоев разнозернистых песков и плотных бурых-красновато-бурых суглинков. Границы слоёв нерегулярно-волнистые, переходы резкие. Мощности слоёв увеличиваются от 0.05-0.25 до 0.40-0.70 м от кровли пачки к подошве; насыщенность грубообломочными включениями возрастает книзу, преобладает гравий и галька известняков 1-2 класса окатанности, отмечены отдельные осколки кремней.

Суглинистые слои содержат больше включений, чем песчаные. Верхние слои (2-3 слоя) отличаются преимущественно бескарбонатной или слабо карбонатной основной вмещающей массой по сравнению с нижележащими – карбонатными суглинками и песками. Характер верхнего контакта резкий. Схожая по строению пачка с преобладанием более тяжелых суглинистых слоев вскрывается на вершинной поверхности Ломового

холма (211 м) с глубины 3.95 до 6.70 м (подошва не вскрыта, скв. ЛН-1). В прибровочных частях междуречных вершинных поверхностей данная пачка не вскрыта.

Контрастная слоистость выделенной пачки свидетельствует о переменных условиях седиментации в водной среде: суглинистые слои откладывались в более спокойных гидродинамических условиях, а в более активных – песчаные. Залегание на морене, отсутствие морфологически различимого углерода органических соединений и значительная мощность литологически дифференцированных слоев в пределах пачки может говорить о ее отложении в небольших ледниковых водоемах с резко контрастными режимом питания и условиями поступления (транспортирующими агентами) обломочного материала.

Выше по разрезу, согласно с подстилающими, залегает неконтрастно-тонкослоистая пачка алевритистых седиментов (рис. 4-3). Кровля пачки нерегулярно-крупноволнистая, располагается в пределах 1.8-3.2 м. Тонкие слои пачки имеют крупноволнистое залегание, согласное с нерегулярно-крупноволнистой границей кровли нижележащей пачки. Граница кровли пачки нерегулярно-волнистая с периодом волн 0.4-0.7 м и амплитудой 0.2-0.4 м, характер перехода к перекрывающим отложениям от постепенного (в диапазоне 0.15-0.30 м) до резкого. Выдержанная мощность слоев в пределах пачки, низкая контрастность гранулометрического состава и цвета отложений позволяет интерпретировать их как результат седиментации в условиях замкнутого неглубокого (вероятно, остаточного) водоема. В прибровочных частях вершин пачка несогласно ложится непосредственно на кровлю перемытых моренных супесей (скважина Z-2).

Обе надморенные пачки переорганизованы криотурбациями, нарушающими субгоризонтальную слоистость: крупная волнистость в нижней пачке (с периодом 0,8-2,0 м, амплитудой до 1,15 м) и менее крупная – в верхней (с периодом 0,7-1,0 м, амплитудой до 0,3 м).

Судя по строению кернов скважин в прибровочных частях (Z-3, PE-2), озерно-ледниковые осадки имеют максимальную мощность в центре вершинной поверхности Поклонного холма и выклиниваются по ее краям. Мощность пачки озерных неконтрастно-тонкослоистых отложений не проявляет связи с современной геоморфологической позицией и колеблется от 0,7 м на вершинной поверхности Ломового холма (ЛН-1) до 1,25 м вблизи восточной бровки вершинной поверхности Поклонного холма (Z-3, PE-2). Таким образом, озерные отложения облекают дифференцированную по высоте (209 – 196) кровлю как моренных, так и озерно-ледниковых отложений.

Выше пачки озерных осадков залегает четырехчленный реликтовый погребенный криоструктурный комплекс с регулярно волнистой границей кровли в пределах 0,8-1,2 м от поверхности и нерегулярно крупно-волнистой границей подошвы, средняя глубина которой 2 м, отдельные криоструктуры внедряются в неконтрастно-тонкослоистую пачку озерноледниковых осадков до глубины 3,2 м. В пределах этого криоструктурного комплекса выделяются 4 типа литоструктур.

Согласный тип залегания на озерных осадках характерен для однородной неслоистой литоструктуры красновато-бурого пылевато-иловатого суглинка плотного компактного сложения, лишённого песчаных и щебнистых включений (рис. 4-4). Переход к нижележащей неконтрастно-тонкослоистой пачке озерных осадков постепенный (в пределах 0.15-0.30 м), общий характер границы – слабоволнистый. Контакт с прилегающей куполовидной неслоистой литоструктурой – вертикальный, переход резкий; с прилегающей линзовидно-субгоризонтально-слоистой литоструктурой – вертикальный, переход постепенный в пределах 0.1-0.2 м. Однородная неслоистая литоструктура согласно перекрывается желтовато-бурым иловато-пылеватым суглинком покровного характера простираания.

Куполовидная неслоистая литоструктура (рис. 4-5) сложена неоднородным красно-бурым пылевато-иловатым опесчаненным суглинком плотного компактного сложения – плотнее однородного неслоистого красно-бурого суглинка – с рассеянными редкими одиночными и концентрированными скоплениями щебнистых включений (преобладают щебень и гравий карбонатных пород и кремней, отдельные включения щебня и гравия гранитоидов). Отдельные линзы тёмно-красного мелкозернистого песка плотного сложения изометричны и дугообразно вытянуты снизу вверх субпараллельно куполовидной границе литоструктуры, имеющей простираание по азимуту ~ 60°.

Линзовидно-субгоризонтально-слоистая литоструктура сложена неоднородным контрастным пылеватым суглинком плотного компактного сложения – наименее плотного из всей группы литоструктур (рис. 4-6). Основная вмещающая масса состоит из двух морфонов: светлого желтовато-светло-серого пылеватого и серо-жёлто-бурого иловато-пылеватого материала; контакт морфонов резкий. Вертикальный контакт с однородной неслоистой и куполовидной неслоистой структурами резкий. Структура согласно перекрывается желто-бурым иловато-пылеватым суглинком покровного простираания, переход заметный в диапазоне 0.05-0.10 м.

Субвертикально-слоистая литоструктура (рис. 4-7) вытянута по азимуту ~ 60°. Она прослеживается в диапазоне глубин 0.8-3.2 м, вложена в линзовидно-субгоризонтально-слоистую литоструктуру, снизу несогласно внедряется (характер внедрения говорит о

деформациях пластического типа) в неконтрастно-слоистые озёрные осадки, согласно перекрыта желто-бурым иловато-пылеватым суглинком покровного простираения. Структура имеет вертикально ориентированную контрастно-слоистую текстуру, обусловленную прослоями и линзами пылеватого, иловато-пылеватого и иловатого материала различных тонов.

Венчает всю толщу желтовато-бурый иловато-пылеватый однородный суглинок без щебнистых включений, мощностью до 1.0 м (рис. 4-8). Он залегает согласно поверх 4х-членного комплекса, имеет покровный характер простираения – прослеживается на всех элементах рельефа вплоть до высоких террас озера Неро (скв. СН-1, PL-2, Z-3, PE-1, PE-7, СН-1). Эти отложения до глубины 1.5 пронизаны трещинами полигональных криоструктур.

Для уточнения особенностей накопления и преобразования комплекса отложений в разрезе π -pedone были детально отобраны микрообразцы (рис. 5) из отдельных частей литоструктуры (20 шт.) и проанализирован их гранулометрический состав (рис. 6).



Рисунок 5. Схема отбора образцов морфонов из литоструктур разреза π -pedone для анализа гранулометрического состава.

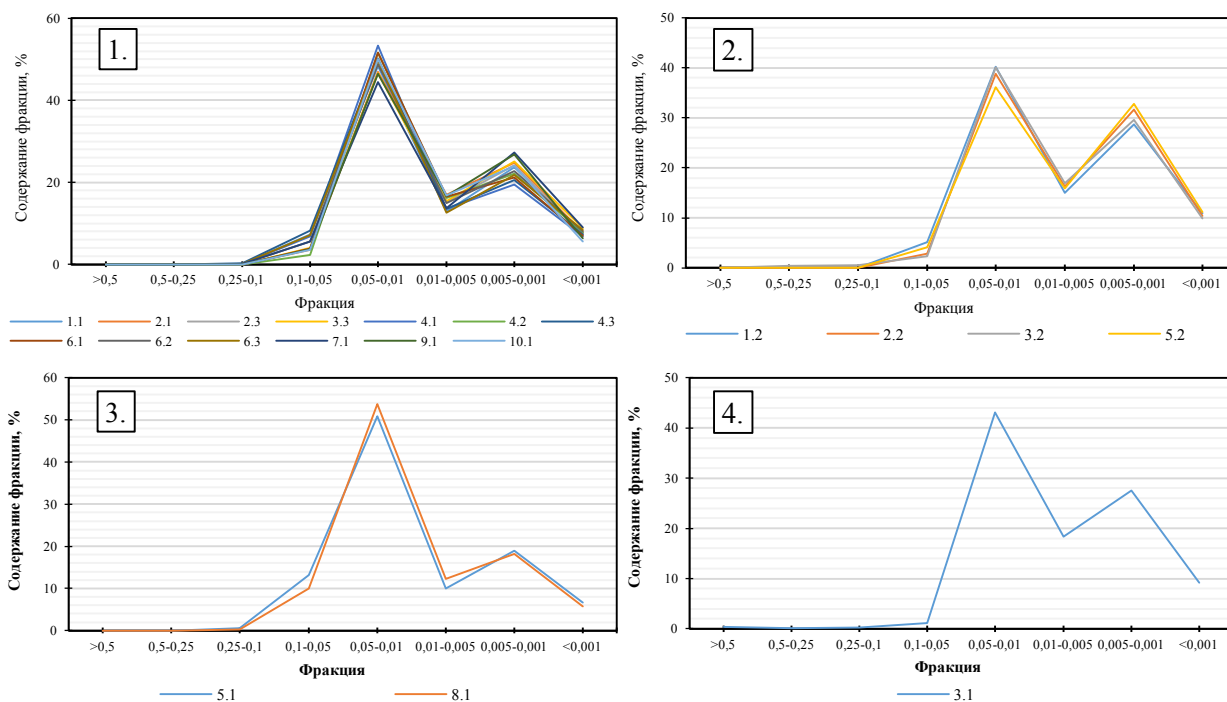


Рисунок 6. Гранулометрический состав морфонов. 1 – Первая группа. 2 – вторая группа. 3. – третья группа. 4. – белесовато-светло-бурый морфон, отличающийся по гранулометрическому составу от всех групп.

В результате выделено три основных типа (рис. 6, 7) фракционного распределения гранулометрического состава, характерных для различных морфонов. Большая часть исследованных образцов отличается существенным преобладанием (45-50%) фракции крупной пыли (0,05-0,01 мм) с дополнительным пиком (20-26%) во фракции тонкой пыли (0,001-0,005 мм). Такое распределение характерно как для подстилающих слоистых, так и для основной массы вмещающих отложений и верхней покровной толщи. Амплитуда колебаний содержаний по каждой фракции не превышала 9% и в среднем составила < 3,5%. Вторая группа характеризуется повышенным содержанием тонкой пыли (до 29-33%) при относительном снижении содержания крупной пыли до 36-40%. Третья группа, представленная всего двумя образцами, отличается резким преобладанием крупной пыли (51-54%) и наименьшим суммарным содержанием тонкой пыли (18-19%) и ила (5,5-6,5%). Также здесь максимальна доля тонкого песка (до 10-13% по сравнению с 2,3-8% в остальных образцах).

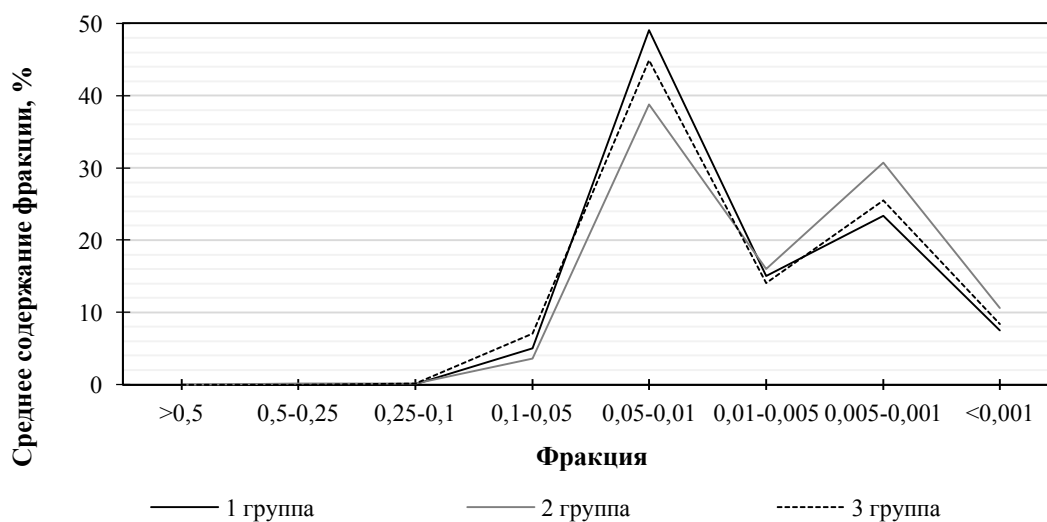


Рисунок 7. Полимодальное распределение среднего содержания гранулометрических фракций в выделенных группах.

В целом, по данным гранулометрического анализа, вся толща рыхлых постледниковых иловато-пылеватых осадков, залегающих на контрастно-слоистом субстрате, однородна. Во вмещающем иловато-пылеватом суглинке прослеживаются фрагменты более тонкопылеватых (2 группа) и тонкопесчаных (3 группа) морфонов. В составе этой пачки также исследованы многочисленные обломки-папулы кутанного комплекса, не связанные с системами пор-плоскостей и пор-трубок голоценовой почвы. Радиоуглеродный возраст папул старше вмещающей массы, включающей также морфоны, обогащённые органическим углеродом доголоценового возраста. Подобные результаты морфологического и гранулометрического анализов могут свидетельствовать о том, что в исследованной литологической толще содержатся элементы текстурно-дифференцированной почвы, развивавшейся и разрушенной на предыдущих этапах эволюции исследуемой территории.

Морфологическое строение почвы, вскрытой опорным разрезом *п-redone*

Иерархический подход к исследованию и детальность морфологического анализа выявили необходимость переработки используемого терминологического аппарата: была произведена систематизация терминов, их уточнение и дополнение для более корректного представления результатов. Список переработанных терминов приведён ниже, остальные базовые термины употребляются в понимании авторов (Brewer, 1964; Таргульян и др., 1974; Bullock et al., 1985; Stoops, 2003; Розанов, 2004; Бронникова, Таргульян, 2005; Interpretation..., 2010).

Список специальных терминов

Пора-плоскость (трещина, щель) – объёмный морфон, к которому применимы параметры геометрических плоскостей, состоящий из субпараллельных стенок поры и заполнения порового пространства материалом твёрдой, газовой и/или жидкой, а также веществом смеси фаз.

Межпедная пора-плоскость – объёмный морфон, ограниченный прилежащими гранями двух и более педов.

Магистральная пора-плоскость – объёмный морфон, имеющий субвертикальное распространение, ограниченный двумя и более субпараллельными плоскостями, имеющих единую геометрию и состоящих из унаследованных граней педов и/или новообразованных в результате рассечения педов поверхностей. Имеют межгоризонтное или межпрофильное распространение.

Система пор-плоскостей – совокупность пересекающихся пор-плоскостей, имеющих общий объём.

Пора-трубка – объёмный морфон изометричного округлого сечения и линейного и/или линейно-фрактального распространения, состоящий из стенок поры и заполнения порового пространства материалом твёрдой, газовой и/или жидкой, а также веществом смеси фаз. Длина поры превосходит диаметр более, чем в 10 раз.

Внутripедная пора-трубка – объёмный морфон, ограниченный пространством ВПМ.

Магистральная пора-трубка – объёмный морфон, имеющий преимущественно субвертикальное межгоризонтное или межпрофильное распространение.

Везикулярная пора – объёмный морфон ВПМ преимущественно изометричного сечения, состоящий из стенок поры и заполнения порового пространства материалом твёрдой, газовой и/или жидкой, а также веществом смеси фаз. Длина поры может превосходить её диаметр не более, чем в 10 раз. Может сообщаться с пора-плоскостями и пора-трубками.

Илистая кутана – покров, преимущественно состоящий из частиц илистой размерности.

Иллювиальная (флювиальная, течения) кутана – ориентированный покров из частиц вещества, аллохтонного по отношению к подстилающему материалу и имеющий с ним резкую границу.

Инфиллинг – заполнение порового пространства твердофазным веществом, имеющее слабую ориентировку частиц и резкую границу с подстилающим материалом.

Агрегат – структурная отдельность, образованная в результате агрегирования

(сцепления) мелких почвенных частиц, как правило, сложной геометрической формы.

Пед – структурная отдельность, образованная в результате растрескивания (деагрегации) слабоструктурной почвенной массы или более крупной структурной отдельности, имеет рёбра и грани различной степени выраженности.

Мотив структурной организации – характерные, систематически воспроизводящиеся геометрические параметры педов, определяющие морфологическое строение горизонта или профиля.

Тип структурной организации – характерный комплекс агрегатов и педов, сформировавшихся в результате наложения и/или пересечения нескольких мотивов структурной организации в условно выделенной толще.

Строение почвенного профиля

С поверхности в исходном неоднородном осадочном плаще развит профиль дневной текстурно-дифференцированной почвы, имеющий следующее горизонтное строение (в рамках «Классификации и диагностики почв..» (Шишов, 2004)): AY-EL-EL[hh]-BEL1-BEL2-BT (рис. 8).

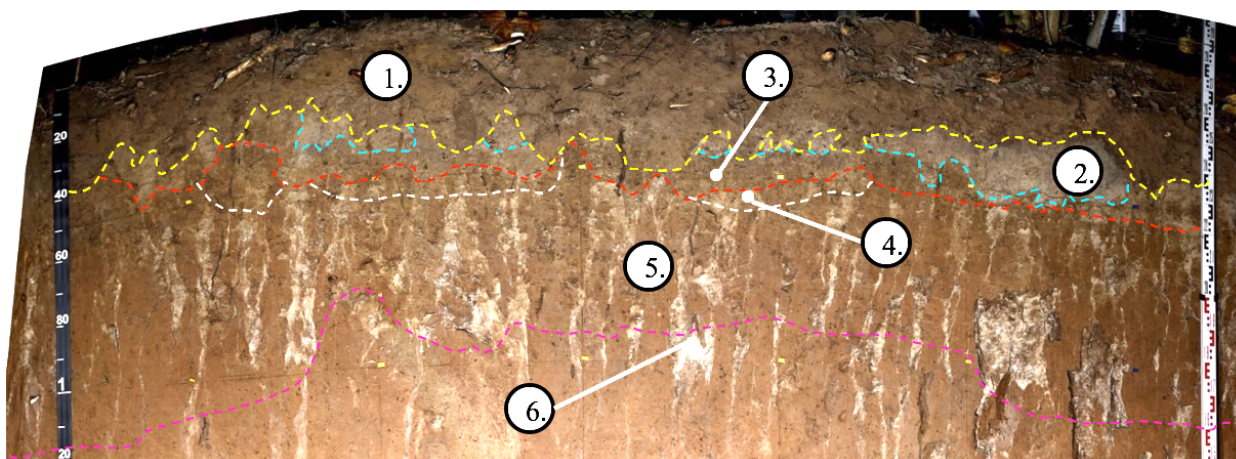


Рисунок 8. Профиль текстурно-дифференцированной почвы, развитой в опорном разрезе *п-редоне*. 1. – ветровально-почвенный комплекс. 2. – Фрагментарный элювиальный горизонт (EL), в котором развит второй гумусовый горизонт (EL[hh]). 3. И 4. – Фрагментарный субэлювиальный горизонт (BEL1 и BEL2, соответственно). 5. – Текsturная толща (горизонт BT, развитый в сложном комплексе осадков). 6. – Нижняя граница пачки неслоистого жёлто-бурого суглинка, имеющего покровный характер залегания.

Верхняя часть профиля (0-30(50) см) представляет собой развитый почвенно-ветровальный комплекс (ВПК) с выровненной нижней границей (рис. 8-1.) (Васенёв, Таргульян, 1995). Комплекс состоит из материала горизонтов AY, EL, EL[hh], BEL1. Морфоны поверхностных горизонтов в значительной мере гомогенизированы за счет

механической фито- и зоогенной турбации и пропитки суспензиями, содержащими органические вещества. В основной массе горизонта рассеяны мелкие (≤ 1 мм) черные изометричные конкреции по углисто-му веществу. На поверхности (0-20 см) фрагментарно развит серо-гумусовый горизонт. Ниже располагается комплекс горизонтов EL, EL[hh], BEL1 – фрагментарно и толща текстурных горизонтов BEL2 и BT.

EL 25-40(55) см (рис. 8-2.). Свежий. Окраска неоднородная, слоегато-пятнистая (вертикальный срез) и округло-разнопятнистая (горизонтальный срез). Основной фон – белёсый (2,5 Y 8/2 – в воздушно-сухом состоянии), присутствуют серые «останцы» горизонта AY или морфонов ВПК (2,5 Y 6/2), скруглённые изометричные мелкие ярко-бурые (10YR5/8) пятна d 2-3 мм – останцы горизонта BEL1, в нижней части диаметр и частота останцов возрастает. Лёгкий суглинок – супесь. Плотный. Структурная организация: толстые (1,5-2 см) плитки → блоки → тонкие (2-3 мм) плитки. Частые фрагментарные пылеватые кутаны педов. Отдельные червороины со светло-серо-бурым покровом стенок (10YR6/3) и копрогенным материалом (10YR5/3). В основной массе горизонта рассеяны мелкие (≤ 1 мм) черные изометричные конкреции по углисто-му веществу. Нижняя граница: мелкокарманная с элементами мелкоязыковатой и волнистая мелкоязыковатая (узкие языки 2-5 см), переход ясный по цвету среза и структурной организации.

EL[hh] 20(25)-30(45) см (рис. 9). Свежий. Вложен в тело горизонта EL: серая внутриведная масса (ВПМ) тонких плиток. Общая окраска неоднородная, контрастно-пятнистая: серые и светлые светло-серые субгоризонтально ориентированные мелкие пятна. Лёгкий суглинок – супесь. Плотный. Структурная организация: толстые (1,5-2 см) плитки → блоки → тонкие (2-3 мм) плитки. Наиболее яркие морфоны горизонта EL[hh] подчеркивают нижнюю границу ВПК. В основной массе горизонта рассеяны мелкие (≤ 1 мм) черные изометричные конкреции по углисто-му веществу.



Рисунок 9. Остаточные морфоны горизонта EL[hh].

BEL1 30-45(65) см (рис. 8-3.). Свежий, окраска неоднородная, пятнистая: на вертикальном срезе преобладают желто-бурые столбовидные участки (10 YR 6/2) с редкими светло-серыми и серыми карманами и мелкими языками. Фактически, представляет собой чередование по горизонтали участков внутри- и межтрещинной массы (ВТМ и МТМ соответственно). Плотный; средний суглинок. Структурная организация: блоки 5*4*4 → плитки 2*4*4 → мелкие плитки 2*1*0,5. Верхние грани педов покрыты светло-серым (белёсым) песчано-пылеватым материалом (пылеватая кутана, 2,5 Y 8/1). Нижние грани покрыты бурыми илистыми кутанами (7,5 YR 5/4). Венчают кутанный комплекс горизонта белёсые песчано-пылеватые кутаны (10 YR 8/1). В морфонах ВТМ встречаются мелкие (≤ 1 мм) черные изометричные конкреции по углистоу веществу, в общей массе BEL1 встречаются отдельные червороины \varnothing от 0,1 до 0,5 см — полые или заполнены копрогенным материалом (10 YR 7/2). Много крупных пор от ходов корней \varnothing 2 мм, полые, стенки не отличаются от основной массы горизонта. Граница волнистая, переход постепенный по структурной организации и увеличению отношения объемной доли МТМ к ВТМ.

BEL2 30-45(65) см (рис. 8-4.). Свежий, окраска неоднородная, пятнистая: на вертикальном срезе преобладают желто-бурые столбовидные участки (10 YR 6/2) с редкими светло-серыми и серыми мелкими языками. Фактически, представляет собой чередование по горизонтали участков ВТМ и МТМ, где МТМ заметно преобладает. Плотный; средний суглинок. Структурная организация: блоки 5*4*4 → плитки 2*4*4 → мелкие плитки 2*1*0,5. Верхние грани педов покрыты светло-серым (белёсым) песчано-пылеватым материалом (пылеватая кутана, 2,5 Y 8/1). Нижние грани покрыты бурыми илистыми кутанами (7,5 YR 5/4). Венчают кутанный комплекс горизонта белёсые песчано-пылеватые кутаны (10 YR 8/1). В морфонах ВТМ встречаются мелкие (≤ 1 мм) черные изометричные конкреции по углистоу веществу, в общей массе BEL2 встречаются отдельные червороины \varnothing от 0,1 до 0,5 см — полые или заполнены копрогенным материалом (10 YR 7/2). Много крупных пор от ходов корней \varnothing 2 мм, полые, стенки не отличаются от основной массы горизонта. Граница волнистая, переход постепенный по структурной организации и выклиниванию морфонов ВТМ.

ВТ от 40(65) см (рис. 8-5.). Свежий, влажность увеличивается по мере углубления. Гранулометрический состав ВПМ неоднороден в связи со сложной литологической организацией почвообразующей породы, в среднем ВПМ средне-, тяжелосуглинистая. С глубиной пластичность суглинка также возрастает. На вертикальном срезе окраска неоднородная, разнопятнистая: на ярко-буром фоне (10 YR 6/6) субвертикально вытянутые светлые светло-серые (40(65)-80(120) см) и тусклые светло-серо-бурые (глубже

80-120 см) прожилки (срез магистральных пор-плоскостей) толщиной до 3-5 мм с тусклыми светло-серыми ореолами; мелкие округлые черные стяжения; буровато-серые изометричные пятна (срез червороин и заполненных корневых ходов). Структурная организация: слабо устойчивая крупная призма (7x4x4, книзу горизонта линейные размеры призм возрастают до 20(25)x10(15)x10(15) см) → короткая плитка (в верхней части горизонта)/блок (нижняя часть горизонта). Плитки (верх ВТ) → орешек; блок (низ ВТ) → слабо устойчивая короткая плитка → орешек. Все грани педов покрыты красновато-тёмно-бурыми кутанами (5 YR 4/3), поверх которых расположены светлые светло-серые пылеватые кутаны, покрывающие поверхности граней на 25-75%.

Выделенная толща текстурных горизонтов разделена условно на горизонты BEL2 и ВТ. Горизонт ВТ поверхностной (дневной) текстурно-дифференцированной почвы не подразделен на подгоризонты по характеру структурной организации, организации полигональной сети пор-плоскостей, кутанному комплексу ввиду того, что он развит в сложноорганизованной почвообразующей породе. В каждой отдельной литоструктуре педогенные признаки поверхностной почвы организованы по-разному. В целом почвенное тело удобно условно подразделить на три структурных яруса. Верхний ярус сложен поверхностным ВПК и горизонтом АУ. Верхний ярус почвенного тела (профиля) выделен по фронтальному характеру преобразования твердофазного вещества, в котором ведущую роль играет элювиальный процесс (ЭПП оподзоливания, элювиально-глеевый, окислительной сегрегации) при активном привносе нового вещества из материала горизонтов BEL, ВТ и АУ с интенсивными зоо- и фитотурбациями. Средний ярус включает фрагменты горизонтов EL, EL[hh], BEL1, BEL2 и верхнюю часть горизонта ВТ (до 80-120 см), развитые в желто-буром однородном суглинке, имеющем покровный характер простиранья. Таким образом средний ярус выделен по остаточной нижней части элювиальной толщи, фронтально проработавшей однородный покровный суглинок. Ниже элювиальной толщи процессы почвообразования осваивают однородный покровный суглинок не фронтально, но по преимущественным путям миграции (полигональной трещинной сети и магистральным порам-трубкам) растворов и твердофазных продуктов выветривания. Горизонты верхнего и среднего ярусов имеют неоднородную пространственную организацию, определяющую мелкую мозаичность структуры современного почвенного покрова. Нижний ярус представляет собой горизонт ВТ, развитый в сложноорганизованном литологическом комплексе постледниковых осадков. Отдельные признаки дневного почвообразования в нижнем ярусе встречаются вплоть до глубины 7 м (отдельные поры-трубки и поры-плоскости с заполнением кутанным комплексом). Нижний ярус выделен в гетерогенном комплексе осадков, проработанном

актуальным и/или голоценовым почвообразованием не фронтально, а по преимущественным путям миграции твердофазного вещества. Полигенетичность почвенного тела и выявленная сложная литологическая организация почвообразующей породы определили необходимость более детального подхода к исследованию тела дневной почвы.

Структурная организация почвенного тела.

При описании вертикальных и горизонтальных срезов разреза выявлены закономерно повторяющиеся группы однородных почвенных признаков, приуроченных к определенным элементам трёхмерных структур или макрирующих их поверхности. Исследована объемная структурная организация тела текстурно-дифференцированной почвы, при этом выделены нижеследующие элементы структурной организации.

Многогранно-призматический мотив структурной организации имеет следующие характерные особенности:

- призматический тип структуры;
- хорошо выраженные субвертикальные грани;
- субвертикальные грани плоские или изогнутые с мелкобугристой поверхностью;
- субвертикальные рёбра выражены плохо;
- призмы слабоустойчивые.

Закономерности внутрипрофильного распространения:

1) мотив имеет преимущественно внутригоризонтное распространение, характерные признаки мотива начинают фрагментарно прослеживаются в нижней части горизонта BEL1

2) по мере углубления диаметр сечения призм возрастает.

На горизонтальных срезах многогранно-призматический мотив читается как полигональная система пор-плоскостей. На вертикальных срезах он представлен так называемой языковатой границей элювиального горизонта. Фактически, это система субвертикальных пор-плоскостей и их заполнение. Выделены три генерации субвертикальных пор-плоскостей (рис. 10).

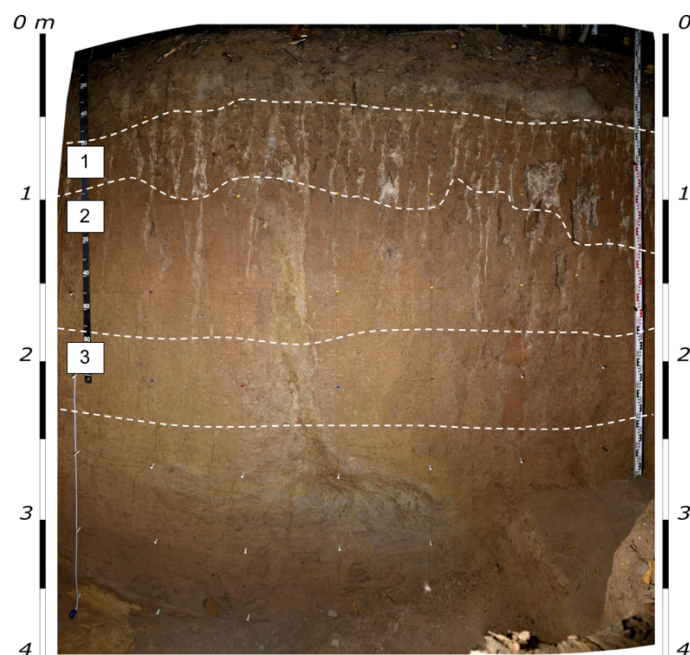


Рисунок 10. Генерации многогранно-призматического мотива: 1 – первая; 2 – вторая; 3 – третья.

Первая генерация. Поры-плоскости (трещины) проникают до 0,8-1,2 м (рис. 10-1); фактически, они ограничивают в объеме призмы с пирамидальными и/или клиновидными окончаниями. Ломаными линиям «язычков» в вертикальном срезе-смазе соответствуют клиновидные и пирамидальные окончания призм. Система субвертикальных пор-плоскостей ограничивает полигоны диаметром от нескольких сантиметров до 10-20 см. Полигоны треугольные, четырехугольные (квадраты, прямоугольники, трапеции, параллелограммы), пяти-, шести- и семиугольные. Эта система полигональных пор-плоскостей обуславливает самостоятельный многогранно-призматический мотив структурной организации.

Вторая генерация (рис. 10-2). Поры-плоскости (трещины) имеют те же стереометрические параметры, увеличивается порядок макроструктур (диаметр 0,5-1,2 м), возрастает глубина проникновения в толщу осадков – 1,2-1,8 м.

Третья генерация (рис. 10-3). Поры-плоскости (трещины) имеют те же стереометрические параметры, характерный диаметр полигонов соответствует наблюдаемым на аэро- и космоснимках (10(12)-15(25) м) (рис. 1), возрастает глубина проникновения пор-плоскостей до 1,8-2,4 м.

Бипирамидально-призматический мотив структурной организации

Характерный для данного мотива архитипичный пед представляет собой призму трёх-, четырёх-, пяти-, шестиугольного сечения с клиновидными (рёбра сходятся в линию)

и пирамидальными (рёбра сходятся в точку) окончаниями (рис. 11А). По мере углубления с 0.5 до 2.5(3.2) м деградирует призматическая часть. В зависимости от вмещающей литоструктуры бипирамидальные (биклиновидные) призмы с глубины 2.5(3.2) м трансформированы в биклинья и/или бипирамиды, имеющие сглаженные тупые ребра и выпуклые небугристые грани). Данный мотив характеризуется следующими особенностями:

- призматический тип структуры;
- исключительная многопорядковость;
- плоские ровные грани;
- прямые острые рёбра субвертикальной ориентации.

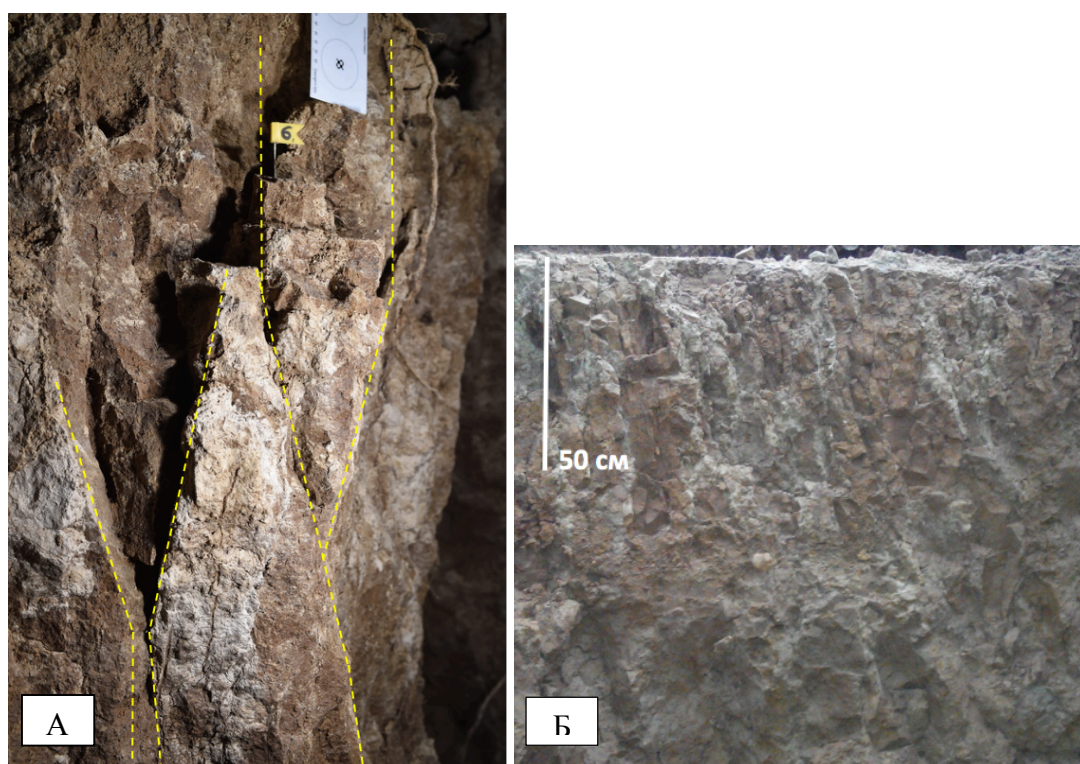


Рисунок 11. А. Бипирамидально-призматический мотив структурной организации. Б. Наклонный бипирамидально-призматический мотив в куполовидной структуре.

Мотив имеет следующие закономерности внутрипрофильного распространения:

- 1) имеет межпрофильное распространение начиная с горизонта BEL1;
- 2) по мере углубления укрупняется размер призм всех порядков;
- 3) в куполовидной структуре наблюдается наклонное залегание бипирамидальных призм (рис. 11Б).

Важной составляющей трехмерной организации почвенного тела, определяющей параметры миграции веществ внутри профиля, является его поровое пространство. В

поровом пространстве можно выделить поры-плоскости, поры-трубки и везикулярные поры.

Магистральные поры-плоскости проникают в толщу литоструктур, начиная с 0,5 м. Их можно подразделить на локальные и сквозьпрофильные:

- *Локальные поры-плоскости* образованы двумя субпараллельными плоскостями и вмещённым поровым пространством. Поверхности плоскостей ровные, небугристые (слабобугристые), на горизонтальном срезе образуют мелкие полигоны, маркированные тёмным (тёмно-бурым – тёмно-серым) комплексом илистых (глинистых) кутан.

- *Сквозьпрофильные поры-плоскости* образованы серией вложенных субпараллельных пор-плоскостей. Поверхности их граней крупнобугристые, неровные, на горизонтальном срезе образуют крупные полигоны;

Магистральные поры-трубки делятся на те, которые встречаются с поверхности, и те, которые начинаются с глубины 1,2 м.

1. Поры-трубки, идущие непосредственно от поверхности имеют характерный диаметр 0,5-1,5 см и небольшую степень изогнутости. Эти поры-трубки частично заполнены переработанным копрогенным материалом. В профиле они распространены от поверхности сквозь несколько горизонтов; многие завершаются в интервале глубин 1,2-1,8 м.

2. Поры-трубки, начинающиеся в горизонте ВТ в интервале глубин 1,2-2,4 м – в зависимости от вмещающей литоструктуры, имеют характерный диаметр – 0,5-1 см. Они полностью или почти полностью заполнены материалом кутанного комплекса.

3. Везикулярные поры встречаются во всей толще разреза, их диаметр колеблется в пределах от долей миллиметра до 1 мм (рис. 12).

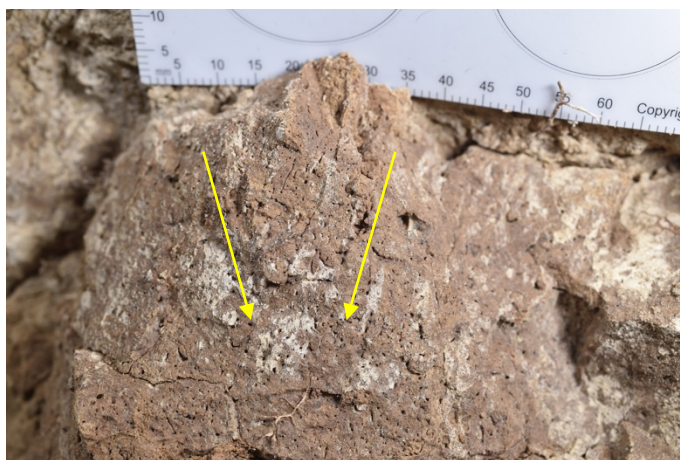


Рисунок 12. Везикулярные поры.

Тонко-короткоступенчато-плитчатый мотив обладает следующими характеристиками:

- плитчатый тип структуры, фактически создаёт тонкоплитчатую «короткоступенчатую» текстуру в материале горизонтов: клиновидное горизонтальное сочленение плиток;
- отсутствие субвертикальных поверхностей;
- однопорядковость;
- субгоризонтальные грани плоские с мелкоробургристой поверхностью;
- рёбра не выражены;
- характерна выдержанная толщина (1 мм в горизонте EL, 1-4 мм в горизонте BEL и 2-5 мм в верхней части горизонта BT) и длина плиток (до 1 см в горизонте EL, до 1,5 см в горизонтах BEL, до 2,5 см в горизонте BT) (рис. 13).



Рисунок 13. Тонко-короткоступенчатый мотив в горизонте EL.

Закономерности внутрипрофильного распространения:

- 1) мотив имеет межгоризонтное распространение в горизонтах EL, BEL1, BEL2 и в верхней части горизонта BT;
- 2) по мере углубления увеличивается толщина и длина плиток.

Толсто-короткоступенчато-плитчатый мотив имеет межгоризонтное распространение в горизонтах BEL, в верхней и средней части горизонта BT и характеризуется:

- плитчатым типом структуры;
- чётко выраженными субгоризонтальными и субвертикальными гранями;
- слабо выраженными рёбрами: изогнутыми, тупыми;

- характерной выдержанной толщиной плиток 2,5-3 см (рис. 14).

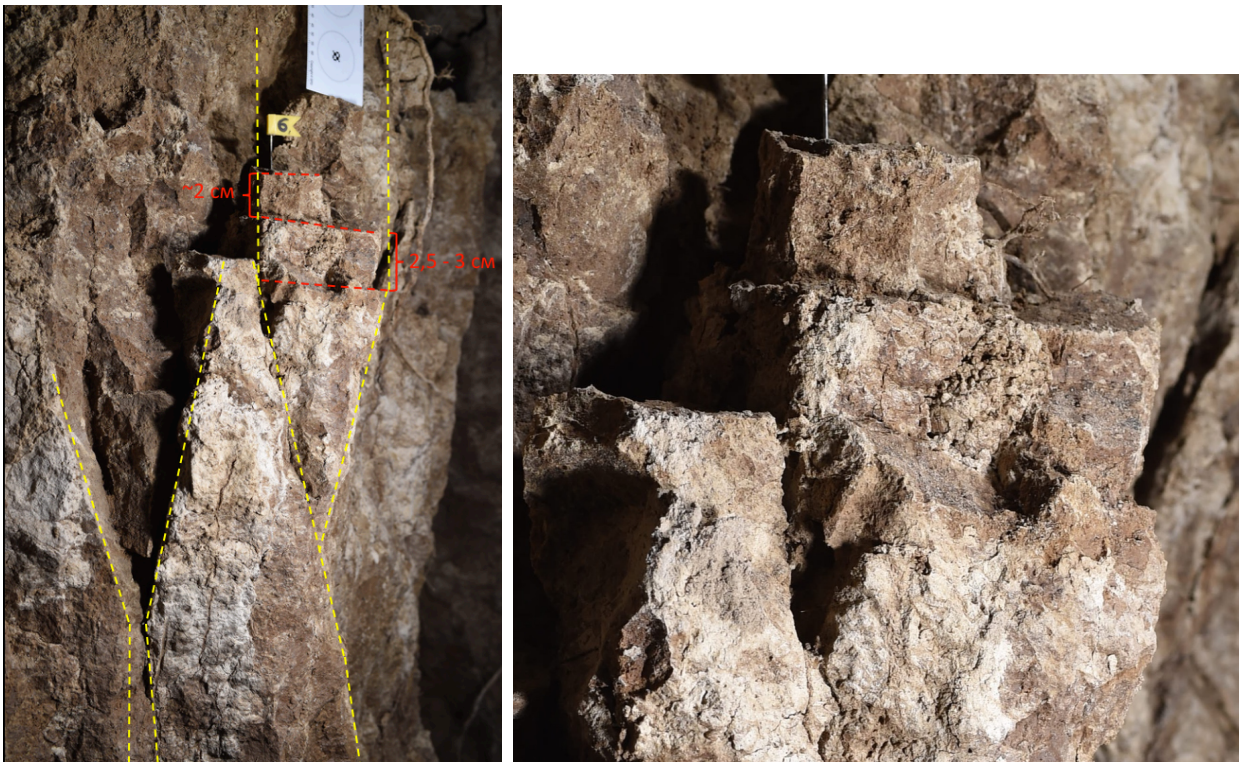


Рисунок 14. Бипирамидально-призматический и толсто-короткоступенчатый мотивы и их взаимное расположение.

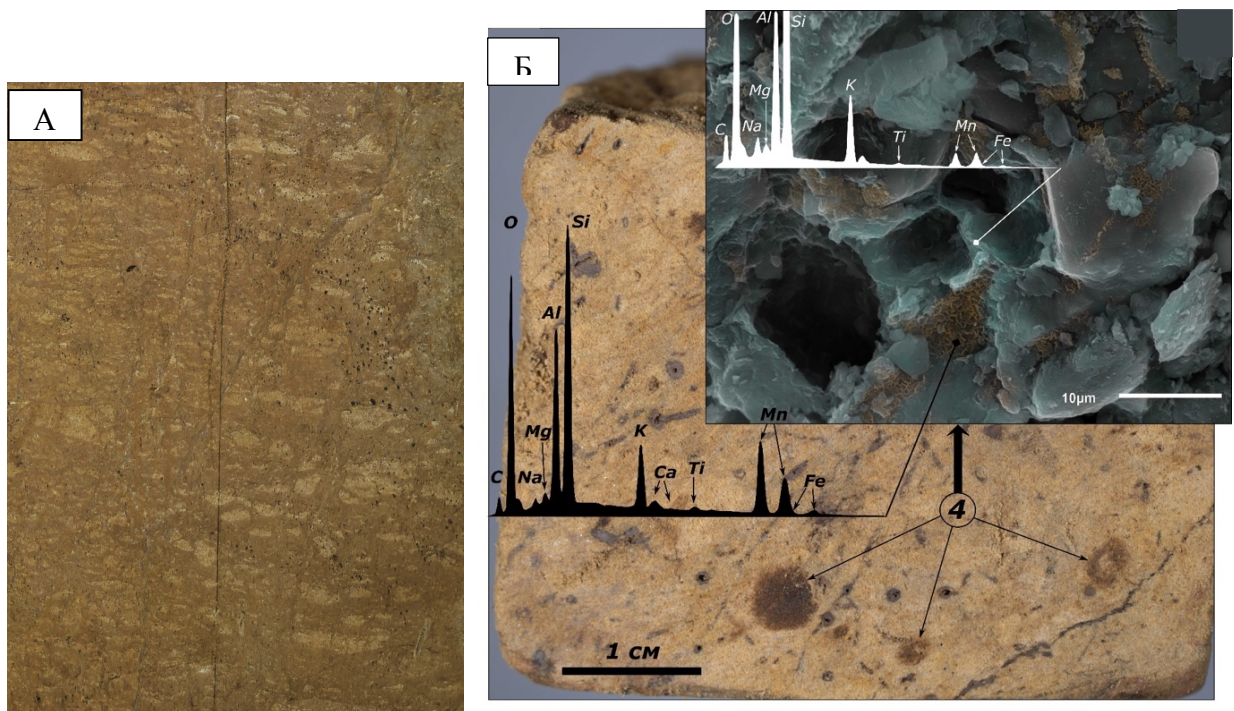


Рисунок 15. А – прослой и линзы, обогащенные Сорг. Б - изометричные фрагменты с ориентированным илистым веществом.

В литоструктуре линзовидно-субгоризонтально-слоистого суглинка встречаются изометричные фрагменты с ориентированным илистым веществом \varnothing 1-6 мм, не связанные с телом актуальной почвы (рис. 15Б) и прослой и линзы, обогащенные Сорг (рис. 15А).

Интерпретация генезиса элементов строения педолитокомплекса

Сложно организованная толща постледниковых осадков с развитой поверхностной (актуальной, дневной) текстурно-дифференцированной почвой и комплексом признаков разновозрастного реликтового педогенеза характеризуется специфическим палимпсестовым типом записи, при котором несколько этапов почвообразования и криогенеза перерабатывали последовательно одну и ту же толщу рыхлых осадков. Главным свойством палимпсестового типа записи является неизбежное изменение морфологических и физико-химических параметров, перемещение в пределах почвенного тела и даже частичное или полное уничтожение на каждом новом этапе педолитогенеза всех групп признаков, сформированных на предыдущих стадиях. Отсутствие ритмичной седиментации как консервирующего процесса, длительное экспонирование поверхностей и продолжительное влияние преобразующих процессов крио- и педогенеза обусловили сложную неритмичную организацию почвенно-осадочного тела без последовательного хроностратиграфического профиля. Одним из прикладных свойств палимпсестового типа записи также является регулярное омоложение датирующих фракций, что существенно затрудняет сопоставление расчётных радиоизотопных возрастов с классическими последовательными вертикальными стратиграфическими профилями аккумулятивных элементов малых эрозионных форм, мелких замкнутых понижений, речных долин и озёрных котловин. Поэтому предлагаемая модель педолитогенеза плакорных поверхностей междуречья, составленная в первом приближении, основана исключительно на детальном литогенетическом и почвенно-морфологическом исследовании постледникового почвенно-осадочного комплекса.

На первом этапе, очевидно, происходившем в период деградации последнего ледникового тела на Борисоглебской возвышенности, в пределах верхнего яруса междуречий формировались мощные (до 9 м) контрастно-слоистые отложения каскадов ледниковых озёр. Озёра могли развиваться на поверхности и внутри мёртвых ледниковых тел и затем, по мере деградации ледниковых глыб, могли быть спроецированы на кровлю основной морены. Вероятно развитие озёр в базальной части льда и на поверхности морены в условиях подпора мёртвыми ледниковыми глыбами. Последующая стадия озёрной седиментации происходила в отсутствие ритмичного поступления материала с талыми водами, что косвенно свидетельствует о полной деградации мёртвых ледниковых

глыб на верхнем ярусе междуречья. Этой стадии соответствует неконтрастно-тонкослоистая пачка пылевато-илистых отложений. Снижение контраста тонких слоёв от подошвы к кровле пачки вплоть до полного исчезновения тонкослоистой текстуры косвенно свидетельствует о постепенном обмелении озёрных водоёмов. В толще обеих пачек озёрно-ледниковых и озёрных осадков наблюдается нерегулярная (период от 0.1 до 2.0-3.0 м) волнистость слоистости с амплитудами до 1.2 м. Такой характер нарушения слоистой седиментационной текстуры предварительно интерпретирован как первый комплекс криогенных структур пучения донного грунта мелководных постледниковых озёр, очевидно, позднемосковского возраста.

В составе четырёхчленного комплекса криоструктур, перекрывающего две пачки озёрно-ледниковых и озёрных осадков, согласным типом залегания отличается только структура однородного красно-бурого неслоистого пылевато-иловатого суглинка. Согласно залегание и высокая сходимость мод и содержания фракций в гранулометрическом составе верхней неконтрастно-тонкослоистой пачки озёрных осадков и литоструктуры однородного красно-бурого неслоистого суглинка позволили предварительно предположить смену субаквальной седиментации субаэральной по мере иссушения мелководных водоёмов верхнего яруса междуречий и предварительно интерпретировать литоструктуру однородного красно-бурого неслоистого суглинка как субаэральные отложения, вероятно, имевшие покровный характер простирания в позднемосковское время. Остальные три компонента криогенного комплекса (куполовидная, линзовидно-субгоризонтально-слоистая и вертикально-слоистая криоструктуры), вероятно, были сформированы позднее на основе однородного красно-бурого неслоистого суглинка с участием материала обеих пачек озёрно-ледниковых и озёрных осадков. Таким образом, четырёхчленный погребённый комплекс криоструктур является полигенетичным образованием.

Педогенные признаки, развитые в составе четырёхчленного криоструктурного комплекса, не связанные с телом актуальной текстурно-дифференцированной почвы, рассматриваются в качестве реликтовых фрагментов почвенных тел доголоценового почвообразования. Среди них отчётливо различаются группы признаков, относящиеся к текстурно-дифференцированному и криогенному типам почвообразования. Первую группу составляют перемещённые останцы разрушенного глинистого кутанного комплекса – илистые «папулы» в составе линзовидно-субгоризонтально-слоистой криоструктуры, бипирамидально-призматический мотив с наклонными призмами вдоль периферической части куполовидной структуры. Все эти признаки рассеяны в погребённом криоструктурном комплексе, не имеют морфологической связи с

актуальным (голоценовым) почвенным телом и не составляют единого профиля. Однако, все они отражают зрелый текстурно-дифференцированный тип почвообразования и могли быть сформированы исключительно в продолжительных условиях умеренно-тёплого гумидного климата. Этой группе признаков, вероятно, также соответствуют отдельные субвертикальные поры-трубки и поры-плоскости, заполненные многослойным комплексом илистых кутан, развитые в толще не контрастно-тонкослоистых озёрных и контрастно-крупнослоистых озёрно-ледниковых осадков, и не имеющие продолжения в перекрывающем погребённом криоструктурном комплексе. Эти поры и материал их заполнения также не связаны с системой пор-трубок и пор-плоскостей актуальной почвы и предварительно интерпретированы как слабо нарушенные наложенным крио- и педогенезом структуры реликтовой текстурно-дифференцированной почвы, формирование которой могло происходить в межледниковых условиях начала позднего плейстоцена.

Куполовидная криоструктура красно-бурого опесчаненного суглинка плотного структурного сложения с рассеянными щебнистыми включениями предварительно интерпретирована как структура бугра пучения. Предпосылками криогенного пучения могли явиться контрастно-крупнослоистые озёрно-ледниковые осадки как природный водоупор – с одной стороны – и полное заполнение системы субвертикальных пор-плоскостей реликтовой текстурно-дифференцированной почвы илистым кутанным комплексом – с другой. Влага, накопившаяся в процессе длительного реликтового «гумидного» почвообразования в профиле, при фронтальном поверхностном промерзании – формировании многолетнемёрзлых пород (ММП), – вероятно, оказывалась запертой между пачкой озёрно-ледниковых осадков и развивающейся мерзлотой и сегрегировалась в участках ММП с высокой льдистостью. При этом могли происходить мощные криотурбации, перемешивавшие материалы однородного неслоистого красно-бурого и не контрастно-тонкослоистого суглинка, захватывая верхнюю часть контрастно-крупнослоистой озёрно-ледниковой пачки осадков, что объясняет опесчаненность, наличие рассеянных щебнистых включений и высокую компакцию материала куполовидной криоструктуры. Формирование структур криогенного пучения, нарушивших стратиграфическую целостность позднемосковской осадочной серии и тело реликтовой текстурно-дифференцированной почвы, могло происходить в начале направленного похолодания климата позднего плейстоцена.

Линзовидно-субгоризонтально-слоистая криоструктура рассматривается как структура заполнения понижений между буграми криогенного пучения. Формирование структуры могло быть связано с криогенным почвообразованием в сезонно-талом слое и

перемещении материала со склонов бугров в систему межбугорных понижений с последующей криогенной сепарацией. Криоструктура вмещает углеродсодержащие линзы, которые предварительно рассматриваются как продукт криогенного почвообразования. Вертикально-слоистая криоструктура отнесена к завершающему этапу формирования погребённого криокомплекса и предварительно связана с функционированием жильной ледяной структуры в условиях сезонно-контрастного климата в середине позднего плейстоцена.

Однородный жёлто-бурый неслоистый иловато-пылеватый суглинок, согласно залегающий поверх комплекса криоструктур, предварительно интерпретирован как субаэральный седимент, накопившийся в криоаридных условиях в конце позднего плейстоцена. Высокая сходимость мод и малые различия в содержании фракций в гранулометрическом составе с вмещающим суглинистым материалом могут свидетельствовать о локальном эоловом транспорте. С поверхностью покровного жёлто-бурого суглинка связана многопорядковая полигональная система магистральных пор-плоскостей, проникающих в погребённый комплекс криоструктур и в неконтрастно-тонкослоистую пачку озёрных осадков, унаследованная голоценовым полигенетичным почвообразованием. Данные поры-плоскости приурочены к многогранно-призматическому мотиву структурной организации. Мотив сформировался после отложения желто-бурого иловато-пылеватого суглинка, имеющего покровный характер простирания. В формировании второй и третьей генераций данного мотива принимали участие как процессы просыхания и усадки грунта, так и криогенного растрескивания. Первая генерация (предположительно, самая молодая) является результатом только его просыхания и усадки. Таким образом, данный мотив относится к группе реликтовых голоценовых признаков почвы. Также к этой группе признаков относится тонко- и толсто-короткоступенчато-плитчатые мотивы структурной организации. Тонко-короткоступенчато-плитчатый мотив создает постшлировую текстуру. Он образуется в результате сегрегации льда при сезонном промезании водонасыщенного грунта. Толсто-короткоступенчато-плитчатый мотив фактически является реликтовой постшлировой текстурой, сформировавшейся в период существования многолетнемёрзлых пород.

Бипирамидально-призматический мотив структурной организации в желто-буром суглинке и в толще, залегающей ниже него,

Бипирамидально-призматический мотив формируется в результате усадки всей толщи грунта, начиная с момента отложения седимента. Так как в случае последующей седиментации происходит погребение исходных отложений, в новообразованном осадке бипирамидально-призматический мотив формируется вновь, наследуя элементы сложения

своего предшественника лишь частично. Данный факт позволяет разнести по времени формирования элементы литоструктуры разреза: желто-бурый суглинок, в котором данный мотив отнесен к группе реликтовых голоценовых признаков, и толщу, залегающую ниже желтообурого суглинка (группа реликтовых доголоценовых признаков).

К группе реликтовых доголоценовых признаков также относится наклонный бипирамидально-призматический мотив в куполовидной литоструктуре, образовавшийся в результате криогенных процессов холодных эпох; изометричные фрагменты с ориентированным илистым веществом (папулы), являющиеся фрагментами разрушенного криотурбациями глинистого кутанного комплекса почв, сформированных в условиях теплого гумидного климата; прослой и линзы, обогащенные углеродом органических соединений в вертикально-слоистой и линзовидно-субгоризонтально-слоистой литоструктурах, соответствующие криоаридному почвообразованию.

ВЫВОДЫ

1. Голоценовое почвообразование на вершине холма Поклоны прорабатывает сложно организованную осадочную толщу, сформировавшуюся в течение последних 150 тысяч лет. Пестрота и комплексность седиментов определяют направленность почвообразовательного процесса, происходившего в голоцене на этой территории. Таким образом, для исследуемой почвы не существует возможности определить исходную «чистую» почвообразовательную породу – почвообразование осваивает полигенетичную осадочную толщу, включая древние педоседименты и почвенные тела.

2. Сформировавшееся тело дерново-подзолистой почвы не может быть объяснено действием исключительно современных процессов почвообразования. Почвенное тело голоценовой текстурно-дифференцированной почвы в пределах верхней ступени междуречья несет в себе черты разнонаправленных эволюционных процессов, то есть оно полигенетично. Признаки, относящиеся к различным этапам формирования почвы, можно разделить на три группы: актуальные (воспроизводящиеся в современных условиях), реликтовые голоценовые и реликтовые доголоценовые.

3. Длительное полигенетическое развитие профиля исследованной почвы в настоящее время явилось причиной ингибирования масштабных ЭПП: оподзоливания, лессиважа и партлювации, потенциально возможных в современных условиях. Однако, современные фито- и зоотурбации приносят в элювиальную толщу новый материал, вновь запуская элювиальный процесс (ЭПП оподзоливания), формируют магистральные поры-трубки, являющиеся путями преимущественных потоков миграции гравитационной влаги

(локальная партлювация). Таким образом, морфоны ВПК, инфиллинги вертикальных пор-
трубок являются признаками, отражающими современные процессы почвообразования.

4. К признакам реликтового голоценового педогенеза отнесены:

- бипирамидально-призматический мотив структурной организации в верхней пачке жёлто-бурого однородного неслоистого суглинка, обладающего покровным характером простирания (0-0.8(1.2) м);

- толсто-короткоступенчато-плитчатый мотив структурной организации в верхней пачке жёлто-бурого однородного неслоистого суглинка, обладающего покровным характером простирания (0-0.8(1.2) м);

- тонко-короткоступенчато-плитчатый мотив структурной организации;

- многогранно-призматический мотив структурной организации;

- второй гумусовый горизонт – реликт среднеголоценового почвообразования.

5. К признакам реликтового доголоценового почвообразования отнесены:

- бипирамидально-призматический мотив структурной организации в толще осадков, залегающей под верхней пачкой жёлто-бурого однородного неслоистого суглинка, обладающего покровным характером простирания (ниже 0,8(1,2) м);

- наклонный бипирамидально-призматический мотив в куполовидной литоструктуре;

- изометричные фрагменты с ориентированным илистым веществом (папулы);

- прослои и линзы, обогащенные углеродом органических соединений в вертикально-слоистой и линзовидно-субгоризонтально-слоистой литоструктурах.

6. Почва, сформированная на отложениях междуречной поверхности, сохраняет в себе запись длительной (позднеплейстоцен-голоценовой) эволюции. Запись осуществляется благодаря палимпсестовому типу памяти событий седиментации, криогенеза и почвообразования. Архив записи представляет собой комплекс разновозрастных групп признаков (исходных лито- и наложенных педо-), многократно вложенных в единый комплекс постледниковых отложений.

7. Текстурно-дифференцированные почвы автоморфных позиций исследуемой территории сохраняют в себе запись событий седиментации и непрерывного почвообразования за последние 150 тысяч лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровский А. Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. М.: Наука, 1983, 150 с.
2. Александровский А. Л. Эволюция почв низких террас озера Неро // Почвоведение, 2011. № 10. С. 1155-1167.
3. Александровский А. Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение, 1995. № 3. С. 290-297.
4. Александровский А. Л. Этапы и скорость развития почв в поймах рек центра Русской равнины // Почвоведение, 2004. № 11. С. 1285-1295.
5. Александровский А. Л., Долгих А. В., Воронин К. В. Эволюция ландшафтов котловины озера Неро в голоцене // В сб. Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. СПб.: издательство ИИМК РАН, 2011. С. 365-367.
6. Александровский А. Л., Таргульян В. О., Черкинский А. Е., Чичагова О. А. Новые данные о возрасте и эволюции дерново-подзолистых почв на покровных суглинках // ДАН СССР, 1990. Т. 310 С. 454-457.
7. Атлас геологических памятников природы Ярославской области. Федоров В. М., Лабутин Д. И., Тимошенко Н. Ф., Маслов И. А. Ярославль: Рико пресс, 2003.
8. Богатырев Л. Г. (под редакцией Ковды В. А., Розанова Б. Г.) Почвоведение Часть 2. Типы почв их география и использование. М.: Высшая школа, 1988, 368 с.
9. Бронникова М. А., Таргульян В. О. Кутанный Комплекс текстурно-дифференцированных почв на примере дерново-подзолистых суглинистых почв Русской равнины Москва. М: ИКЦ «Академкнига», 2005, 197с.
10. Васенёв И. И., Таргульян В. О. Ветровал и таежное почвообразование (режимы, процессы, морфогенез почвенных сукцессий). М.: Наука, 1995, 247 с.
11. Геологическая карта четвертичных отложений м-ба 1:200000. Лист О-37-XXVIII. ВСЕГЕИ, 1967.
12. Герасимов И. П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.: Наука, 1976, 298 с.
13. Герасимов И. П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения // Почвоведение, 1973. № 5. С. 102–111.
14. Глинка К. Д. Дисперсные системы в почвах. Л.: Образование, 1924, 79 с.
15. Глинка К.Д. Почвоведение. М.: Сельколхозгиз, 1932, 603 с.

16. Гунова В. С., Лефлат О. Н. Четвертичные отложения и палеогеография оз. Неро // Тр. Семинара «Экологические проблемы оз. Неро и городских водных объектов». Ростов Великий, 2002. С. 17-30.
17. Зайдельман Ф. Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: изд-во Московского университета, 1998.
18. Зайдельман Ф. Р. Формы кислотного гидролиза и глееобразования и их роль в возникновении светлых кислых элювиальных (подзолистых) горизонтов // Почвоведение, 2010. № 4. С. 387–398.
19. Козловский Ф. И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003, 536 с.
20. Константинов Е. А., Еременко Е. А. Значение метода лазерной дифракционной гранулометрии при изучении лессов (на примере разреза Мелекино, Северное Приазовье) // Отечественная геология, 2012. № 3. С. 47–54.
21. Лозе Ж., Матье К. Толковый словарь по почвоведению: Пер. с франц. М.: Мир, 1998, 398 с.
22. Макеев А. О., Макеев О. В. Почвы с текстурно-дифференцированным профилем основных криогенных ареалов севера Русской равнины. Пушкино: Издательство НЦБИ АН СССР, 1989, 270 с.
23. Москвитин А. И. Опорные разрезы плейстоцена Русской равнины. М.: Наука, 1976, 203 с.
24. Новский В. А. Плейстоцен Ярославского Поволжья. М.: Наука, 1975, 236 с.
25. Ногина Н.А. О палево-подзолистых почвах Белоруссии // Почвоведение, 1952. № 2.
26. Ногина Н.А., Роде А.А., Руднева Е.Н. Подзолистые почвы северо-запада европейской части СССР. М.: Колос, 1979, 257 с.
27. Пономарева В. В. Теория подзолообразовательного процесса. Л.: Наука, 1964, 379 с.
28. Путеводитель экскурсии Москва – Верхняя Волга симпозиума «Палеогеография и перигляциальные явления плейстоцена». М. 1969.
29. Роде А. А. Генезис почв и современные процессы почвообразования. М.: Наука, 1984, 254 с.
30. Роде А.А. Избранные труды. Т.2. Подзолообразовательный процесс. М.: ГНУ Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008, 480 с.
31. Роде А. А. К вопросу об оподзоливании и лессиваже // Почвоведение, 1964. № 7. С. 9–23.
32. Роде А. А. Подзолообразовательный процесс. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937, 454 с.

33. Розанов Б. Г. Морфология почв: Учебник для высшей школы. М.: Академический Проект, 2004, 432 с.
34. Русаков А. В. Закономерности формирования почвенного покрова центра Ярославского Поволжья // Дис. на соискание ученой степ. канд. биол. наук. СПб, 1993.
35. Русаков А. В. Формирование озерно-ледниковых отложений и почв в перигляциальной зоне центра Русской равнины в позднем неоплейстоцене и голоцене. Дисс. д.г.н., 2012, 351 с.
36. Соколов И. А. Голоценовая эволюция почв Восточно-Европейской равнины // Микроморфология генетическому и прикладному почвоведению. Тарту, 1983. С. 83–86.
37. Соколов И. А., Макеев А. О., Турсина Т. В., Верба М. П., Кулинская Е. В. К проблеме генезиса почв с текстурно-дифференцированным профилем // Почвоведение, 1983. № 5. С. 129–143.
38. Соколов И. А., Макеев А. О., Турсина Т. В., Верба М. П., Кулинская Е. В. Связь почвообразования на Русской равнине с реликтовой криогенной морфоскульптурой // Биол. пробл. Севера. Тез. докл. X Всесоюзн. симп. Магадан, 1983. Ч. 1. С. 270–271.
39. Судакова Н. Г., Дашевский В. В., Писарева В. В., Чеботарева Н. С., Шик С. М. Путеводитель экскурсии 10-В «Четвертичные отложения окрестностей г. Ростова-Ярославского». М., 1984.
40. Таргульян В. О., Александровский А. Л. Эволюция почв в голоцене (проблемы, факты, гипотезы) // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 57–78.
41. Таргульян В. О., Бирина А. Г., Куликов А. В. и др. Отв. ред. Глазовская М. А., Герасимов И. П. Организация, состав и генезис дерново-палево-подзолистой почвы на покровных суглинках: Морфол. Исследование. X Междунар. конгресс почвоведов. М., 1974, 55 с.
42. Таргульян В.О., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М.: Издательство ЛКИ, 2008, 687 с.
43. Таргульян В. О., Куликов А. В., Целищева Л. К. и др. Южная тайга Русской равнины. Почвы Клинско-Дмитровской гряды. X Междунар. конгресс почвоведов / под ред. М.А. Глазовской и И.П. Герасимова. М.: Издательство Мин. Культ. СССР, 1974, 72 с.
44. Таргульян В. О., Целищева Л. К. Трещинная сеть дерново-подзолистых почв и партлювация вещества в профиле (опыт макро- и мезоморфологического исследования) // Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов. М.: Наука, 1983. С. 33–68.
45. Тонконогов В.Д. Глинисто-дифференцированные почвы Европейской России. М.: Изд-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 1999.

46. Тонконогов В. Д. О генезисе почв с осветленным элювиальным горизонтом // Почвоведение, 1996. № 5. С. 564-569.
47. Фридланд В.М. Об оподзоливании и иллиммеризации (обезыливания) // Почвоведение, 1958. № 1. С. 27-38.
48. Чеботарева Н. С., Макарычева И. А. Последнее оледенение Европы и его геохронология. М.: Наука, 1974, 215 с.
49. Шишов Л. Л. Классификация и диагностика почв России. 2004.
50. Экологический атлас Ярославской области / Environmental Atlas of Yaroslavl region / Департамент охраны окружающей среды и природопользования Ярославской области; науч. ред. Г.А. Фоменко. Ярославль, 2015, 154 с.
51. Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. (Ред. Караваяева Н.А., Зонн С.В.) М.: Наука, 1992, 184 с.
52. Aubert J., Demolon A., Oudaine K. La dynamique de sol. 2nd ed. P., 1938, 130 p.
53. Van Breemen N., Buurman P. Soil formation. Second edition, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002, 404 p.
54. Brewer R. Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York: Wiley, 1964, 470 p.
55. Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U. Handbook for Soil Thin Section Description. Wolverhampton, UK: Waine Research Publications, 1985, 152 p.
56. Buol SW., Hole F., McCracken R.J. Soil genesis and classification. Ames: The Iowa State Univ. Press, 1973, 360 p.
57. Duchaufour P. Pedology. 1977, 448 p.
58. Duchaufour P. Pedology. Genesis and classification. London: G. Allen & Unwin, 1982. 448 p.
59. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. ed. by Stoops G., Marcelino V., Mees F. Netherlands, Elsevier, 2010, 752 p.
60. Makeev A. Pedogenic alteration of aeolian sediments in the upper loess mantles of the Russian Plain // Quaternary International, 2009. T. 209, № 1-2. P. 79-94.
61. Rusakov A., Nikonov A., Savelieva L., Simakova A., Sedov S., Maksimov F., Kuznetsov V., Savenko V., Starikova A., Korkka M., Titova D. Landscape evolution in the periglacial zone of Eastern Europe since MIS5: Proxies from paleosols and sediments of the Cheremoshnik key site (Upper Volga, Russia) // Quaternary International, 2015. № 365. P. 26-41.
62. Stoops G. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 2003, 184 p.