

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

На правах рукописи

ВАЛЕЕВА Альбина Альбертовна

СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ ВОЛЖСКО-КАМСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ:
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ

03.02.13 - почвоведение

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор Г.Ф. Копосов

Казань – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Серые лесные почвы как природный объект, в процессе изучения которого развивалась теория лесного и степного почвообразования (научно-исторический очерк).....	9
1.1. Зарождение представлений о серых лесных почвах.....	9
1.2. История исследований серых лесных почв в 30-40 ^x годах 19 века	11
1.3. Исследование серых лесных почв в период восстановления страны после войны 1941-1945 г.....	13
1.4. Современное направление исследования серых лесных почв.....	14
2. Геолого-геоморфологическая характеристика Волжско-Камской лесостепи.....	16
2.1. Географическое положение.....	16
2.2. Геолого-геоморфологическое строение.....	16
2.3. Почвообразующие отложения.....	20
2.4. Климат.....	25
2.5. Растительный покров.....	28
2.5.1. Типичные экотопы, в составе которых формируются серые лесные почвы.....	30
2.6. Зональные почвообразующие процессы.....	32
3. Общие сведения о почвенном покрове, его структуре.....	39
4. Обоснование образов таксонов серых лесных почв.....	41
4.1. Обоснование виртуальных образов основных таксонов.....	42
4.1.1. Некоторые исходные положения статистических расчетов	43
4.2. Морфологическая характеристика профиля.....	45
4.3. Распределение фракций гранулометрического состава.....	49
4.4. Влияние органического вещества на интерпретацию данных гранулометрического анализа почв.....	55
4.5. Вариабельность физико-химических свойств	62

4.6. Использование численных методов классификации для идентификации таксонов серых лесных почв.....	68
5. Размещение реальных представителей виртуальных образов таксонов в системе географических ландшафтов (на примере Янтыковского леса).....	76
5.1. Профиль, секущий Янтыковский лес.....	76
5.2. Реальные представители центра виртуальных таксонов.....	83
5.3. Переходные представители.....	88
5.4. Лимиты облика, состава и свойств таксонов.....	92
6. Роль естественных серых лесных почв в формировании экологической обстановки лесостепной зоны.....	94
7. Трансформация серых и темно-серых почв аграрным производством.....	98
7.1. Обоснование типовых таксонов пахотных почв на основании данных их массового обследования.....	99
7.2. Основные направления аграрной трансформации естественных почв.....	103
ВЫВОДЫ.....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Почва является основной средой обитания большинства организмов и входит в биогеоценозы как неотъемлемый их компонент. В.И. Вернадский (1994) назвал почву с населяющей ее фауной «единой живой пленкой суши». Почвенная оболочка – это планетарный узел экологических связей, объединяющий в единое целое все приповерхностные геосферы Земли, которые контактируют и активно взаимодействуют между собой через почву (Никитин, 2010).

Почвенный покров нашей планеты в настоящее время так изменен, что естественные процессы почвообразования и эволюции почв можно наблюдать лишь в тундре, лесах и ряде пустынь. Учитывая, что тундровые и пустынные почвы формируются в экстремальных климатических условиях и располагаются обычно на труднодоступных территориях, можно принять, что именно лесные почвы – то естественное множество почв, которое обеспечивает оптимальные возможности изучения их генезиса и эволюции, а также в полном объеме их экологические функции (Карпачевский, 2003; Добровольский, 1993, 2000). Сохранившиеся естественные почвы являются «природным банком», используя который возможно в будущем наиболее эффективно вести научные поиски путей восстановления антропогенно изменённых ландшафтов (Климентьев, 2003).

В настоящее время Республика Татарстан, входящая в ландшафтную зону Волжско-Камской лесостепи, является одной из самых аграрно-освоенных территориально-административных единиц Поволжья. Распаханность сельхозугодий по республике составляет в среднем 77%. В антропогенно-преобразованных ландшафтах РТ серые лесные почвы занимают 37% территории, что составляет 43% от общей площади пашни (Госдоклад, 2011).

Изучение естественных представителей серых лесных почв приобретает в связи с этим актуальность в двух аспектах. Во-первых, эти почвы являются отражением существующей естественной зональной среды лесостепи, т.е. современного процесса лесостепного почвообразования. Во-вторых, в связи с высокой аграрной освоенностью актуальным становятся инвентаризация,

создание объективных образцов – виртуальных образцов серых лесных почв, выбор контрольных объектов, репрезентативно их представляющих.

Цели и задачи исследований. Целью исследования являлось систематизирование массовых данных серых лесных почв Волжско-Камской лесостепи с описанием таксономических единиц в виде виртуальных образов. Обоснование на базе этих образов количественных критериев обособления таксонов.

Задачи исследования:

1. На базе собственных исследований и имеющихся сведений в открытой печати создание и обоснование образов виртуальных таксонов серых лесных почв, развивающихся под естественными ландшафтами, и установление объективных критериев для выявления границ между таксонами.

2. Определение вклада содержания органического вещества на интерпретацию данных гранулометрического состава почв, которые определяют разделение почв на серые и темно-серые.

3. Нахождение в составе почвенного покрова Волжско-Камской лесостепи реальных представителей, соответствующих виртуальным образам серых лесных почв в зависимости от их положения в рельефе и литологических особенностей почвообразующих пород, характеристика их облика, состава и свойств.

4. Проверка обоснования критериев разделения серых лесных почв на таксоны в соответствии с классификационными схемами 1977 и 2004 годов с использованием численных методов. Получение функций классификации для устранения неопределенностей таксономического положения изучаемых представителей почв.

Научная новизна. На базе собственных исследований, обобщения фондовых и литературных сведений определены объективные критерии диагностики серых и темно-серых почв Волжско-Камской лесостепи. Показано, что в пределах диапазона, задаваемого широтной климатической средой, ведущую роль в дифференциации почв, определяющей их таксономическое положение, играют литологические особенности почвообразующих пород

(главным образом гранулометрический состав), тесно связанные с положением последних в рельефе.

Впервые построены функции, определяющие таксономическое положение естественных и антропогенно-преобразованных серых лесостепных почв применительно к классификационной системе 2004 года, которые могут использоваться в исследовательских работах и надзорных государственных органах.

Установлено, что широко распространенная в отечественной почвенно-лабораторной практике подготовка образца почв для гранулометрического анализа с использованием стандартной методики применительно к серым лесным почвам Волжско-Камской лесостепи не приводит к полному разрушению микроагрегатов размером 0,005-0,001 мм. После удаления органических веществ и карбонатов микроагрегаты распадаются, а продукты их распада пополняют илистую компоненту.

Удаление органического вещества из подготовленных к анализу образцов почв обеспечивает перераспределение относительных величин фракций в составе физической глины, снижая её содержание на 3 - 6%.

Теоретическая и практическая значимость работы. Представляемые результаты исследований обобщают и дополняют существующие представления о свойствах серых лесных почв. Предложенные критерии обособления серых лесостепных почв, как от смежных зональных типов, так и между собой (серые темно-серые) могут быть использованы для изучения и систематики почв различными естествоиспытателями в целях создания региональной почвенной базы, установления взаимосвязей между виртуальными образами и типами различных международных классификационных систем, в качестве типового стандарта для изучения изменений почв, а также могут применяться при практическом решении земельно-кадастровых проблем.

Вклад автора. Автор принимал участие в поиске архивных данных естественных серых лесных почв, разработке маршрутов, организации и практическом осуществлении экспедиций по исследованию серых лесостепных

почв. Результаты, составляющие содержание диссертации, получены автором самостоятельно. Он также лично проводил экспериментальные исследования, обрабатывал, интерпретировал и обобщал полученные результаты.

Научному руководителю принадлежит разработка концепции решаемой проблемы и постановка задач исследования.

Защищаемые положения.

1. Различия морфологического строения профиля, состава и свойств серых лесных почв Волжско-Камской лесостепи обуславливаются особенностями формирования почвообразующих толщ, которые своим положением в рельефе определяют направленность процессов почвообразования.

2. Дифференциация серых лесных почв Волжско-Камской лесостепи основана на различии в поверхностном горизонте содержания физической глины и относительной доли ила в её составе.

Апробация работы. Материалы диссертации представлялись на Международной научной конференции «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России» (Санкт-Петербург, 2011); на Международной научной конференции посвященной 85-летию М.Г. Танзыбаева «Почвы Хакасии, их использование и охрана» (Абакан, 2012); на Всероссийской с международным участием научной конференции «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования» (Петрозаводск – Москва, 2012); на VI Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы» (Саратов, 2012); на итоговых конференциях К(П)ФУ (Казань, 2011, 2012), на научной конференции аспирантов КФУ первого года обучения (Казань, 2011); на Всероссийской научно-практической конференции «Повышение конкурентоспособности АПК в условиях инновационного развития» (Казань, 2012), на Всероссийской научной конференции «Почва как базовый компонент наземных экосистем» (Новосибирск, 2013); на Международной научной конференции «Наследие И.В. Тюрина в современных исследованиях в

почвоведении» (Казань, 2013), на заседании кафедры физики и мелиорации почв МГУ (Москва, 2013).

Публикации: По теме диссертации опубликовано 12 работ из них 2 в реферируемых журналах.

Структура и объем работы. Диссертация общим объемом 136 страниц состоит из введения, 7 глав и выводов. Список литературы включает 197 источника, в том числе 38 иностранных. Работа включает 41 рисунка, 19 таблиц и 4 приложений.

Благодарности. Выражаю глубокую благодарность научному руководителю д.б.н., профессору Г.Ф. Копосову за советы и помощь в написании работы. Выражаю искреннюю благодарность к.б.н. н.с. Института проблем экологии и недропользования АН РТ А.Б. Александровой за предоставление архивных данных пахотных серых лесных почв кадастрового центра «Земля», постоянную поддержку и помощь в написании работы. Н.М. Матвеевой за помощь в проведении полевых исследований, советы и рекомендации. Автор благодарит сотрудников кафедры почвоведения К(П)ФУ к.б.н. Б.Р. Григорьяна, д.б.н. профессора А.А. Шинкарева, к.б.н. К.Г. Гиниятуллина, к.б.н. Л.В. Мельникова за внимание, советы и замечания.

1. Серые лесные почвы как природный объект, в процессе изучения которого развивалась теория лесного и степного почвообразования (научно-исторический очерк)

Проблема генезиса серых лесных почв является одной из наиболее дискуссионных. Пристальное внимание почвоведов к этой проблеме, как отмечает Б.П. Ахтырцев (1979, 1992), объясняется сложностью генезиса и переходным положением серых лесных почв между черноземами и подзолистыми почвами, их значительной зональной и фациальной изменчивостью, а также ее тесной связью с еще более дискуссионной проблемой взаимоотношения леса и степи.

Северные представители этих почв формировались под воздействием экологических факторов почвообразования, близких тем, которые способствовали образованию дерново-подзолистых почв, а южные представители – черноземов. Поэтому почвы лесостепи часто сочетают довольно многие процессы как подзолистого, так и дернового процесса почвообразования.

1.1. Зарождение представлений о серых лесных почвах

Серые лесные почвы как элемент почвенного покрова Русской равнины впервые выделил В.В. Докучаев. При исследовании черноземной полосы, а затем почв Нижегородской губернии им был установлен особый тип серых лесных почв, занимающий промежуточное положение между черноземами и светло-серыми (подзолистыми) почвами.

В.В. Докучаев полагал, что серые лесные почвы представляют собой самостоятельный почвенный тип, который формируется в результате своеобразного процесса почвообразования под пологом широколиственных лесов в климатических условиях лесостепной зоны. Однако он не располагал достаточными научными данными для раскрытия специфики почвообразования под дубравами и не проводил глубоких исследований этих почв. Поэтому его идея на первых порах не получила широкой поддержки.

Таким образом, В.В.Докучаев впервые установил самостоятельность типа серых лесных почв, развивающихся в переходных от лесной к степной зоне.

Однако это положение не было в достаточной степени оценено всеми современниками (Рубилин, 1970).

Возникновение и развитие почвоведения в конце XIX века оказало большое воздействие на становление геоботаники. В геоботанической науке оформилось представление о решающем воздействии на почвы саморазвивающихся растительных ассоциаций. С.И. Коржинский считал, что лес может теснить степь (Иванов, 2003). С.И. Коржинский отстаивал представление о вторичном образовании серых лесных почв из черноземов в результате их изменения под влиянием поселения леса по схеме: оподзоленные черноземы → темно-серые → серые → светло-серые почвы.

Несмотря на полное отсутствие в работах С.И. Коржинского каких-либо достоверных данных, подтверждающих эти представления, и резкую критику их со стороны В.В. Докучаева она была безоговорочно принята многими почвоведом, геоботаниками и географами. Ее полностью или частично поддерживали и развивали Г.И. Танфильев, Р.В. Ризположенский, П.А. Костычев, Н.М. Сибирцев, А.И. Набоких, Н.А. Богословский, Г.Н. Высоцкий, Н.И. Прохоров, И.К. Фрейберг, М.Е. Ткаченко, П.С. Коссович, С.П. Яковлев, К.Д. Глинка, Н.Н. Степанов и др. (Ахтырцев, 1979). Чрезмерное увеличение идеями С.И. Коржинского несколько свернуло изучение серых лесных почв с правильного пути, намеченного в трудах В.В. Докучаева и Н.М. Сибирцева (Рубилин, 1970).

В противоположность гипотезе С.И. Коржинского В.И. Талиев и П.Н. Крылов выдвинули гипотезу об образовании серых лесных почв в результате проградации (обратного наступления степей на лесные сообщества), произошедшей из-за изменения биоклиматических условий.

Р.В. Ризположенский, критикуя докучаевское определение почвы, утверждал, что в нем нет самого основного, существенного признака почвы – созидательной роли организмов, а непосредственные участники почвообразования (породы, организмы) смешиваются с внешними условиями почвообразовательного процесса.

В отличие от В.В. Докучаева Р.В. Ризположенский полагал, что есть только два настоящих прямых фактора почвообразования: организмы и породы. Представление Р.В. Ризположенского о почвообразовании как взаимодействии организмов и пород были положительно восприняты В.В. Докучаевым, Н.М. Сибирцевым, А.Н. Сабаниным, Г.Н. Высоцким, Р.С. Ильиным и другими (Иванов, 2003).

1.2. История исследований серых лесных почв в 30-40-х годах XIX века

В развитии теоретических представлений о лесостепном почвообразовании большое значение сыграл Международный съезд почвоведов, который состоялся в 20-е годы прошлого столетия и который по желанию международного сообщества специалистов-почвоведов организовывался в нашей стране. Делегаты практически со всех континентов имели возможность познакомиться с достижениями отечественной почвенной науки и со всеми зональными типами почв нашего государства, что способствовало популяризации идей, изложенных В.В. Докучаевым и его последователями, в зарубежных государствах.

Однако в тридцатые (предвоенные) и сороковые (послевоенные) годы изоляция государственной общины и отечественной науки от мирового сообщества нанесла большой ущерб развитию почвоведения. Ограничивались территории исследований, запрещались контакты с зарубежными специалистами.

Работа И.В. Тюрина (1930) «К вопросу о генезисе и классификации лесостепных и лесных почв» обусловила новый этап в изучении серых лесных почв. Одной из крупнейших его заслуг явилось восстановление идей В.В. Докучаева в трактовке самостоятельности типа серых лесных почв. Следует заметить, что И.В. Тюрин не отвергал полностью идею С.И. Коржинского, а лишь считал, что оподзоленные почвы лесостепи частью испытали влияние вторично степной растительности, в результате чего приблизились по свойствам к черноземам.

В систематике почв, изложенной в курсе «Почвоведение» К.Д. Глинки (1932), отсутствуют тип и зона серых лесных почв. Серые почвы относятся к

вторично подзолистым. Полемизируя с В.В. Докучаевым, Глинка отрицает первичность образования серых лесных почв и предлагает называть их деградированными суглинками с подразделением на темные и светлые, т. е. полностью разделяет идеи С.И. Коржинского.

Л.С. Берга в работе «Физико-географические (ландшафтные) зоны СССР», подводя итоги изучения генезиса серых лесных почв, утверждает, что лесостепь как биоклиматическая зона является следствием повышения увлажнения климата и надвигания леса на степь, которое превращает чернозем в серые почвы.

Следовательно, к 30-м годам XX века не сложилось однозначного представления о генезисе серых лесных почв. Специалисты в области генезиса и географии почв придерживались следующих представлений:

1. Серые почвы лесостепи – это извечно-лесные почвы, формирующиеся под дубовыми лесами зонами (В.В. Докучаев).
2. Серые лесостепные почвы образовались путем деградации черноземов в процессе наступления леса на степь (основная часть специалистов).
3. Серые лесостепные почвы образовались в результате изменения подзолистых почв под влиянием травянистой растительности изреженных лесов (Рубилин, 1970).

Споры о генезисе серых лесных почв долгое время не могли быть разрешены, так как выдвигавшиеся гипотезы слабо обосновывались достоверным фактическим материалом. Количественный учет соотношения между процессами выноса и накопления веществ в почвенном профиле при почвообразовании отсутствовал. Никем не изучались элементарные почвенные процессы и их соотношение в разных типах почв.

И.В. Тюрин одним из первых попытался выявить признаки процессов выноса и накопления веществ в лесостепных почвах, но для этого он располагал слишком ограниченным материалом. Соотношения между этими процессами основательно изучил А.А. Завалишин на примере почв Кузнецкой лесостепи. Его исследованиями были заложены основы для разработки современных научных представлений об особенностях почвообразования под широколиственными

лесами. Важную роль также сыграли работы С.В. Зонна с сотрудниками и Н.П. Ремезова с сотрудниками. В результате был поколеблен прочно установившийся взгляд на лес как фактор, повсюду вызывающий оподзоливание почв, и показано, что определяющей чертой почвообразования под дубравами лесостепи является аккумуляция азота и зольных элементов в верхней половине почвенного профиля (Ахтырцев, 1979).

1.3. Исследование серых лесных почв в период восстановления страны после войны 1941-1945 гг

В развитии почвоведения в СССР во второй половине XX в. большую роль играли обширные крупномасштабные почвенно-картографические исследования земель колхозов и совхозов, систематически проводившиеся службой землепользования и землеустройства Министерства сельского хозяйства СССР начиная с первых же послевоенных лет на всей земледельческой территории страны. Материалы этих исследований обобщались в областных и краевых почвенных картах, что содействовало совершенствованию методов картографии почв, служило научной основой повышения плодородия почв и разработки зонально-региональных систем земледелия.

Географический размах проводившихся почвенных исследований способствовал углубленному изучению генезиса почв разных типов, уточнению систематики и классификации почв (Добровольский, 2010).

И.П. Гречин осуществляет описание серых лесных почв Орловской области, считая, что в серых лесных почвах подзолистый процесс предшествовал дерновому, при этом светло-серые почвы испытали особенно длительное влияние лесной растительной формации. Б.П. Ахтырцевым указана возможность формирования черноземов под дубовыми лесами. Это подтверждает, что эволюционное развитие лесостепных почв идет от светло-серых почв к темно-серым, вплоть до черноземов. В.Д. Панников, подведший итоги изучения генезиса лесостепных почв, обосновывает возможность чрезвычайно широких

эволюционных амплитуд развития серых лесных почв – от светло-серых до черноземных включительно (Рубилин, 1970).

1.4. Современное направление исследования серых лесных почв

В современный период окончательно выработалось представление, что формирование серых лесных почв обуславливается их географическим размещением в той части суббореального пояса, где леса начинают тесниться степями и где подзолообразование подавляется дерновообразованием из-за приобретения климатом определенного соотношения между количеством выпадающих атмосферных осадков и возможностями физического их испарения. Однако в дальнейшем стала оспариваться возможность течения подзолообразования, участвующего в формировании их профиля, так как этому процессу не благоприятствует биоклиматическая обстановка, в которой они развиваются.

В 60-70-х годах прошлого столетия западные специалисты, прежде всего французские, выдвинули гипотезу о том, что текстурная дифференциация профиля почв бореальных лесов, обуславливающаяся перераспределением содержания илистых частиц, может обеспечиваться не подзолообразованием, а путем суспензионного передвижения ила – лессевирования (Педро, 1974; Дюшофур, 1970). Начиная с некоторого этапа развития лессиважа, основание горизонта Вt уплотняется и становится непроницаемым, таким образом, во влажные периоды года появляется тенденция к образованию подвешенного горизонта грунтовых вод.

О.Г. Растворова с соавторами (1991) на основе стационарного изучения современных процессов и полевого моделирования обращает внимание на то, что наряду с нисходящим током влаги имеет место восходящий поток к верхней границе горизонта В, обуславливающийся градиентами температуры и влажности. Это дает возможность восходящего переноса веществ при формировании оглиненного горизонта серых лесных почв.

Н.Н. Матинян с соавторами (2003) на примере серых лесных почв Владимирского ополья показали, что их генезис связан не только с палеоклиматическими условиями, но и с особенностями развития рельефа и формирования почвообразующей породы. Они отметили, что темно-серые почвы обычно тяготеют к основаниям склонов, а образованию серых лесных почв в зоне дерново-подзолистых почв способствуют карбонатность почвообразующих пород и жесткость почвенно-грунтовых вод.

Наиболее полное обобщение всех материалов по вопросу о генезисе серых лесных почв было дано в работе Б.П. Ахтырцева (1979), который рассмотрел вопрос о формировании серых лесных почв с позиции проявления основных элементарных почвенных процессов. По его мнению, серые лесные почвы формируются под влиянием следующих процессов: поступление органических остатков в почву, гумусонакопление и связанная с ним биогенная аккумуляция зольных веществ, выщелачивание карбонатов и легкорастворимых солей, миграция гумусовых веществ и продуктов распада минералов в форме металлоорганических и оксидных соединений, лессиваж и оглинивание.

По мнению А.Л. Александровского и Е.И. Александровской (2005), серые лесные почвы в лесостепи развивались в течение всего голоцена под лесной растительностью. Если имеются серые лесные почвы, образованные из черноземов в течение голоцена, то уже можно считать их генетически самостоятельными, не являющимися лишь переходной стадией эволюции от черноземов к подзолистым почвам.

Учитывая сложную историю развития серых лесных почв, испытавших на себе как изменение природных факторов, так и воздействие многовековой хозяйственной деятельности человека, в настоящее время признают, что серые лесные почвы в разных частях территории их распространения могут иметь различное происхождение. Однако решающее значение в образовании серых лесных почв придается современным почвообразовательным процессам под покровом лиственных, преимущественно дубовых лесов, которые в основном и определяют главные генетические особенности серых лесных почв (Добровольский, 1984, 2004).

2. Геолого-геоморфологическая характеристика Волжско-Камской лесостепи

2.1. Географическое положение

Под Волжско–Камской лесостепью в настоящей работе подразумевается часть лесостепной зоны РФ, охватывающая преимущественно север ближайшего Предволжья, Заволжья и Закамья, в административном отношении входящая в Чувашию, Татарстан и Ульяновскую область. Ядро этой территории образует лесостепная зона Республики Татарстан (РТ), расположенная в восточной части Восточно-Европейской равнины, в месте слияния двух крупнейших рек – Волги и Камы.

2.2. Геолого-геоморфологическое строение

Описываемая территория характеризуется пересеченным и местами сильно расчлененным, но не горным рельефом, частыми выходами коренных пород и сравнительно малым развитием покрова рыхлых четвертичных отложений. Вся доступная для наблюдений толща горных пород представлена отложениями пермской, юрской, меловой и четвертичной систем. Наиболее древними являются пермские отложения, представленные гипсовокарбонатными толщами с подстилающими их каменноугольными известняками и доломитами, и образования девона, которые обнаруживаются лишь буровыми скважинами и непосредственного участия в почвообразовании не принимают (Розов, 1939).

В составе пород мезозойских отложений в пределах Татарстана констатированы породы юрского и мелового возраста, но они неполно сохранились и в основном наблюдаются только на отдельных участках в юго-западных районах – Дрожжановском, Тетюшском, Буинском и Кайбицком (Селивановский, 1962). По литологическому составу в юрских отложениях темные тяжелые глины преобладают над песками. Встречаются также глинистые сланцы – темные битуминозные, получившие название горючих. Более легким механическим составом характеризуется только самая верхняя часть юрской толщи - волжский ярус.

Непосредственно под юрой залегают пермские отложения. Пермская система состоит из двух отделов: нижнего и верхнего. Верхнепермские отложения в пределах РТ имеют почти повсеместное распространение у дневной поверхности. Только на крайнем юго-западе РТ верхнепермские отложения перекрываются юрскими и меловыми породами. Во всех остальных участках продукты их разрушения и перемещения выполняют роль почвообразующей основы. Верхнепермские отложения распадаются на три яруса: татарский, казанский и уфимский. Большим распространением пользуются верхний татарский ярус или ярус пестрых мергелей. Породы других ярусов (казанский и уфимский) выходят на крутых склонах и долинах рек и в понижениях рельефа или кое-где на водоразделах – в местах брахиантиклинального поднятия пластов.

Ярус пестрых мергелей достигает местами мощности 200 м и состоит из различных по составу, плотности и цвету мергельных образований. Преобладают в окраске красные тона наряду с зелеными, серыми и белыми, что придает обнажениям этих пород совершенно своеобразную расцветку. Их лучше всего можно наблюдать в обрывах правого высокого берега Волги, а также в долинах многих других рек. Под татарским ярусом залегает казанский, сложенный породами морского происхождения, мощностью 100-120 м. Он состоит из доломитизированных известняков, мергелей, известковистых глин и песчаников. Все эти породы содержат обильную морскую фауну. Они почти нигде не являются поверхностными отложениями, выходят только по склонам к долинам и обычно прикрыты толщей пород татарского яруса.

Еще реже обнажаются слои уфимского яруса, который залегает под казанским (Розов, 1939). Изучение пород уфимской свиты показало, что это в основном красноокрашенные породы. Уфимский ярус складывается преимущественно континентальными отложениями, только здесь наряду с мергелями значительно развиты пески и глины, а также встречаются прослойки гипса. В составе их ведущее место занимают: конгломераты и брекчии – 1,37%, песчаники – 56,98%, алевролиты и аргиллиты – 29,39%, мергели – 12,16%, известняки – 0,46% (Селивановский, 1962).

Почти повсеместно развиты различные типы пород четвертичного возраста. Они отсутствуют лишь в подмываемых береговых уступах рек и на резких поднятиях и опусканиях рельефа (Воробьев, 1947). Среди них выделяются образования делювиального, элювиоделювиального, элювиального, пролювиального, флювиогляциального и аллювиального происхождения.

Отложения ледниковой эпохи, представленные флювиогляциальными наносами, в пределах Татарстана имеют весьма ограниченное распространение. На водоразделах Свияга – Волга, Меша – Казанка и в правобережье р. Казанки наблюдаются следы размытых флювиогляциальных, возможно даже моренных осадков. В основном же в долине р. Волги, особенно в ее левобережье выше г. Казани, пользуются распространением флювиогляциальные пески. В основной своей массе они представлены разномерными разновидностями светло-серой, серовато-желтой и редко ржавой окраски. Аллювиальные отложения надпойменных террас сложены в основном гравийно-галечным горизонтом, перекрытым вначале разномерным, а затем мелкозернистым песком. Пойменные отложения, формирующиеся в период паводков, обычно сложены косослоистыми песками, сменяющимися слоистыми супесями и суглинками.

Древнеаллювиальные террасы и склоны водоразделов покрыты делювиальными отложениями, представленными преимущественно желто-бурыми суглинками, иногда в нижней части сменяющимися песками. Делювиальные отложения четвертичного возраста (мощностью от единиц метра до 15-18 м) широкое распространение имеют и на склонах водоразделов, являясь основой для формирования почв. Сокращаясь в мощности на участках плоских водоразделов, делювиальные отложения сменяются элювиоделювиальными и элювиальными, являющимися продуктами выветривания местных коренных пород. Мощность элювия невелика, обычно не превышает одного-двух метров (Селивановский, 1962).

Рельеф в пределах исследуемой территории представляет собой типичный эрозионный ландшафт, расчлененный долинами Волги и Камы на три части: Предволжье, Предкамье и Закамье, а в пределах них - притоками этих рек,

Вяткой, Казанкой, Мешей и др. Речные долины, характеризующиеся асимметричностью, террасированы. Террасы сложены преимущественно аллювием облегченного гранулометрического состава, верхние из которых часто перекрыты делювием (Ступишин, 1962).

Особенности рельефа и его геологического строения позволяют выделить семь геоморфологических районов:

1. Предволжское пермское возвышенное плато. Район занимает основную часть Приволжской возвышенности в пределах РТ до широты г. Тетюши на юге. Средние абсолютные высоты рельефа 100-200 м и более. Район сложен верхнепермскими отложениями. Коренные породы прикрыты плащом суглинков, который на склонах северной экспозиции имеет мощность до 10 м и более. Склоны южной экспозиции крутые, зачастую обнажены и сложены коренными породами верхнепермского возраста.

2. Предволжское юрско-меловое возвышенное плато с развитием плакорных поверхностей. Район занимает юго-западную часть Татарии и характеризуется повсеместным развитием мезозойских отложений, представленных серыми и темно-серыми глинами с прослоями песка, мергеля. Типичная абс. выс. 150-200 м. Эрозионная сеть, за исключением Дрожжановского района и правобережья долины р. Волги, врезана неглубоко, до 30-40 м.

3. Заволжская древнечетвертичная низменная террасово-аккумулятивная равнина с развитием дюнно-бугристого озерного ландшафта. Район древней долины р. Волги, отчасти р. Камы, сложен древнечетвертичными отложениями легкого гранулометрического состава. Песчаные отложения прикрыты суглинками делювиального происхождения. Абс. выс. верхних террас, второй и третьей надпойменных – 80-120 м.

4. Предкамское пермское возвышенное плато с развитием эрозионного ландшафта. Абс. выс. территории 179-190 м, местами более 200 м. Плато расчленено зрелыми долинами рек Мешы, Вятки, Тоймы, Ижа и других на водоразделы с плакорными поверхностями. Пологие приводораздельные склоны покрыты делювиальными суглинками мощностью до 40 м. На плакорах развит

пермский карбонатный элювий. Южная экспозиция склона и карбонатность элювия создают предпосылки для создания западнее долины р.Вятки и южнее долины р. Казанки дубрав.

5. Закамская плиоценовая равнина, прикрытая толщей делювиальных суглинков четвертичного возраста. Абс. выс. равнины 120-180 м. Территория слабо расчленена балочными формами. Типичны плакоры, прикрытые покровными суглинками. Коренными породами в западной части являются верхнетретичные глины. На востоке водоразделы слагают отложения татарского яруса с пятнами плиоцена. Равнинность и невысокое положение территории создали условия для развития типичного степного ландшафта.

6. Бугульминское пермское двухъярусное возвышенное плато (до 380 м) с глубоким эрозионным расчленением. Господствуют высоты в пределах 200-230 м, достигая до 380 м. Типичны двухъярусные водораздельные плато с облесенностью верхнего и распаханностью нижнего, сложенного песчано-карбонатными породами казанского яруса. Ступенчатость рельефа, твердость пород и значительная крутизна склонов, а также проницаемость песчаных отложений тормозят развитие оврагов.

7. Закамско-Бельская пермско-плиоценовая равнина, прикрытая толщей делювиальных суглинков четвертичного возраста. Абс. выс. 130-180 м. Характерен низменно-приречной ландшафт с развитием луговых пространств, торфяных болот, низких водоразделов (Ступишин, 1962).

2.3. Почвообразующие отложения

На территории Предуралья в качестве почвообразующих пород широко распространены полимиктовые глины пермского, юрского, мелового и третичного периодов. На большей части территории они перекрыты четвертичными покровными суглинками и являются подстилающими породами, появляясь на поверхности лишь на эродированных склонах (Самойлова, 1983). М.А. Винокуров (1962) в рассматриваемой территории выделяет основные почвообразующие породы:

1. Коренные мало- или почти не измененные породы, представленные известняками, мергелями, глинами и песчаниками пермского, юрского, мелового и третичного периода.
2. Элювиальные – остаточные продукты распада коренных пород.
3. Переотложенные аллювиально-делювиальные и эоловые продукты выветривания коренных пород за последний геологический период.
4. Современные аллювиальные отложения в речных долинах.

1. Малоизмененные коренные породы представлены известняками, мергелями и различного вида песчаниками, песками и супесями татарского яруса пермской системы. Ими заняты и возвышенные платообразные водоразделы с приводораздельными склонами и увалистые покатые межовражно-балочные склоны к речным долинам.

Известняки наибольшее распространение имеют в районах крайнего юго-востока, где они занимают возвышенные выровненные платообразные водоразделы и местами увалистые склоны к речным долинам. В большинстве случаев тонконаслоенные плитняки (от 1 до 20 см) известняков толщиной общего пласта от 20 см до одного и более метров переслаиваются мергелями, песчаниками и глинами. Верхний пласт, лежащий на глубине 20-50 см от поверхности, непосредственно участвует в почвообразовании. Вследствие этого он более выветрелый, чем нижний. Местами этот пласт сильно приближается к дневной поверхности и даже обнажается, а местами углубляется до одного и более метра. Поэтому на водоразделах почвообразующие породы по горизонтальному простираению являются неоднородными. Наблюдается сочетание известковых плитняков с мергелями, глинами и песчаниками. Там, где пласт известняка лежит глубоко от поверхности, в качестве материнской породы служат мергели и мергелистые глины и песчаники, которые также богаты известковым щебнем и пропитаны карбонатными псевдомицелиями.

Косвенное влияние известняков на характер развития почв даже гораздо шире, чем прямое выполнение роли почвообразующей или подстилающей породы. Известняки под воздействием внешних факторов способны растворяться.

Растворенные соли карбонатов постепенно и непрерывно насыщают некарбонатные позднейшие геологические отложения, участвующие в почвообразовании. Поэтому в зависимости от конкретных условий рельефа в климатических условиях роль растворенных карбонатных солей в насыщении других пород – мергелей, глин, суглинков и песков – и влияние их на ход почвообразовательного процесса весьма ощутимы, что будет видно из характеристики других пород.

Породы пестроцветной песчано-мергелистой толщи татарского яруса представлены мергелями, мергелистыми глинами, песчаниками и реже известняками. Под воздействием внешних факторов они изменились, выщелочились и превратились в элювиальные отложения, часть которых переотлагалась по склонам долин в виде элювиально-делювиальных и делювиальных образований. Поэтому на водоразделах и прилегающих склонах в качестве почвообразующих пород наблюдаются не остаточные продукты коренных пород, а продукты их перемещения. Неизмененные же формы встречаются по бугристым и увалистым повышениям, по крутым и покатым склонам, где в результате постоянного смыва элювиальные образования не сохранились. Продукты разрушения мергеля татарского яруса даже в условиях Предкамья, являющегося районом повышенного атмосферно-поверхностного увлажнения, сохранили в своем составе большое количество карбонатов (Газизуллин, 1972).

2. К продуктам выветривания коренных пород относятся элювиальные глины и суглинки, образующиеся в результате выветривания пестроцветной песчано-мергелистой толщи татарского яруса, а также пород верхнеюрского, нижнемелового и третичного периодов. В Предкамье образование элювиальных глин и суглинков связано с изменением в результате выщелачивания известковистых мергелистых пород татарского яруса. По утверждению И.В. Тюрина, в продуктах распада этих пород после выщелачивания извести происходит относительное увеличение содержания глинистых частиц. Процессы окисления и гидратации, происходившие при этом, изменяют качественные

особенности минералов, что видно по возникновению различных цветовых тонов. Менее выщелоченные породы имеют буровато-красную или коричневатую-бурую окраску, а глубоковыщелоченные, видимо, в зависимости от большего содержания гидрата окиси железа приобретают желто-бурую со слабо выраженным красным оттенком окраску. Обычно на глубине 1-2 м элювиальные глины и суглинки переходят в выветрелые мергели и мергелистые глины. Мергелистые глины неоднородны по механическому составу, нетолстыми слоями лежат друг на друге и часто переслаиваются песками и песчаниками (Тюрин, 1933).

В юго-западной части Предволжья местами встречаются элювиальные образования юрских, меловых и редко третичных пород. Элювий третичных пород довольно широко распространен в закамских районах, где встречаются элювиальные суглинки и желто-бурые глины с мелкими обломками известковых раковин и желто-бурых песчанок, главным образом по левобережью р. Камы (Мясникова, 1931).

В Арском, Сабинском и Пестречинском районах Предкамья физической глины в элювиальных образованиях водораздела содержится от 36 до 55%, при этом больше половины ее приходится на иловатую фракцию. Песчаная фракция при этом не превышает 3,4-20,7%, лишь иногда достигает 44,1%. Местами в этом районе еще встречается элювий пермских песчаников с содержанием песчаной фракции до 90%, а физической глины не больше 5,4% (Винокуров, 1965).

В почвообразующих породах Предволжья наблюдается высокое содержание физической глины - до 65%, больше половины ее составляет иловатая фракция. По данным М.Г. Шендрикова (1934), в Закамье содержание физической глины колеблется от 39,7 до 81,9-95,4%; количество иловатой фракции не превышает 41,7%. При этом наименьшее содержание физической глины характерно для элювия пермских суглинков и мергелей, а наибольшее — для пермских и третичных глин.

3. К группе переотложенных продуктов выветривания коренных пород текучими водами и ветром за четвертичный период относятся: делювиальные красно-

бурые глины и суглинки, лессовидные желто-бурые глины и суглинки пониженных плато и склонов, террасовые и лессовидные палевожелтые глины и суглинки, всевозможные аллювиальные отложения и эоловые наносы по речным долинам и окраинам плато. Их называют породами постплиоцена. По характеру происхождения в конкретных условиях рельефа они подразделяются на отдельные виды и часто друг от друга отличаются не только гранулометрическим составом, но и физико-химическими особенностями. Это отличие определяется характером слагающих коренных пород, рельефом местности и степенью его расчлененности. В пределах Предкамья, особенно в северо-западной ее части по И.В. Тюрину, широко распространены облессованные суглинки. Характеризуются светлой палево-желтой или желто-бурой окраской, пористостью и сильной карбонатностью. Большей частью они относятся к пылевато-иловатым тяжелым и средним суглинкам, лишь в некоторых случаях их можно отнести к легким или средним глинам (Винокуров, 1965).

Эоловые отложения правобережья Камы, образованные за счет передувания песков с поверхности среднечетвертичных террас р. Камы и ее притоков при отсутствии растительного покрова, перекрывают сплошным чехлом верхнепермские отложения. На самых высоких водоразделах мощность эоловых отложений составляет 0,5-2 м. Вниз по склону она возрастает до 4,5-7,5 м. Желто-серые, коричневатые-серые мелкозернистые пески, нередко до перехода в супеси (Газизуллин, 1972).

4. Современные аллювиальные и древнеаллювиальные отложения речных долин распространены в долинах рек. По гранулометрическому составу эти наносы неоднородны и изменяются как по горизонтальному простиранию, так и по вертикальному залеганию, что объясняется многими гидрологическими причинами: скоростью и направлением течения, изменением отметки над уровнем моря и характером коренных пород (Винокуров, 1965).

2.4. Климат

Общее изменение климата в исследуемом районе наблюдается в направлении с северо-запада на юго-восток. По территории района проходит зональная граница, разделяющая два биоклиматических пояса умеренных широт: бореальный (таежно-лесной) и суббореальный (лесостепной и степной) (Ермолаев, 2007; Утэя, 1968).

Для республики характерен умеренно-континентальный климат с теплым летом и холодной зимой. Средняя годовая температура колеблется в пределах 2 – 3° С. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 111 – 146 дней. Область средних отрицательных температур зимой простирается в глубину до одного метра, т.е. охватывает весь наиболее деятельный для почвообразования слой. Летом с глубиной температура понижается, поток тепла направлен сверху вниз, с октября по март происходит повышение температуры с глубиной, т.е. поток тепла направлен снизу вверх. Зимой на длительное время почва замерзает. В РТ повсеместно в среднем в октябре замерзает верхний слой почвы мощностью 3-10 см. Мощность мерзлого грунта достигает максимума в марте (Колобов, 1962, 1980; Смоляков, 1957).

По данным Ю.П. Переведенцева и соавторов (2011), по периоду с 1966 по 2004 гг. годовые суммы осадков на территории РТ изменяются от 450 до 556 мм. Колобов (1962) указывает, что в зависимости от рельефа распределение осадков по территории неравномерно. Большее количество осадков (≥ 400 мм в год) выпадает в северо-западных районах республики, меньшее (≤ 400 мм в год) - в Западном Закамье. На западных склонах возвышенностей в РТ годовая сумма осадков увеличивается на 10-15% от средней величины; на равнинных местах, примыкающих к возвышенностям с востока (низменная равнина Западного Закамья), осадков выпадает меньше на 10-15% от годовой суммы. Лесные массивы в Северном Заволжье местами дают увеличение осадков на 40-50 мм в год.

Выпадение осадков тесно связано с влажностью воздуха и тепловым состоянием водно-воздушной смеси, которое оценивается давлением водяного

пара (абсолютной влажностью). Само по себе давление воздушного пара малоинформативно для оценки вероятности выпадения атмосферных осадков из водно-воздушной смеси, какой является тропосфера. Этот показатель используется для расчета относительной влажности воздуха, который в республике в зимние месяцы составляет 80-85%, летом 60-70%.

Сотрудники кафедры метеорологии КФУ (Переведенцев и др., 2011) с целью выявления тенденций развития климатической среды в последние двадцатилетия подвергли тренд-анализу с использованием фильтра Поттера данные 68 метеостанций Среднего Поволжья за период с 1966 по 2004 год. Результаты этого анализа применительно к метеостанции Уржум приведены на рисунке 1.

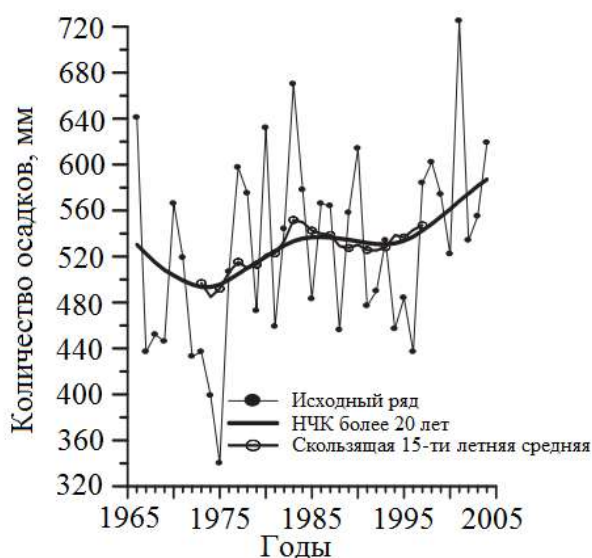


Рисунок 1. Многолетний ход исходных и сглаженных фильтром Поттера и скользящим осреднением значений годовых сумм осадков на ст. Уржум

Графические изображения этого рисунка рельефно иллюстрируют динамичность поступления атмосферной влаги на поверхность почв и одновременно свидетельствуют о волнообразной тенденции увеличения их количества, начиная с последней четверти прошлого столетия. Станция Уржум представляет климатические условия самого юга лесной зоны.

На рисунке 2 представлена динамика выпадения осадков в холодный и теплый периоды года для всего Среднего Поволжья, в центральной части которого размещается лесостепь. Она свидетельствует, что, начиная с последней четверти прошлого столетия, наметилась отчетливая волнообразная тенденция увеличения количества атмосферных осадков, выпадающих в теплый период года. При этом абсолютная величина прироста по мере снижения широты возрастает. Причину этого явления авторы публикации видят в перестройке циркуляционных процессов атмосферы, в частности увеличении роли в формировании местного климата южной лесостепи средиземноморских воздушных масс. Аналогичным

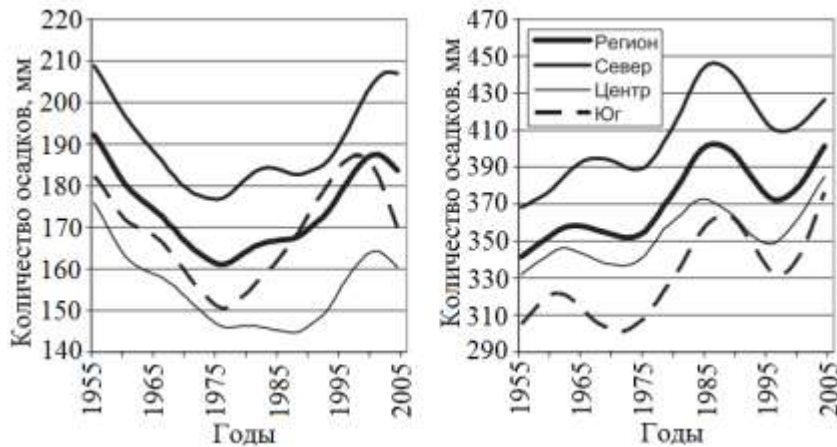


Рисунок 2. Динамика НЧК (>20 лет) сумм осадков (мм) холодного (слева) и теплого (справа) периода в Среднем Поволжье и его частях

методом с использованием индексов Д.А. Педя (1975) осуществлено выявление в составе теплого периода года тенденций к появлению засушливых летних сезонов.

Полученные результаты однозначно указывают на увеличение повторяемости

мягких зим вследствие роста зимних температур и увеличения количества зимних осадков, что свидетельствует о повышении частоты прохождения юго-западных и западных циклонов.

Ослабление зимних температур воздуха и увеличение количества летних осадков свидетельствуют о тенденции снижения уровня континентальности климата, т. е. об увеличении влияния в формировании его океанических воздушных масс. Из данного факта вытекает, что этот сорокалетний период истории развития климата характеризуется тенденцией усиления стоковых процессов, в том числе гравитационно-нисходящих – определяющего фактора становления профиля почв.

В среднем за год (за 1966-2004 гг.) преобладающим направлением ветра на территории республики является южное и юго-западное, его вероятность составляет около 35%. Средняя годовая скорость ветра колеблется в пределах 3-5 м/сек (Переведенцев, 2011).

Исходя из распределения по территории наиболее важных почвенно-климатических компонент Н.В. Колобов (1962) делает заключение: а) территория РТ севернее Волги и Камы тяготеет к лесной, более увлажненной зоне тайги; б) Кама в пределах Татарии служит заметным климатическим рубежом; в) Западное Закамье, примыкающее к Волге, по гидротермическим соотношениям приближается к условиям поволжских степей.

2.5. Растительный покров

Существование фрагментов лесов Волжско-Камской лесостепи, где формируются серые лесные почвы, исторически обеспечивается на тех элементах земной поверхности, которые или сохраняют выпадающие атмосферные осадки пониженными потерями физического испарения, или получают дополнительные их количества боковым перераспределением. Почвообразующие толщи своим строением, гранулометрическим составом и приуроченностью к пластике поверхности обеспечивают условия инфильтрации осадков и бокового движения.

В пределах исследуемой территории совмещаются все промежуточные звенья ландшафтно-растительных единиц зон хвойно-широколиственных и широколиственных лесов и лесостепной зоны – от формаций южной тайги до формаций с типичными степными фрагментами. Здесь проходит южная граница современного распространения ели и пихты, северная – ясеня, дуб приближается к северо-восточной границе своего ареала (Бакин и др., 2000).

Естественная растительность исследуемой области в большинстве случаев или совершенно уничтожена, или же сильно нарушена деятельностью человека (Марков, 1962). Относительно ненарушенные лесные массивы сохранились преимущественно на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника, Национального парка «Нижняя Кама», лесных заказников и памятников природы.

А.Я. Гордягин (1921) указывает характерные для республики четыре основные растительные формации: еловые леса, часто с примесью дуба, сосновые боры (обычно на песках), дубовые леса с присутствием других широколиственных пород во втором ярусе (клен, липа, вяз, орешник и т.д.) и разнотравно-луговую степь.

Дубовые леса рассматриваемой территории представляются в следующем виде. Дуб (*Quercus robur*) - основная древесная порода и образует первый ярус иногда вместе с ясенем (*Fraxinus excelsior*). Во втором ярусе также находятся широколиственные породы: липа (*Tilia cordata*), клен остролистный (*Acer platanoides*), вяз (*Ulmus pedunculata*), а кроме того, береза (*Betula verrucosa*), осина

(*Populus tremula*), ива (*Salix caprea*). В тех случаях, когда дуб сильно разрежен рубкой, деревья второго яруса поднимаются в первый, но в обычных условиях они не вытесняют дуб.

Подлесок, часто густой, образован рядом различных кустарников: орешник (*Coryllus avellana*), бересклет (*Enonymus verrucosa*), рябина (*Sorbus aucuparia*), черемуха (*Prunus padus*) и др. Травянистый покров то более, то менее густой в зависимости от разреженности дубравы и состоит из различных тенелюбивых двудольных растений. Мхи, как правило, отсутствуют.

На юге дубравы граничат со степными районами, а на севере уступают место хвойным лесам, внедряясь, однако, и в них.

В долинах Волги, Камы, Казанки, Меши, Вятки на песчаных и супесчаных отложениях формируются разнообразные типы сосновых лесов — от лишайниково-мшистых до сосняков сложных. Так как эти почвы бедны и малопригодны для земледелия, сосновые боры не подвергались полному уничтожению, а более или менее разрежались вследствие выборочной рубки.

Еловые леса распространены только в северной части района. Характерной особенностью еловых лесов является примесь пихты (*Abies sibirica*). Кроме пихты присутствуют широколиственные породы, главным образом дуб и липа, а также лиственница. Примесь широколиственных пород во многих случаях объясняется как вторичное явление, вызванное рубкой, но не исключена возможность, что эти породы присутствовали и в первичных ельниках.

В типичном случае мало нарушенное сообщество елового леса имеет следующее строение. Ель образует густой первый ярус. Развитие второго яруса (дуб, клен, липа), а также и подлеска (можжевельник, рябина, крушина, черемуха) более или менее затруднено, и они представлены небольшим количеством экземпляров. Иногда дуб и клен выпадают, а сохраняется только липа, как порода более теневыносливая.

Травянистый покров обычно редок и представлен очень ограниченным количеством видов; часто он нацело бывает замещен мхами. Мхи успешно

развиваются под пологом ели, в то время как все другие растения страдают от недостатка света (Розов, 1939).

2.5.1. Типичные экотопы, в составе которых формируются серые лесные почвы

Эталонные экотопы заняты широколиственными лесами и представлены липняками с дубом, кленовками с липой и дубом, местами дубравами с липой, кленом и вязами.

Дубовые леса, встречающие к западу от р. Волги на ее правом нагорном берегу названы «Нагорными дубравами» (Марков, 1957). Значительная часть их находится в пределах соседней Чувашской республики. В древесных ярусах этих



Рисунок 3. Дубрава с липой Русаковского лесничества Кайбицкого района

лесов господство принадлежит дубу, под пологом которого в виде второго древесного яруса встречаются более теневыносливые спутники дуба: клен, липа, вяз (рисунок 3). Ниже находится ярус подроста из дуба, липы и клена. Ярус подлеска образуют кустарники, среди которых чаще встречаются лещина обыкновенная, черемуха обыкновенная,

рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, жимолость, ежевика. Хорошо развитый травянистый покров в основном состоит из тенелюбивых видов: сныть обыкновенная, осока верещатниковая, звездчатка лесная, купена мелкоцветковая, вероника дубравная, ландыш лесной, будра плющевидная, борец северный, копытень европейский, колокольчик крапиволистный.

К востоку от р. Волги в верхнем древесном ярусе усиливается роль липы, которая нередко является господствующей породой, явно преобладающей над дубом. Экотоп представлен липняком с дубом (рисунок 4). Отдельные экземпляры дуба возвышаются над многочисленными экземплярами липы, превосходя их как по высоте, так и по диаметру. Это указывает на то, что некогда

и здесь дуб доминировал в верхнем древесном ярусе, но затем в значительной степени под влиянием деятельности человека он уступает место липе. В 1942-

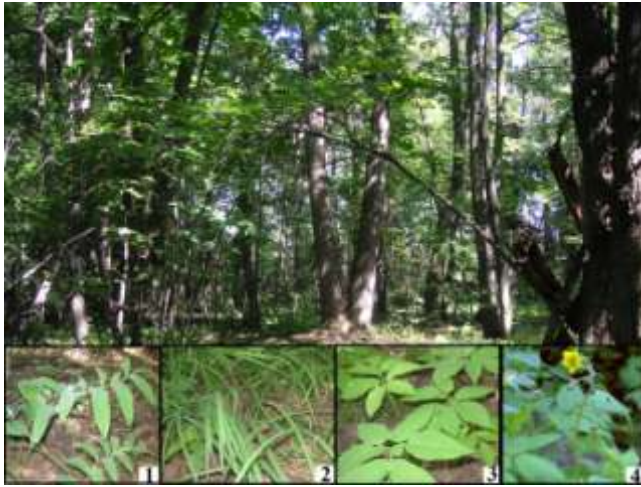


Рисунок 4. Липняк с дубом: 1 –купена многоцветковая , 2 – вероника осока лесная, 3 – сныть обыкновенная, 4 – гравилат городской.

1947 гг. отмечалось массовое усыхание дуба и особенно приспевающих насаждений по всей территории республики. Однако только к западу от р. Волги они сохранились значительно лучше в сравнении с другими массивами (Шакиров, 1982; Винокуров, 1962). Под пологом липы и дуба находится второй ярус, представленный кленом и липой. В подлеске встречаются рябина, черемуха, бересклет. Травянистый ярус

развивается значительно слабее (снижается общее покрытие и масса) и представлен следующими видами: сныть обыкновенная, осока лесная, копытень европейский, купена многоцветковая, лопух большой, крапива двудомная, гравилат городской, орляк мужской, ежа сборная, звездчатка лесная, будра плющевидная.

В результате бессистемных рубок, аридизации территории и отсутствия ухода за возобновлением дуба в дубравах происходила смена дуба на менее ценные породы и сформировались производные (вторичные) типы леса – липняки, березняки и осинники (Бакин, 2000). Березняки и осинники в условиях республики быстро занимают площадь, благодаря колоссальному количеству легко разносимых ветром семян, производимых березой и осиной. Смене дубрав на березовые, осиновые, липовые древостой содействовала пастьба скота, уничтожавшего дубовый подрост под пологом материнского насаждения.

В исследованных производных лесах находились молодые подросты дуба. Однако дуб, являясь светолюбивой породой, не может развиваться в затенении. Поэтому в этих условиях естественное возобновление дуба затруднительно.

2.6. Зональные почвообразующие процессы

Генеральное направление почвообразования определяется положением лесостепи в системе биоклиматических зон, обеспечивающем, как уже отмечалось, переход от господства бореальных лесов к степям. Переходное положение порождает элемент дуализма – двоякость зонального почвообразования, выражающаяся в формировании серых лесных почв и северных вариантов (подтипов) чернозема. Существование этих почв идентифицирует наличие в составе лесостепи ландшафтов с принципиально различающимися типами биологического круговорота вещества.

Лесные сообщества, основу которых образуют древесные формы растений с продолжительностью жизни, достигающей столетия и более, стимулируют круговорот органического вещества, в процессе которого основная часть массы мертвого органического вещества – продуктов их жизнедеятельности поступает на поверхность почв, где формируется подстилка. Разрушение органических компонентов, входящих в её состав, осуществляется грибами в условиях систематического промывания атмосферными водами, стимулирующего процессы гидролитического расщепления и, как следствие, формирование фульватного гумуса.

Поставляемое на поверхность почв мертвое органическое вещество характеризуется невысоким содержанием щелочных и щелочноземельных металлов, поэтому образующиеся в процессе его разложения кислые продукты нейтрализуются лишь частично. Следствием этих особенностей круговорота органического вещества выступает неизбежность формирования кислой реакции среды.

Травяные сообщества, которые образуют безлесные участки лесостепи, образованные травяными мезофильными экологическими группами растений и именуемые луговыми или северными степями, в противоположность лесным сообществам ежегодно сбрасывают всю вегетационную массу, оставляя на холодный период года живую часть растений непосредственно в теле почвы в виде разветвленной корневой системы.

В пределах земной поверхности лесостепной зоны сообщества луговых степей занимают те её элементы, которые оставляют лесные сообщества вследствие периодически появляющегося в местных почвах дефицита влаги. Дефицит, как указывалось ранее, возникает вследствие стока части выпадающих атмосферных осадков и повышенными потерями от физического испарения. Вследствие более высокой экологической пластичности травяные формы растений сообществ луговых степей успешно здесь функционируют. Периодическому дефициту доступных форм влаги в почвах они противопоставляют сильно развитую мочковатую корневую систему, способную контролировать большой объем тела почвы. Общая масса её превосходит массу надземных вегетирующих органов. Она, регулярно обновляясь, обеспечивает основную часть ежегодного поступления мертвого органического вещества непосредственно в почву.

Поступающее в почвы отмирающее органическое вещество в сравнении с таковым лесных сообществ намного более зольное. Повышенные количества щелочных, но главным образом щелочноземельных металлов, которые труднее удаляются из почвы гравитационными фронтами влаги, обеспечивают нейтрализацию почти всех кислых продуктов, образующихся в процессе микробного разложения мертвого органического вещества, и почвы, формирующиеся в этих условиях, характеризуются слабокислой или нейтральной средой.

В составе типов леса лесостепи определяющую роль играют экотопы с травяным напочвенным покровом. Травяные типы, уже распространенные в составе лиственных лесов южнотаежной зоны, в пределах лесов лесостепной зоны встречаются повсеместно. Травяной напочвенный покров способствует превращению типичных лесных подстилок в дернины. Этот процесс активно протекает в лиственных лесах, повышенная зольность опада которого благоприятствует развитию травяного покрова.

Глубина развития дернового процесса определяется составом лиственных лесов. В мелколиственных лесах наиболее благоприятные условия для развития

дернового процесса обеспечивают травяные березняки. Высокая (до 8-9% сухой массы) зольность листового опада *Betula pendula*, тяготение к дренированным местоположениям обеспечивают быстрое перегнивание опада. Поэтому в лесах, образуемых этой древесной породой, обычно формируются маломощные задернованные подстилки, характерные для образующихся под ними дерново-подзолистых и светло-серых почв. Другой вид *Betula pubescens* – береза пушистая, тяготеющая к переувлажненным местообитаниям, обеспечивает формирование дерново-глеевых почв.

Под осиновыми лесами формирование травяного напочвенного покрова сдерживается иными нежели в березовых лесах свойствами опада и условиями его разложения. Жесткие листовые пластинки осины в условиях пониженного теплового обеспечения и повышенного увлажнения, характерных условиям произрастания рода *Populus*, более устойчивы к разложению. В этих лесах формируются почвы, близкие по облику и свойствам тем, которые образуются под березняками из березы пушистой.

Широколиственные леса, как уже отмечалось, формируются *Quercus robur* и *Tilia cordata*. Другие широколиственные, в основном ильмовые, иногда участвуют в качестве примесей. Создают наиболее благоприятные условия для формирования напочвенного растительного покрова вследствие того, что обеспечивают биологический круговорот с наименьшим уровнем дефицита щелочноземельных оснований.

Подавление остроты дефицита в круговороте щелочноземельных металлов благоприятно отражается на гумусообразовании, так как значительная часть кислых компонентов органического вещества обладающих способностью передвигаться в профиле, нейтрализуется в верхней его части, пополняя запасы гуминовых кислот.

Устанавливаемая в профиле реакция среды подавляет течение подзолообразования, т.к. при такой реакции среды резко ограничиваются возможности появления в ионной форме железа и алюминия, передвижение которых в профиле почв считается определяющим критерием течения этого

процесса. Невозможность образования электролитических солей благоприятствует существованию почвенных коллоидов в диспергированном состоянии. По мнению многих исследователей (Зонн, 1966, 1978; Рейнтам, 1974, 1991; Kundler 1959, Ахтырцев, 1979 и др.), создаются возможности течения лессивирования (псевдооподзоливания).

В пределах элементов поверхности, где ранее существовали луговые степи, а сейчас располагаются пахотные угодья, распространена часть черноземов, формирование которых совершается при более благоприятном, нежели в настоящей степи, обеспечении влагой. Положение в рельефе этих участков бывших луговых степей обеспечивает им оптимум получения солнечной энергии, т.е. в составе почв лесостепи черноземы являются наиболее прогреваемыми их представителями.

Определяющими процессами их формирования являются поддержание высокого уровня накопления гумуса и вторичное карбонатообразование. Эти процессы тесно связаны, так как аккумуляция промежуточных продуктов разложения органического вещества, поставляемого травяными и сопутствующими сообществами, протекает при биологическом круговороте, совершающемся при практическом отсутствии дефицита щелочноземельных оснований, и обеспечивает нейтрализацию кислых продуктов распада органического вещества и временную динамичность карбонатной системы, т.е. систематического превращения основных карбонатов этих металлов в кислые и обратно.

Во внутренней области Евразии лесостепная зона играет роль экваториального пояса гумусообразования, т.е. зоны, обеспечивающей максимальный уровень накопления гумуса в зональных почвах. Выщелоченные и особенно типичные черноземы успешно конкурируют по относительному его содержанию и запасам, приведенным к единице объема гумусового горизонта, с высокогумусными почвами прерий, формирующимися при сходном соотношении осадков к испаряемости, но при более высоком обеспечении тепловой энергией. Этот феномен объясняется тем, что динамика выпадения осадков и изменения

температуры воздуха обеспечивает в почвах в течение теплого периода года уравниваемость течения химических процессов, связанных с поступлением и потерей воды, т.е. течения реакций растворения, гидратации и гидролиза и противоположных им.

Следовательно, почвообразование лесостепи представляет собой сложный процесс, состоящий из ряда более простых процессов. По данным Б.П. Ахтырцева (1979), в автоморфных условиях формирование профиля серых лесных почв протекает под влиянием следующих почвенных процессов:

1. Поступление органических остатков в почву. В широколиственных лесах Среднерусской лесостепи общая масса органического вещества колеблется от 150 до 500 т/га, при этом на долю надземной части трав приходится 2-8 ц/га. Разложение органических остатков в летний период достигает размеров, примерно соответствующих величине опада (Ахтырцев, 1979). По данным О.Г. Растворовой с соавторами (1991) в обогащении гумусового горизонта азотом, фосфором и калием играет опад ранневесенних эфимеров, минерализующийся летом, когда промывание за пределы горизонта A1 отсутствует.

2. Гумусонакопление и биогенная аккумуляция зольных элементов. Широколиственные леса вовлекают в биологический круговорот большие количества азота и зольных элементов. Суммарное накопление химических элементов в биомассе 40-50-летних дубрав составляет 2600-8400 кг/га, а в 220-летних – свыше 6800 кг/га. Вследствие хороших климатических условий, интенсивного развития микробиологических процессов, деятельности почвенно-подстилочных животных, благоприятного соотношения азота и кальция в лесном опаде под дубравами происходит интенсивное гумусонакопление и связанное с ним закрепление азота, фосфора, серы, кальция, калия и некоторых других элементов. Интенсивность гумусонакопления нарастает при переходе от подзоны северной лесостепи к южной. В профиле серых лесных почв северной лесостепи накапливается 130-250, а южной 200-360 т/га гумуса. В этом же направлении увеличивается общая мощность гумусового горизонта почв.

3. Миграция гумусовых веществ и продуктов распада минеральной части почв в форме металлоорганических и закисных соединений. Гумусовые вещества (фульвокислоты, бурая часть гуминовых кислот) серых лесных почв обладают известной подвижностью, и часть их перемещается в нижележащие слои, способствуя увеличению мощности окрашенного гумусом горизонта. При этом наиболее подвижные гумусовые вещества мигрируют на значительную глубину и даже за пределы почвенного профиля. В процессе перемещения органические кислоты взаимодействуют с минеральной частью почвы, образуя комплексные соединения, обладающие подвижностью. В такой форме из почвы выносятся железо и алюминий.

Под дубравами периодически наблюдается некоторое переувлажнение верхних горизонтов почв, которое приводит к развитию восстановительных процессов и образованию закисных соединений железа и марганца. Миграция их более интенсивна в северной лесостепи, а также в специфических условиях рельефа, способствующих временному переувлажнению почв за счет дополнительного поступления воды (Ахтырцев, 1979).

Согласно Ж. Педро с соавторами (1974) гидроморфизм изменяет окислительно-восстановительные условия среды, и железо переходит в двухвалентные соединения и выносится из горизонта А и косвенно увеличивает лессиваж, обуславливая вторичное иллювирование обезжелезненных глин. Дифференциация профиля протекает при одновременном действии двух независимых механизмов: обезжелезнении элювиальных горизонтов под влиянием восстановительной среды; постепенной автоалюминизации комплекса выветривания, связанной с гидрологической ненасыщенностью глин и подкислением, вызванным средой.

4. Выщелачивание карбонатов и легкорастворимых солей. В серых лесных почвах, формирующихся при периодическом промывном типе водного режима, наблюдается выщелачивание образующихся легкорастворимых солей и карбонатов кальция и магния. Эти явления в них предшествуют лессивированию или происходят вместе с ним. Выносу солей содействует хорошая фильтрационная способность серых лесных почв и периодическое промачивание почвенно-грунтовой толщи на большую глубину. Выщелоченность профиля от карбонатов существенно влияет на реакцию

среды, насыщенность почв основаниями и развитие процесса перемещения глины без разрушения.

5. Лессиваж. По данным Ахтырцева (1966, 1979), формирование элювиального горизонта серых лесных почв в большей мере связано с лессиважем, развитие которого доказывается: однородностью валового химического, минералогического состава илистой фракции во всех генетических горизонтах и наличием ориентированной струйчатой глины, отчетливо обнаруживаемой микроморфологическими исследованиями. Кроме того, в горизонте В обнаруживается одновременное и одинаковое накопление кремнезема и глинозема, что, по мнению Б.П. Ахтырцева (1979), служит веским доказательством перемещения целых коллоидных частиц. Под влиянием лессиважа в составе гор. А1А2 резко преобладают тонкодисперсный кварц и полевые шпаты и почти отсутствует аморфный кремнезем.

По Ф.Р. Зайдельману (2004, 2007) оглеение в условиях застойно-промывного водного режима – единственный процесс, приводящий к возникновению светлых кислых элювиальных горизонтов, к дифференциации почвенного профиля и к интенсивному лессиважу. С.В. Зонн (1966, 1978) отмечает, что появление в профиле почв осветленного горизонта характерно не только для подзолистых, но и для черноземных, бурых лессивированных, оглененных, солонцовых, осолоделых и других почв. Поэтому осветленные горизонты вряд ли целесообразно принимать за диагностические вследствие различного их происхождения. В.Д. Тонконогов (1996), сравнивая аналитические данные и результаты лабораторного моделирования, свидетельствует, что в природе не существует универсального механизма формирования дифференцированных почв с осветленным элювиальным горизонтом.

6. Оглинивание. Степень выраженности лессивирования неодинакова в различных условиях, протекает данный процесс в комплексе с другими явлениями, в частности, с оглиниванием. Интенсивность внутрипочвенного выветривания минералов максимальна в почвах северной лесостепи и заметно ослабевает при переходе в южную лесостепь (Ахтырцев, 1979).

3. Общие сведения о почвенном покрове, его структуре

Глубина развития дернового процесса определяется составом растительных группировок, которые косвенно отражают местные преломления зональной биоклиматической обстановки и обеспечивают существование различных типов биологического круговорота и соответствующие совокупности почвообразовательных процессов.

Контурсы черноземных почв преимущественно представлены пятнистостями разной степени выщелоченности, оподзоленности и мощности. Черноземы оподзоленные приурочены к оперению существующих (или существовавших в прошлом) лесных массивов и генетически связаны как с лесной, так и с лугово-степной растительностью.

Черноземы выщелоченные, широко распространенные в пределах всей лесостепи, контактируя на севере с оподзоленными, а на юге с типичными черноземами тяготеют к тем элементам её поверхности, которые минимально теряют влагу физическим испарением.

Типичные черноземы распространены преимущественно отдельными участками среди выщелоченных черноземов и чаще всего приурочены к или оптимально инсолируемым склонам южной экспозиции или выпуклым формам волнистых поверхностей, играющих роль местных водоразделов.

Относительная доля контуров серых лесных почв в составе почвенного покрова в пределах широтного диапазона, где размещается лесостепь, изменяется. На севере лесостепи их относительная доля выше, чем на её юге, что отражает её статус переходного образования от бореального к суббореальному поясу (Княжнева, 2004; Добровольский, 1993; Ковриго, 2000).

По мере продвижения в меридиональном направлении с севера на юг все отчетливее проступает тенденция локализации лесных фрагментов к элементам поверхности, почвы которых лучше обеспечиваются влагой. На уплощенных водоразделах они приурочиваются к местам близкого приближения к поверхности плитняков коренных горных пород, которые задерживают инфильтрационные потери выпадающих атмосферных осадков, на склонах – к вогнутым их изгибам,

где скапливается склоновый сток. Часто локализуются также на склонах северной экспозиции, на которых минимальны потери влаги физическим испарением.

Размещение серых и темно-серых почв в общем виде управляется главным образом двумя факторами: литологическими особенностями почвообразующих пород и широтным их положением. Серые почвы отчетливо тяготеют к почвообразующим породам с более легким гранулометрическим составом, поэтому они широко распространены в пределах заволжской древнеаллювиальной равнины. На севере зоны они часто встречаются под травяными березняками. Относительная доля темно-серых почв возрастает на юге в связи с улучшением экологических условий произрастания широколиственных лесов.

Структура почвенного покрова лесных массивов верхнего уровня определяется происхождением почвообразующих толщ, тесно связанным с рельефом. Важная роль принадлежит формам, созданным в процессе деградации многолетней мерзлоты позднеплейстоценовой эпохи. В местах появления гипсово-карбонатных коренных пород почвенные структуры определяются формами карста.

Структуры низшего уровня непосредственно связаны с функционированием лесных сообществ. Структура почвенного покрова в этом случае задается микрорельефом, специфичным для каждой древесной породы.

4. Обоснование образов таксонов серых лесных почв

Систематизирование почв обычно осуществляется на так называемых «типичных представителях» – центральных образах таксонов. Эти центральные образы представляют некоторую совокупность индивидуальных почв, отвечающих тому или иному таксону.

Данное систематизирование всегда субъективно, так как осуществляется субъектом, в лучшем случае небольшой группой субъектов. Субъективность этого действия особенно рельефно проявляется при ограниченности фактического материала исследования той или иной территории. В обосновании таксона тогда велика относительная доля домысливания. Авторами публикации (Krasilnikov, 2009) было отмечено, что диагностика почв по классификации 2004 года химико-морфологическая и в диагностике генетических горизонтов мало количественных критериев. По этой причине на практике диагностика почв по большей части субъективна. И.И. Лебедева и В.Д. Тонконогов (2008) подчеркивают, что диагностика почвенных горизонтов преимущественно опирается на морфологические показатели, количественные рубежи которых в большинстве случаев «плавающие». Чтобы выйти из области субъективных схем В.А. Рожков (2011) указывает на необходимость использования современных методов численной классификации.

Необходимость создания статистического «образа» типа (подтипа, рода и т.д.) почв и идентификация почв на основе сравнения свойств изучаемой почвы со свойствами почвы-эталона обсуждалось в 80-х годах XX века Ю.А. Ливеровским, И.А. Соколовым и В.О. Таргульяном. Так как многие процессы, приводящие к образованию почв, не только очень сложны, но и достаточно длительны (от первых сотен до нескольких тысяч лет), обычно их нельзя воспроизвести экспериментально и полностью изучить стационарными методами. Это длительные сложные естественноисторические макропроцессы, в которых наряду с известными и изученными еще много неизученных и неизвестных микропроцессов и частных макропроцессов (Ливеровский, 1973).

В результате постепенного накопления фактического материала о строении и свойствах почв того или иного региона появляется возможность обобщения его объективными методами, в частности выявление некоторого среднего образа таксона.

Кроме того, одновременно становится возможным установление объективных критериев для выявления границ между смежными таксонами.

Объективность обобщения осложняется тем, что в практике почвоведения до настоящего времени не имеется возможностей оценки некоторых свойств почв объективными методами, т.е. оценки этих свойств методами, позволяющими получать результаты в цифровой форме. Прежде всего, этот недостаток проявляется в описательной части профиля почв.

Ниже предпринято обобщение фондовых материалов кафедры почвоведения КФУ (КГУ) и данных, опубликованных в открытой печати (Александрова, 2012; Винокуров, 1962; Газизуллин, 1972, 2005; Захаров, 1974, 2004; Тюрин, 1935а; Шакиров, 1982). Был создан реестр данных из 118 разрезов серых лесных почв. Генеральная совокупность являет собой совокупность представителей естественных серых лесных почв большинства отмеченных выше геоморфологических таксонов территории (рисунок 5), систематизированных согласно классификации 1977 (Классификация..., 1977).

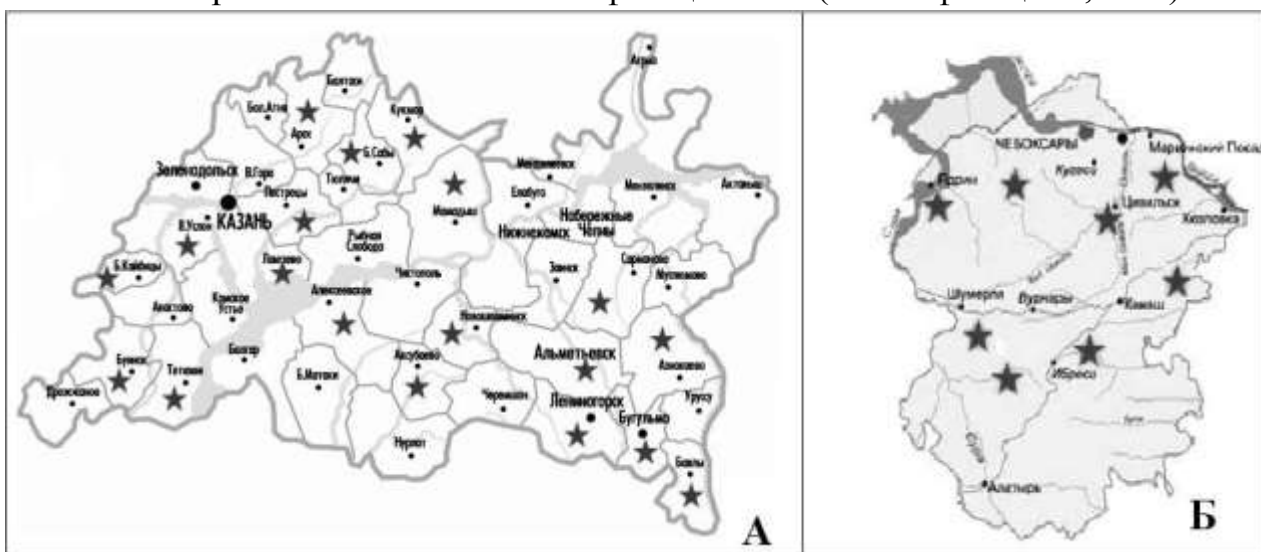


Рисунок 5. Карта-схема размещения разрезов почв, составляющих генеральную совокупность: РТ (А) и Чувашия (Б)

Примечание: В составе выборки 14 разрезов принадлежит автору.

4.1. Обоснование виртуальных образов основных таксонов

Основной целью, которая предопределила необходимость обработки данных, опубликованных о серых лесных почвах в открытой печати, стандартными статистическими исчислениями, являлось обоснование

центрального образа типа, подтипов и выявление объективных граничных значений между ними.

4.1.1. Некоторые исходные положения статистических расчетов

Исследования осуществлялись поэтапно:

- а) изучение литературных источников о серых лесных почвах;
- б) сбор информации о них, опубликованной в открытой печати и находящейся в фонде кадастрового центра РТ «Земля»;
- в) статистическая обработка собранного материала;
- г) общее знакомство с лесными массивами Волжско-Камской лесостепи с использованием карт Google и выбор маршрутов для полевых исследований;
- в) полевые работы по изучению строения почвенного покрова лесных фрагментов Волжско-Камской лесостепи и положению в их составе серых лесных почв, выкопка прикопок, разрезов;
- г) анализ образцов почв в лаборатории;
- д) анализ полученных результатов и написание квалификационной работы.

При исследовании почв для определения положения заложенных разрезов и прикопок в географической системе координат использовалась система GPS. С помощью этой системы определялись также высоты поверхности. В заложенных разрезах отбор почвенных образцов проводился по генетическим горизонтам.

Лабораторные анализы почвенных образцов выполнялись на кафедре почвоведения К(П)ФУ. В лабораторных условиях определялись общий гумус по Тюрину (Копосов, 1996), pH водной и солевой вытяжки (Матвеева, 2011), обменная кислотность по Дайкухара и обменный Al по Соколову (Минеев, 2001); обменный кальций и магний комплексометрическим методом (ГОСТ 26428-85), гранулометрический состав пирофосфатным методом (Шеин, 2007); емкость катионного обмена по методу Бобко–Аскинази – С.Н.Алешина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 17.4.4.01-84); общий азот колориметрическим методом с реактивом Несслера (Минеев, 2001), общий фосфор колориметрическим методом по фосфомолибденовой сини с помощью двухлористого олова (Копосов, 1997) и общий калий (Копосов, 1997); структурно-агрегатный состав

(сухое и мокрое просеивание) по Саввинову (Балахчев, 2004); плотность твердой фазы почвы методом пикнометров (Шеин, 2007); плотность сложения почвы (Балахчев, 2004).

Обработка полученных данных статистическими методами реализовалась с использованием пакетов программ StatGraphics Plus, Statistica 8.0 и Excel 2007.

В программе StatGraphics Plus реализованы следующие процедуры проверки нормальности распределения: скорректированный χ^2 , тест Шапиро-Уилка, тесты для малых выборок (с помощью асимметрии и эксцесса), тесты согласия (Goodness-of-Fit Tests) (Королева, 1999; Матвеева, 2012).

Важным условием применения соответствующих процедур при проверке принадлежности наблюдений к нормальному распределению является объем выборки (n). Если $n < 50$ принадлежность распределения к нормальному проводилась с помощью критерия согласия W или критерия хи-квадрат (χ^2). Критерий Шапиро-Уилка (W) применялся при $8 \leq n \leq 50$. Для малых объемах выборок ($n < 30$) проверка осуществлялась с помощью коэффициентов асимметрии As и эксцесса Ex (Хан, 1969; Лакин, 1990).

Понятие нормальности играет важную роль для многих статистических процедур. При нормальном распределении признака параметрические критерии обладают большей мощностью, чем непараметрические критерии. Если нулевая гипотеза не верна, они способны безошибочно отвергать ее. Поэтому во всех случаях, когда сравниваемые выборки взяты из нормального распределения имеющих совокупностей, отдавалось предпочтение параметрическим критериям.

В случае очень больших отличий распределений признака от нормального вида применялись непараметрические критерии, которые в этой ситуации оказываются часто более мощными.

С целью сравнения выборок подтиповых свойств серых лесных почв в работе использовался критерий Стьюдента и критерий Уилкоксона (Манна-Уитни). Критерий Стьюдента или t -критерий применяется для сравнения друг с другом двух независимых выборок, взятых из нормально распределяющихся совокупностей с параметрами μ_1 и μ_2 . Гипотеза о принадлежности сравниваемых непараметрических выборок к одной и той же генеральной совокупности проверялась с помощью

рангового критерия Уилкоксона (Манна-Уитни) – сравнения медиан (Лакин, 1990). В работе используется вероятность 0,99-99%, ей соответствуют 0,01-1%-ный уровень значимости.

Классификационная структура серых лесных почв исследована с использованием методов численной классификации (ЧК), которая направлена на более полное извлечение информации и представление ее в наглядном виде. Для ЧК серых лесных почв использовались подходы, изложенные в работах авторов (Пак, 1974; Рожков, 1984, 1987, 1988, 1989, 2011, 2012; Копосов, 2004; Duning, 1986; Gruijter, 1977; Rodrigues de Lima, 2008; Anderson, 1971; Moore, 1972).

Информативность признаков в численной классификации выражается количественным показателем его относительного вклада в разделении объектов или классов. Наиболее общим подходом к оценке информативности признаков объектов и замене исходного пространства признаков пространством меньшей размерности является метод главных компонент.

Для описания совокупности серых лесных почв использовался дискриминантный анализ (ДА). ДА – метод построения диагностических моделей, который является итогом любых генетических и прикладных почвенных исследований, связанных с обобщением массовых данных (Рожков, 1987).

После установления модели и получения дискриминантных функций строились функции классификации, рекомендуемые для классифицирования новых объектов. Априорные вероятности были выбраны одинаковые для каждой совокупности исходя из того, что неодинаковое число наблюдений в различных совокупностях является случайным результатом процедуры выбора. Каждая функция позволяет для каждого образца и для каждой совокупности вычислить его классификационный вес, который рекомендуется учитывать при отнесении вновь определяемых объектов в ту совокупность, для которой характерен наибольший классификационный вес.

4.2. Морфологическая характеристика профиля

Профиль почвы образуется в результате дифференциации исходной почвообразующей породы под влиянием почвообразования и представляет собой

систему взаимосвязанных генетических горизонтов, отражающих в своих свойствах процессы, их сформировавшие (Розанов, 2004). Путем обобщения литературных данных с использованием показателей статистики был разработан схематический профиль светло-серых, серых и темно-серых лесных почв (рисунок 6). В таблице 1 приведены данные статистической обработки нижних границ горизонтов профиля выделенных подтипов.

Таблица 1

Статистические показатели строения морфологического профиля
виртуального типового образа серых лесных почв

Горизонт	M, см	Min	Max	S	V, %
1	2	3	4	5	6
Светло-серая лесная (n=22)					
A1	20	12	26	4,00	19,9
A1A2	26	19	40	7,53	29,3
BA2	35*	25	46	5,90	6,0**
B1	60	45	75	10,19	16,9
B2	99	58	122	16,4	16,6
BC (BD)	135	110	156	15,79	11,7
Серая лесная (n=39)					
A1	18*	10	26	4,07	6,0**
A1A2	26	18	38	5,22	20,0
BA2	35*	20	48	6,09	8,0**
B1	55*	36	76	10,26	14,0**
B2	98	72	124	14,03	14,4
BC (BD)	145	113	164	16,22	11,2
Темно-серая лесная (n=30)					
A	29	20	38	5,21	18,0
AB (BA2)	38*	31	57	7,24	13,0**
B1	62	47	77	7,98	12,9
B2	93	70	116	12,17	13,0
BC	112	80	145	24,23	21,7

Примечание. M – среднее арифметическое, S - стандартное отклонение, V – коэффициент вариации, n – количество наблюдений. Для непараметрических данных используется медиана - * и межквартильный размах - **

Гумусовый горизонт светло-серых лесных почв светло-серого цвета, со слабо выраженной комковатой структурой, мощностью от 13 до 23 см. Для серых лесных характерен гумусовый горизонт серого цвета, комковатой структуры, мощностью от 10 до 23 см. Т.е. гумусовые горизонты этих подтипов различаются

1	2	3	4	5	6	7
СВД агрегатов, мм	8,3±1,61	11	9,5±0,49	7	8,7±1,52	8
СВД водопрочных агрегатов, мм	1,0±0,31	9	1,2±0,34	7	1,1±0,17	9
Плотность сложения г/см ³	1,52±0,16	10	1,49±0,12	24	1,47±0,12	10
Горизонт В2						
СВД агрегатов, мм	8,7±0,79	11	9,6±0,93	7	8,4±1,70	7
СВД водопрочных агрегатов, мм	0,8±0,24	10	1,0±0,26	7	1,0±0,18	8
Плотность сложения г/см ³	1,53±0,14	8	1,52±0,13	23	1,45±0,13	5

Примечание. *M* – среднее арифметическое, *S* - стандартное отклонение, *n* – количество наблюдений.

Средневзвешенный диаметр (СВД) агрегатов уменьшается от светло-серых к темно-серым, что отражается на структурном состоянии почв. СВД водопрочных агрегатов и плотность сложения, напротив, увеличивается от светло-серых к темно-серым почвам. В образовании комковато-зернистой водопрочной структуры в гумусовом горизонте естественных почв большую роль играет биологический фактор. Во-первых, корневая система растений и, во-вторых, свежее органическое вещество, которое образуется в анаэробных условиях внутри почвенных агрегатов (Шеин, 2003, 2005).

«Оподзоленность» профиля, указывающая на уровень водоснабжения почв, проявляется в осветлении окраски самой нижней части гумусового горизонта (A1A2), намечающемся в пределах него преобразованию комковатой структуры в плитчатую и появлению белесой присыпки. В некоторых случаях оподзоленность нижней части гумусового горизонта изученных почв проявляется только при высыхании почвенных агрегатов в виде слабозаметной присыпки. А.Л. Александровский и Е.И. Александровская (2005) отмечают, что из-за интенсивного развития гумусово-аккумулятивного процесса для них характерно морфологическое запаздывание в появление горизонта A1A2 (AEL) (на 500 лет и более), тогда как иллювиальный горизонт появляется значительно раньше.

В темно-серой лесной почве в нижней части гумусового горизонта оподзоленность может отсутствовать или проявляется в виде небольшой белесой

присыпки при высыхании. Нижняя граница залегания гумусово-элювиального горизонта светло-серых и серых лесных почв составляет 38-40 см. Более растянутый гумусово-элювиальный горизонт формируется в почвах облегченного гранулометрического состава.

Переходный горизонт ВА2, мощностью от 16 до 22 см, характерен для всех светло-серых и серых лесных почв. Окраска его неоднородная, что обусловлено формированием налета по граням структурных отдельностей пылеватых и крупнопылеватых частиц кварца и полевых шпатов с хорошо отмытыми от пленок поверхностями. В темно-серых почвах горизонт АВ отличается темно-серой окраской, иногда при высыхании видна кремнеземистая присыпка. СВД агрегатов - 6-7 мм, СВД водопрочных агрегатов - 1 - 2 мм (таблица 2).

Иллювиальные горизонты серых лесных почв желтовато-бурого или красновато-бурого цвета, ореховатой и призмовидно-ореховатой структуры со СВД 8-10 мм, с кремнеземистой присыпкой, затеками гумуса и пленками окислов железа. В светло-серых и серых лесных на глубине 140 см сменяются материнской породой. На шлейфах, спускающихся в долины рек, на глубине 100-120 см могут подстилаться аллювиальными отложениями. Темно-серые почвы характеризуются среднemosным профилем с глубиной залегания нижней границы в среднем 112 см.

Мощность профиля светло-серых и серых лесных почв определяется положением в рельефе. На выпуклых элементах поверхности междуовражных плато и на склонах доминирующих высот профиль почв отличается меньшей мощностью (от 110 до 120 см). По мнению И.С. Урусевской с соавторами (1992), формирование почв на таких элементах рельефа может сопровождаться обновлением поверхностных горизонтов в силу подверженности их эрозионным процессам.

4.3. Распределение фракций гранулометрического состава

Характерная для серых лесных почв текстурная дифференциация профиля почв прежде всего определяется гранулометрическим составом почвообразующих

отложений. С гранулометрическим составом тесно связано закрепление органического вещества и создание наиболее благоприятной почвенной структуры (Качинский, 1965, Кершенс 1992; Ванюшина, 2003; Шеин, 2009, 2005, Артемьева, 2010). Преобладающая часть органического вещества в почве связана с минеральной частью почвы и присутствует во фракции илистого и пылеватого размеров (Титова 1988, 1991; Christensen, 1992; Guggenberger, 1994; Ladd, 1985; Saiz-Jimenez, 1996).

Органическому веществу пылеватых фракций соответствует вещество легких фракций с плотностью 1,6-2,0 г/см³. Органическое вещество этой фракции служит легко разлагаемым субстратом для почвенных микроорганизмов и краткосрочным резервуаром питательных элементов для растений (Травникова, 2002; Gregorich, 1994, 1995; Skjemstad, 1998). В состав легкой фракции также входит и более устойчивое органическое вещества – высокомолекулярные гумусовые соединения гуминовой природы, представленные металлогуминовыми комплексами (Артемьева, 2010), а также углистые вещества (Ladd, 1993; Skene, 1997; Skjemstad, 1993,1996).

Органическому веществу илистой фракции соответствует вещество тяжелых фракций с плотностью 2,0-2,4 г/см³. Они представлены полиминеральной полидисперсной системой устойчивых адсорбционных комплексов глинистых минералов, оксидов-гидроксидов с гумусовыми веществами и полисахаридами. Гумусовые соединения илистой фракции связывают в 2,5-3 раза больше Al и Fe и в 2 раза больше Ca и Mg, что отражает возросшее содержание в них функциональных групп, способных к комплексообразованию и обмену (Травникова, 1992). Эта органоминеральная фракция концентрирует до 50% и более общего содержания органического вещества почвы и в значительной мере определяет физико-химические параметры почв (Артемьева, 2010). Следовательно, первым этапом анализа являлось исследование генеральной совокупности почв по гранулометрическому составу.

Так как текстурная дифференциация отражается в неравномерном распределении по профилю наиболее высокодисперсных фракций

гранулометрического состава, то в качестве удобного критерия дифференциации генеральной совокупности приняты различия по этому показателю горизонта А1. Поверхностный горизонт, как известно, в противоположность другим горизонтам профиля непосредственно контактирует с атмосферой и, следовательно, подвергается в процессе почвообразования наибольшей трансформации.

Содержание глины в гумусовом горизонте генеральной совокупности серых лесных почв изменяется от 20,3 до 66,2 %, причем от 4,3 до 37,4% её приходится на илистую фракцию (рис. 7-I). Низкие значения содержания физической глины (20-26%) наблюдаются в светло-серых лесных почвах ($n=5$), в состав которых входят представители, формирующиеся на перевеянных древнеаллювиальных отложениях долин рек Волги, Камы и их крупных притоков, где 47-56% приходится на фракцию среднего и мелкого песка. Они достоверно отличаются от других представителей светло-серых лесных почв по содержанию физической

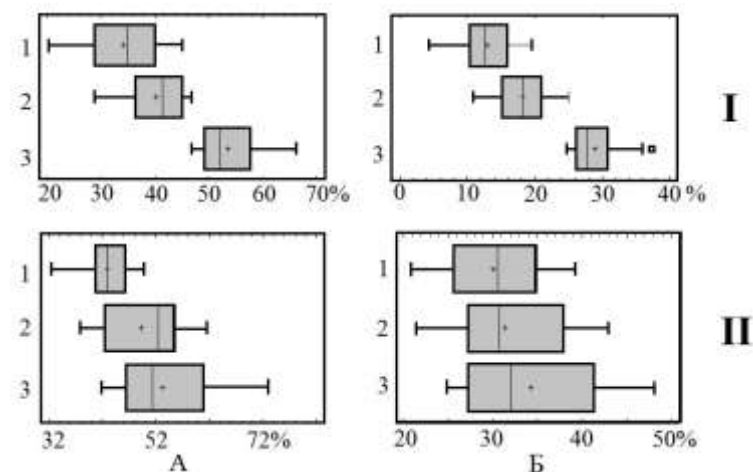


Рисунок 7. Статистическое положение подтипов серых лесных почв по содержанию физической глины (А) и илистой фракции (Б) в гумусовом горизонте (I) и почвообразующей породе (II). 1-светло-серые, 2-серые, 3- темно-серые

глины ($t_{ст} = 9,90$ $t_{кр} = 2,88$) и илистой фракции ($p=0,016$). Исключение их от состава светло-серых лесных почв показало на отсутствие значимых различий содержания физической глины в подтипах светло-серых и серых лесных почв ($t_{ст} = 2,02$ $t_{кр} = 2,68$).

Наиболее высокие значения содержания

физической глины (47-67%) свойственны темно-серым почвам, причем они с очень высоким уровнем вероятности ($p=7,39 \cdot 10^{-12}$) отделяются от светло-серых. Относительно большее содержание глины способствует стабилизации и накоплению органического вещества в почвах (Jenkinson, 1977).

Серые лесные почвы формируются на отложениях с содержанием частиц $< 0,01$ мм 29-48 %, и занимают промежуточное положение, перекрывая диапазон

размещения как светло-серых, так и темно-серых почв, причем отчетливо тяготея к светло-серым почвам.

Для отображения гранулометрического состава трехпеременной плоскости, предложенного Фере и принятого в международной классификации, требуется совместный анализ фракций песка, пыли и глины (Шеин, 2005). Переход из российской классификации в международную классификацию требует пересчета содержания фракции глины, которую в международной классификации принято выделять в размерности $<0,002$ мм. Другие границы сходятся (граница «пыль – песок») или малозначимы и близки (граница «песок-гравий»). Пересчет содержания частиц $<0,002$ мм проводилось с помощью формулы, представленной в статье Е.В. Шеина (2009), которая была найдена с помощью метода линейной интерполяции для приближенного вычисления промежуточных значений функции.

Гранулометрический состав серых лесных почв, в плоскости связывающий три перемены, показан на рисунке 8. Светло-серые и серые лесные почвы классифицируются как опесчаненные, пылеватые и глинисто-пылеватые суглинистые. Темно-серые как пылевато-глинистые и пылеватые глинистые.

Считается, что почвообразующая порода, подразумевая ее изначально однородной, дифференцируется во времени почвообразованием и что состав нижней части отображает её изначальный состав. На рисунке 8-II представлено содержание физической глины и ила в горизонте С выделенных подтипов почв. Содержание физической глины в почвообразующей породе являет собой непрерывный ряд от 32 до 73%. Вследствие этого достоверно обособляются только светло-серые и темно-серые ($p=0,001$) почвы. Достоверных различий по содержанию илистой фракции в почвообразующих породах в разных подтипах обнаружено не было ($p=0,326$). Одной из возможных причин отсутствия значимых различий в содержании мелкодисперсных фракций в почвообразующей породе является вертикальная неоднородность пород пермской системы, которые представлены чередованием в вертикальном направлении известняков, мергелей, глин, песков и песчаников.

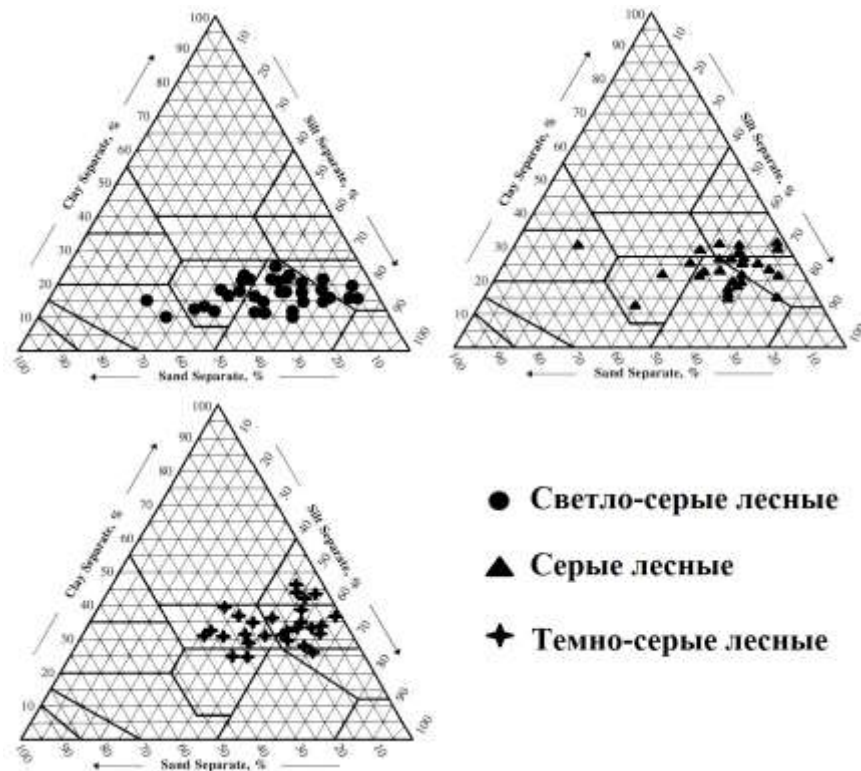


Рисунок 8. Гранулометрический состав подтипов серых лесных почв

Так как процесс формирования серых лесных почв сопровождается перераспределением по профилю илистой фракции, по мнению некоторых исследователей - действием подзолообразования (Глинка, 1932; Тюрин, 1930; Роде, 1964, Пономарева, 1964), а по мнению других (Ахтырцев, 1979; Зонн, 1966; Kundler, 1959) – лессивированием, то содержание её в горизонте средней части профиля относительно поверхностной и нижней его части увеличивается. На рисунке 9 представлено профильное распределение физической глины и илистой компоненты в ней.

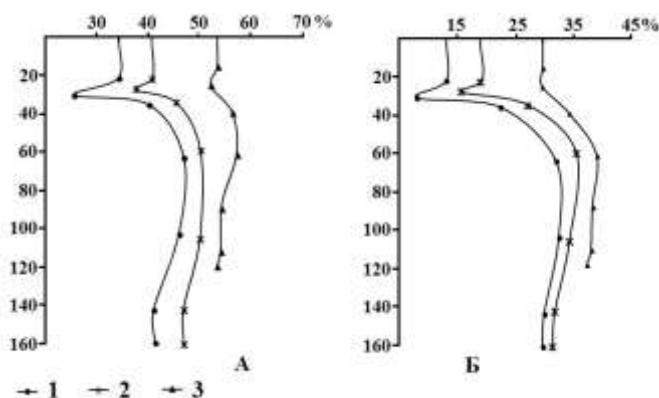


Рисунок 9. Среднее содержание физической глины (А) и ила (Б) в профиле: 1 – светло-серых, 2 – серых и 3 – темно-серых лесных почв.

Данные рисунка наглядно демонстрируют, во-первых, что подповерхностная толща профиля почв всех подтипов обогащена относительно поверхностной и нижней (гор. С) не только илом, но и в целом физической глиной.

Во-вторых, отмеченная дифференциация достигает максимальной выраженности гор. А1А2. При этом относительная обогащенность средней части профиля физической глиной и илом хорошо выражена в светло-серых и слабее в темно-серых почвах. Как уже отмечалось, это явление можно истолковать как результат длительного преобразования исходных толщ совместным действием собственно почвообразования и экзогенного изменения материнской породы, сопровождающего почвообразование. Иллювиальные горизонты по содержанию физической глины достоверно обособляются только в серых и темно-серых почвах (таблица 3).

Таблица 3

Достоверность различия средних величин содержания физической глины и ила в горизонтах профиля подтипов серых лесных почв (значимые различия выделены жирным шрифтом).

Горизонт	Фракция <0,01мм			Фракция <0,001мм		
	Светло-серые (n=34)	Серые (n=25)	Темно-серые (n=34)	Светло-серые (n=34)	Серые (n=25)	Темно-серые (n=34)
А1	p=0,00			t_{ст}=5,17 t_{кр}=2,66		
					t_{ст}=10,9 t_{кр}=2,66	
А1А2	t_{ст}=3,15 t_{кр}=2,98		-	t _{ст} =1,66 t _{кр} =3,05		-
ВА2	p=0,09			t _{ст} =2,38 t _{кр} =2,72		
		t_{ст}=6,08 t_{кр}=2,67			t_{ст}=4,44 t_{кр}=2,69	
В1	p=0,01			t _{ст} =1,02 t _{кр} =2,70		
		t_{ст}=3,13 t_{кр}=2,67			t _{ст} =2,52 t _{кр} =2,68	
В2	t _{ст} =2,52 t _{кр} =2,74			t _{ст} =0,71 t _{кр} =2,70		
		t_{ст}=3,03 t_{кр}=2,70			t _{ст} =1,27 t _{кр} =2,69	
ВС	p=0,02			t _{ст} =0,66 t _{кр} =2,74		
		p=0,13			t _{ст} =1,73 t _{кр} =2,72	

Выраженность течения процессов оподзоливания (лессивирования) или в общем виде перераспределения в профиле физической глины и ила диагностируется особенностями проявления горизонта А1А2 и снижением содержания физической глины в светло-серых примерно до 13%, а в серых лесных – до 32%, т.е. формирование профиля светло-серых и серых лесных почв сопровождается опесчаниванием этого горизонта.

В иллювиальной части профиля по содержанию илистой фракции достоверно отделяются друг от друга только светло-серые и темно-серые почвы ($B1 t_{ст}=4,16 t_{кр}=2,68$; $B2 t_{ст}=1,80 t_{кр}=2,70$).

Важным морфологическим и диагностическим признаком почвы служит степень дифференциации почвенного профиля, количественной характеристикой которой является коэффициент дифференциации профиля (S). S рассчитывался из предположения установления вертикальной однородности почвообразующих пород (Розанов, 2004) по отношению содержания фракций среднего песка к мелкому песку в горизонтах всего профиля, а также суммы песчаных частиц к содержанию крупнопылеватой фракции по горизонтам (Геннадиев, 2005; Корнилова, 2010; Турсина, 2012; Beshay, 1995; Busacca, 1989; Cabrera-Martinez, 1989; Stolt, 1993). Светло-серые ($S=3,0$) и серые лесные почвы ($S=2,4$) характеризуются сильнодифференцированным по илу профилем. Темно-серые имеют среднедифференцированный профиль ($S=1,8$).

4.4. Влияние органического вещества на интерпретацию данных гранулометрического анализа почв

Определение состава фракций мелкозема почв, затрудняется присутствием в верхних их горизонтах органического вещества, а в нижних – карбонатов (Шинкарев, 2010). Осложнения анализа обуславливаются возможным образованием на минеральных микрочастицах почвы оболочки из органоминерального геля. Гелевая оболочка на минеральных частицах способствует связыванию микрочастиц в агрегаты, в результате их средняя плотность уменьшается. Имея больший размер и меньшую плотность, агрегаты оседают с той же скоростью, что и мелкие частицы со средней плотностью твердой фазы, и попадают во фракцию ила, выделяемую методами седиментометрии (Шеин, 2006). Карбонаты, нередко присутствующие в горизонтах нижней части профиля, взаимодействуя с пирофосфатом натрия, приводят к образованию нерастворимых солей (Вадюнина, 1986; Шеин, 2007), что также влияет на получаемые результаты. Поэтому еще со времен А.

Аттерберга – основателя базового метода определения гранулометрического состава, используемого в Западной Европе и США, рекомендуется проводить подготовку почвенных образцов для гранулометрического анализа, включающую в себя удаление органического вещества и карбонатов. В отечественной практике широко используется пропись анализа, разработанная Н.А. Качинским (1958) и незначительно модифицированная в более позднее время, которой не предусматривается удаление из образца почв органического вещества.

Наиболее часто используемым реагентом для деструкции органического вещества почв является 30%-ный H_2O_2 ISO 11277 (Kunz, 1982, Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004). Для разрушения и удаления карбонатов по международному стандарту (ISO 11277) используется раствор HCl 1,0 моль/л. Образец почвы заливается этим раствором и выдерживается на водяной бане при температуре 80°C в течение не более 15 минут и затем отмывается от избытка этого реагента.

Подготовка образцов почв проводилась стандартным методом механического и физико-химического диспергирования – растиранием образца в ступке с 4%-ным раствором пиррофосфата натрия без предварительного удаления органического вещества (Шеин, 2007).

Для оценки вклада органического вещества почв в интерпретацию данных гранулометрического состава параллельные образцы почв обрабатывались 30%-ным H_2O_2 при слабом подогреве на водяной бане (ISO 11277) до прекращения образования пузырьков.

Образцы, содержащие карбонаты (с $\text{pH} > 6.8$), предварительно декальцировались для исключения появления новообразованной фазы оксалата кальция при обработке H_2O_2 (ISO 11277; Pansu, 2006). Процедура включала в себя последовательную обработку образца сначала 0,2 моль/л HCl , затем 0,05 моль/л HCl и промывкой дистиллированной водой до получения отрицательной реакции на ион Cl^- (Вадюнина, 1986). После высушивания образец подвергался окислению 30%-ным H_2O_2 на водяной бане при слабом подогреве до прекращения образования пузырьков.

Безгумусная и бескарбонатная почвенная паста слегка подсушивалась. Устойчивые суспензии получали диспергированием подсушенных образцов 4%-ным раствором пиррофосфата натрия. Диспергированная система с частично измененным химическим и минералогическим составом взвеси в дальнейшем разделялась на фракции по общепринятой методике (Шеин, 2007).

Необходимое условие теоретических посылок закона Стокса – знание величины плотности осаждаемых в водной среде минеральных частиц. Выбор плотности минеральных частиц, для выполнения этой процедуры, обычно решается экспертным путем и являет собой серьезную проблему. Минеральные частицы создаваемой взвеси представляют собой сообщества групп минералов, различающихся плотностью. В процессе подготовки образца почвы к анализу в его составе могут изменяться не только удельные массы групповых разновидностей глинистых минералов, но и удельные массы индивидуальных представителей в пределах группы (Lagaly, 2006).

В минеральной основе почв, лишенной органического вещества и карбонатов, обычно преобладают кварц, полевые шпаты, каолинит, чья удельная масса колеблется в пределах от 2,54 до 2,74 г/см³, в среднем составляя 2,65 г/см³, которая и устанавливалась при определении гранулометрического состава безгумусного и бескарбонатного образца. В исходных (гумусированных) образцах плотность определялась экспериментально с использованием стандартного метода (Шеин, 2007).

Для определения вклада органического вещества на дифференциацию совокупности первоначально были проанализированы только гумусовые горизонты серых лесных почв, гранулометрический состав которых колебался от супесчаного до тяжелосуглинистого. В эксперименте использованы образцы естественных серых лесостепных почв различных районов РТ: светло-серых лесных (Лаишевского района – разрез 2, Арского района – разрез 3), серых лесных (Пестречинского района – разрез 8, Кайбицкого района – разрез 25) и темно-серых почв (Алькеевского района – разрез 16 и Тетюшского района – разрез 21). Сжигание органического вещества привело к наибольшим изменениям во

фракции мелкого песка, мелкой пыли и ила (рисунок 10). Изменения во фракции мелкого песка связано вычислением его по разности суммы всех фракций от 100%. Поэтому в дальнейшем рассматриваются только илистая и мелкопылеватая фракция.

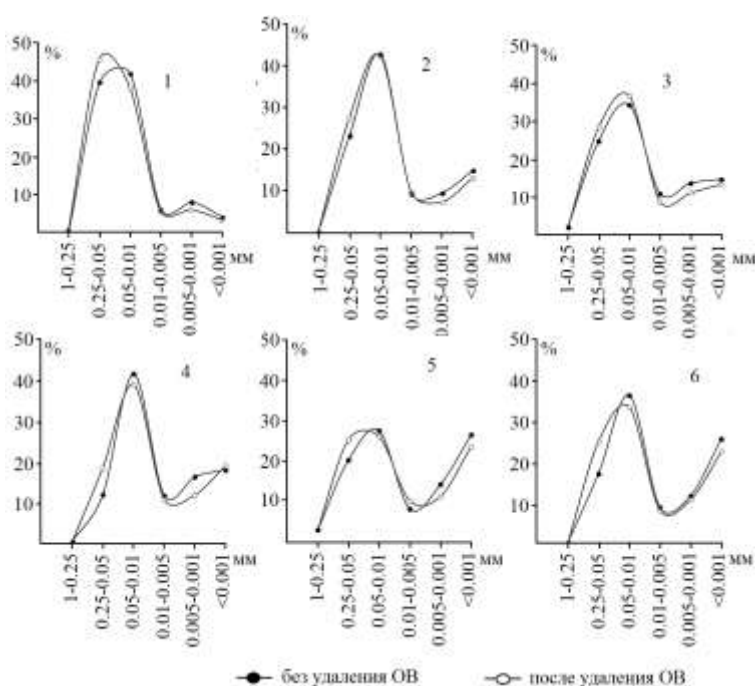


Рисунок 10. Распределение гранулометрических фракций в гумусовом горизонте серых лесных почв (образец 2 (1), образец 3 (2), образец 8 (3), образец 25 (4), образец 16 (5), образец 21 (6)).

некоторых случаях (при приближении реального результата к нижнему пределу градационной шкалы определения ГС по Н.А. Качинскому) удаление органического вещества будет способствовать облегчению гранулометрического состава на одну градацию.

Это снижение обеспечивалось, прежде всего, за счет изменения содержания фракции ила и мелкой пыли. Одной из возможных причин этого явления может быть распад микроагрегатов на исходные элементные частицы меньшей размерности, которые во фракции 0,005-0,001 мм были сцементированы гумусовыми веществами, находящимися в комплексе с оксидами и гидроксидами Fe и Al. При сжигании органического вещества такие псевдофракции распадаются, а продукты их распада пополняют илистую компоненту (таблица 4).

Удаление из этих горизонтов органического вещества обеспечивает перераспределение относительных величин фракций в составе физической глины, снижая её общее относительное количество на 3-6%. Процедура деструкции органического вещества не повлияло на изменение классификационной принадлежности нами исследованных почв. Однако в

В состав физической глины входит фракция средней пыли, элементные частицы которой частично состоят из кварца и аморфной кремнекислоты и могут составлять различную относительную её долю. Известно, что они не способны формировать устойчивые связи с органическим веществом. Вследствие этого наиболее информативным показателем является сумма фракций мелкой пыли и ила, в которых сосредотачивается органическое вещество почв. Поэтому удаление органического вещества из анализируемого образца почвы наиболее рельефно отражается на относительном содержании элементных частиц, входящих во фракцию <0,005 мм (снижается на 2,7-3,9% в светло-серых и серых и на 4,2-5,8% в темно-серых почвах).

Таблица 4

Гранулометрический состав физической глины гумусового горизонта серых лесных почв без удаления (числитель) и после удаления органического вещества (знаменатель).

№ образца, почва	Гумус, %	Содержание фракций в составе физической глины, %			
		0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	<0,01
2 -светло-серая лесная	2,80	$\frac{6,0}{5,7}$	$\frac{8,0}{6,0}$	$\frac{4,1}{3,4}$	$\frac{18,1}{15,1}$
3-светло-серая лесная	2,93	$\frac{9,3}{9,6}$	$\frac{9,5}{7,3}$	$\frac{14,9}{13,2}$	$\frac{33,7}{30,1}$
25-серая лесная	4,65	$\frac{11,7}{10,8}$	$\frac{16,3}{11,9}$	$\frac{18,1}{19,1}$	$\frac{46,1}{41,8}$
8-серая лесная	6,52	$\frac{10,9}{8,7}$	$\frac{13,6}{11,0}$	$\frac{14,6}{13,3}$	$\frac{39,1}{33,0}$
16-темно-серая лесная	8,54	$\frac{8,3}{10,3}$	$\frac{14,3}{11,4}$	$\frac{26,5}{23,6}$	$\frac{49,1}{45,3}$
21- темно-серая лесная	9,75	$\frac{8,8}{8,1}$	$\frac{11,7}{10,7}$	$\frac{25,7}{22,5}$	$\frac{46,2}{41,3}$

На рисунках 11 и 12 представлено профильное распределение размерных фракций в исследуемых почвах, которое определено с использованием различных методов подготовки образцов к гранулометрическому анализу. Представляемые почвы выбраны из имеющейся в нашем распоряжении коллекции в качестве

представителей, формирующихся на наиболее однородных почвообразующих толщах. Предпочтение отдавалось тем разрезам, в которых содержание физической глины и илистой фракции находится в переходном положении в выделенных совокупностях.

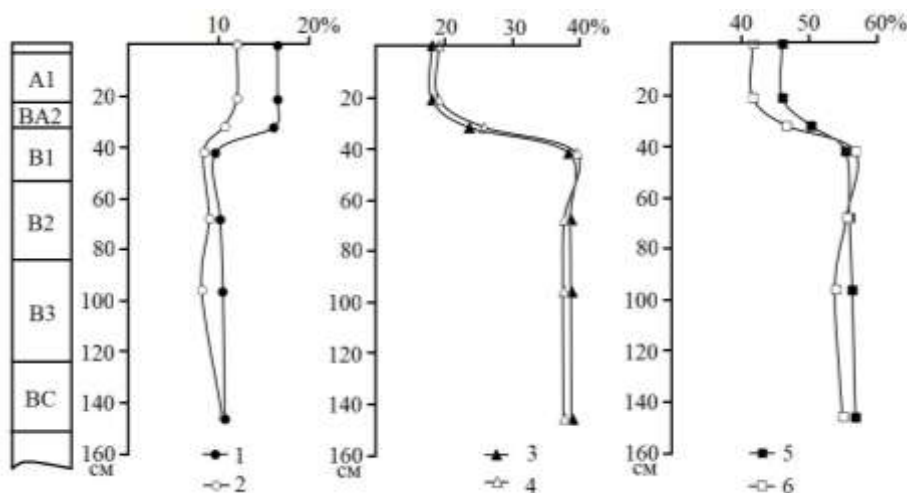


Рисунок 11. Профильное распределение гранулометрических фракций в серых лесных почвах: фракция мелкой пыли (1), фракция ила (3), физической глины (5) до удаления ОВ; фракция мелкой пыли (2), фракция ила (4), физической глины (6) после удаления ОВ.

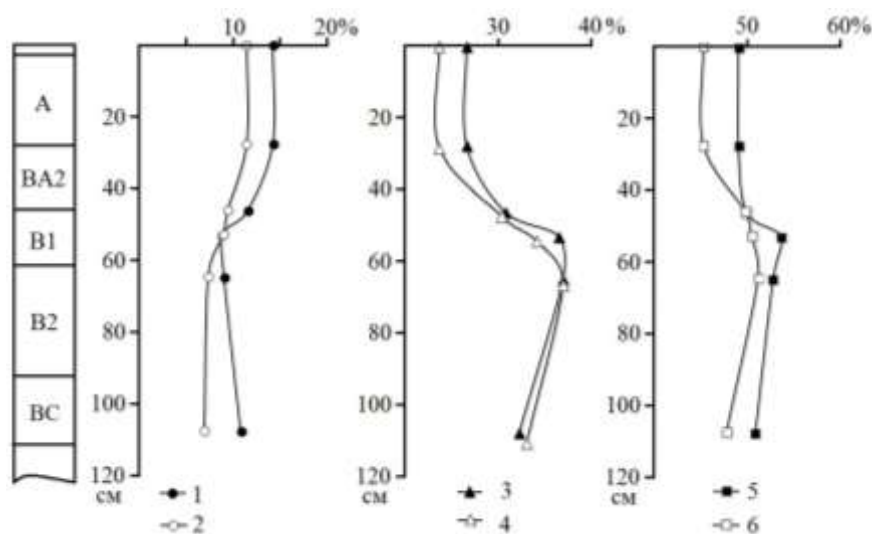


Рисунок 12. Профильное распределение гранулометрических фракций в темно-серых почвах: фракция мелкой пыли (1), фракция ила (3), физической глины (5) до удаления ОВ и карбонатов; фракция мелкой пыли (2), фракция ила (4), физической глины (6) после удаления ОВ и карбонатов

Серая почва (разрез 25) на делювиальных отложениях характеризуется тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Почвенный профиль полностью выщелочен от карбонатов. Кислотность гумусового горизонта (рН водный) в верхней части профиля составляет 6,3 и смещается вниз по профилю до

5,8. Темно-серая тяжелосуглинистая почва (разрез 16) сформировалась на остаточных карбонатных легкоглинистых желто-бурых отложениях, где с глубины 100 см в местах скопления карбонатов обнаруживается локальное вскипание от соляной кислоты.

В серых и темно-серых почвах окисление 30%-ным H_2O_2 приводит к снижению содержания фракции мелкой пыли не только в гумусовом, но и в нижележащих горизонтах. Изменение мелкой пыли по профилю становится более постоянным и стабилизируется по мере приближения к материнской породе. Наибольшее уменьшение наблюдается в субэлювиальном горизонте серых почв (разрез 25). После удаления органического вещества содержание мелкой пыли в этом горизонте уменьшается на 5,4%, в гумусовом горизонте - на 4,4%. В текстурной части профиля уменьшается на 1 – 2% и в исходной породе практически не изменяется. В темно-серых почвах максимальное уменьшение наблюдается в гор. С на 4%, что связано с вытеснением обменных оснований и удалением карбонатов при обработке HCl .

Мелкие фракции после разрушения микроагрегатов размером 0,005 – 0,001 мм попадают в илистую часть, что иногда может быть причиной увеличения илистой фракции после удаления карбонатов и органического вещества. Это особенно ярко выражено в тех горизонтах, где уменьшение фракции мелкой пыли достигало максимальных значений (рисунок 11 и 12). В таких горизонтах количество илистой фракции после окисления органического вещества и декальцирования увеличивалось в сравнении с почвами с традиционной подготовкой образцов к анализу. По содержанию ила после удаления карбонатов и органического вещества можно установить его реальное перемещение по профилю.

В серых почвах его содержание по сравнению с материнской породой изменилось на 18,4%. Вероятно, расчетное перераспределение фракций в этом случае позволяет наиболее рельефно отражать в профиле количественные результаты перераспределения ила лессиважем. В темно-серых почвах эта тенденция выражена менее отчетливо. Содержание ила по сравнению с

материнской породой изменилось на 94%. Максимум его содержания наблюдается на глубине 63 – 70 см, тогда как при традиционном методе подготовки образцов – на глубине 49 - 58 см. Это связано, во-первых, с иным уровнем обогащенности профиля органическим веществом, во-вторых, с менее выраженными масштабами перемещения ила внутри профиля.

4.5. Вариабельность некоторых физико-химических свойств

Светло-серые и серые лесные почвы приурочены к наиболее выщелоченным толщам. Интенсивность выщелачивания профиля обуславливается преимущественно особенностями климата, а также литологией почвообразующего материала, в том числе исходным содержанием в нем карбонатов. В пределах северной и центральной лесостепи на глубину залегания карбонатов большее влияние оказывают унаследованные современной эпохой результаты экзогенного преобразования продуктов выветривания известковых пород пермской системы, с которыми тесно связана глубина залегания коренных карбонатных пород. На изломах склонов, бровках долин рек, на платах доминирующих высот продукты разрушения коренных карбонатных пород находятся близко к дневной поверхности (Копосов, 2004). В этом случае глубина вскипания отмечается в серых почвах с 110 см. Почвы, сформированные на мощных элювиально-делювиальных отложениях, получающих дополнительное увлажнение за счет бокового притока, иногда имеют полностью выщелоченный профиль. Глубина выщелоченности профиля темно-серых почв находится в пределах 80-116 см.

Содержание гумуса в почве является решающим признаком ее плодородия (Larson, 1991; Doran, 1994; Tiessen, 1994). Он тесно коррелирует со всеми физическими свойствами почвы и в значительной степени определяет биологические и многочисленные химические процессы (Кёршенс, 1992; Martin, 2002; Chris, 2000). Он является главным фактором формирования физических свойств, тем самым опосредованно участвуя в регуляции водного, воздушного и теплового режимов, в повышении буферности и сопротивляемости почв к неблагоприятным воздействиям как естественного, так и техногенного происхождения (Багаутдинов, 2000).

Вариабельность содержания гумуса в серых лесных почвах представлена в таблице 5.

Таблица 5

Диапазоны отклонения от средних физико-химических свойств
диагностических горизонтов профиля

Свойства	Светло-серые лесные n = 29	Серые лесные n = 24	Темно-серые лесные n = 34
1	2	3	4
Горизонт A1*			
Содержание физической глины, %	20,3-45,3	28,8-46,9	47,1-66,2
Содержание илистой фракции, %	4,3-19,5	10,8-25,3	24,5-37,4
pH водный	4,9-6,6	5,3-6,8	5,8-7,4
Содержание гумуса, %	2,20-3,98	4,26-7,58	6,17-11,7
Сумма обменных оснований, ммоль/100 гр	6,7-20,0	20,4-35,0	30,1-55,1
Горизонт A1A2			
Содержание физической глины, %	13,3-39,7	33,1-41,5	-
Содержание илистой фракции, %	4,8-12,2	5,7-18,3	-
pH водный	5,2-5,5	5,3-5,9	-
Содержание гумуса, %	0,39-2,07	1,23-3,80	-
Сумма обменных оснований, ммоль/100 гр	2,2-16,0	10,7-18,7	-
Горизонт B1			
Содержание физической глины, %	33,6-58,7	41,4-61,2	47,2-76,8
Содержание илистой фракции, %	22,5-45,8	20,0-45,0	30,3-49,3
pH водный	4,5-5,9	4,7-5,9	5,4-7,3
Содержание гумуса, %	0,17-0,92	0,3-1,6	0,7-3,0
Сумма обменных оснований, ммоль/100 гр	8,0-28,7	16,4-35,5	23,7-42,2
Горизонт C			
Содержание физической глины, %	32,5-49,8	37,8-61,6	41,9-73,0
Содержание илистой фракции, %	20,9-39,2	21,3-45,4	24,9-48,1
pH водный	5,5-8,8	5,8-8,4	6,4-8,8
Содержание гумуса, %	0,1-0,3	0,1-0,5	0,3-1,0
Сумма обменных оснований, ммоль/100 гр	14,7-26,0	20,3-37,0	23,2-46,1

Примечание. * в верхних 15 см

Гумусовый горизонт светло-серой лесной почвы характеризуется низким содержанием гумуса, серой лесной – ниже среднего, темно-серой – средним и высоким содержанием гумуса. Глубже происходит резкое уменьшение содержания гумуса (рисунок 13). Такой характер вертикального распределения

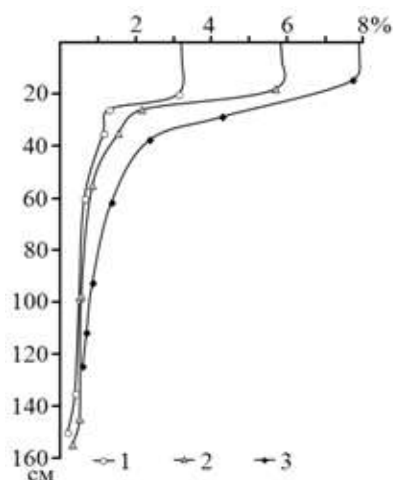


Рисунок 13. Профильное распределение содержания гумуса в светло-серых (1), серых (2) и темно-серых (3) почвах

гумуса в почве, то есть сильное обогащение гумусом верхней маломощной части профиля и резкое обеднение минеральной толщи свойственен всем лесным почвам и может быть назван лесным типом накопления в почве органического вещества (Пономарева, 1975; Багнавец, 1988).

Статистически значимые различия в профильном распределении гумуса светло-серых и серых лесных почв имеются только в их гумусовом горизонте. Вниз по профилю они достоверно не отличаются.

Содержание гумуса в темно-серых почвах достоверно отличается от такового в серых лесных до горизонта ВС (таблица 6).

Важную роль в формировании гумусового профиля серых лесных почв играет миграция органического вещества. Структурные отдельности иллювиальных горизонтов покрыты перегнойными веществами в виде гумусовых кутан, которые проникают на всю глубину профиля. Это связано с трещиноватостью профиля, которая характерна для средне-, тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почв. Вертикальные трещины, доходящие до материнской породы, служат транзитной системой для миграции гумусовых веществ из верхних горизонтов почв вниз по трещинам механическим выносом и в виде коллоидных растворов (Чендев, 2011; Русанов, 2009; Степанов, 2008; Шендриков, 1934). По мнению В.В. Пономаревой (1980), эти гумусовые затеки свидетельствуют о высокой степени дисперсности гумуса и, следовательно, о высокой миграционной способности. О.Г. Растворова с соавторами (1991), изучавшие генезис серых лесных почв лесостепи полевым моделированием почвообразующих макропроцессов, пришли к выводу, что перемещение готовых гуминовых кислот вниз по профилю представляется

маловероятным и не может играть решающей роли при формировании гумуса иллювиального горизонта. Образование темноокрашенного горизонта В1 обусловлено особым характером превращения поступающих в этот горизонт разнообразных органических веществ и их гумификацией на месте.

Таблица 6

Достоверные различия в профильном распределении некоторых свойств серых лесных почв (значимые различия выделены жирным шрифтом).

Горизонт	Содержание гумуса			Сумма обменных оснований			рН водный		
	Светло-серые (n=29)	Серые (n=29)	Темно-серые (n=34)	Светло-серые (n=29)	Серые (n=24)	Темно-серые (n=32)	Светло-серые (n=25)	Серые (n=33)	Темно-серые (n=33)
A1	$p=6,54 \cdot 10^{-11}$			$p=3,05 \cdot 10^{-9}$			$t_{ст}=1,85$ $t_{кр}=2,67$		
		$p=0,00$			$p=0,00$			$t_{ст}=2,70$ $t_{кр}=2,65$	
A1A2	$t_{ст}=2,89$ $t_{кр}=2,90$		-	$t_{ст}=3,22$ $t_{кр}=3,05$		-	$t_{ст}=0,93$ $t_{кр}=3,11$		-
BA2	$p=0,15$			$t_{ст}=3,95$ $t_{кр}=2,73$			$p=0,05$		
		$p=0,00$			$t_{ст}=5,98$ $t_{кр}=2,70$			$p=0,00$	
B1	$t_{ст}=2,52$ $t_{кр}=2,69$			$t_{ст}=3,58$ $t_{кр}=2,71$			$p=0,45$		
		$p=0,00$			$p=0,04$			$p=0,00$	
B2	$t_{ст}=0,73$ $t_{кр}=2,74$			$p=0,00$			$t_{ст}=1,27$ $t_{кр}=2,81$		
		$t_{ст}=5,40$ $t_{кр}=2,69$			$p=0,16$			$t_{ст}=6,99$ $t_{кр}=2,06$	
BC	$t_{ст}=1,68$ $t_{кр}=2,95$			$t_{ст}=5,19$ $t_{кр}=2,88$			$p=0,96$		
		$t_{ст}=2,25$ $t_{кр}=2,89$			$t_{ст}=2,26$ $t_{кр}=2,86$			$p=0,00$	
C	$p=0,22$			$t_{ст}=3,62$ $t_{кр}=2,94$			$p=0,61$		
		$t_{ст}=2,23$ $t_{кр}=3,25$			$t_{ст}=2,56$ $t_{кр}=2,95$			$p=0,00$	

На бескарбонатных почвообразующих отложениях вниз по профилю наблюдается постепенное уменьшение гумусовых затеков. В переходном горизонте к материнской породе в местах локализации карбонатов морфологически наблюдается увеличение гумусовых затеков на поверхности структурных отдельностей (рисунок 14). Карбонаты служат почвенно-геохимическим барьером, тормозящим вынос минеральных, гумусовых и органоминеральных продуктов почвообразования. Вероятно, это связано с осаждением как коллоидных растворов, так и механически вынесенных гумусовых веществ по транзитным трещинам. О возможности перехода гуминовых кислот в фульвокислоты и обратно вследствие изменения их

коллоидно-химического состояния говорят исследования В. Мистерского и В. Логинова (1959), Т.А. Николаевой (1959), М.М. Кононовой (1963), заметивших превращение представителей одной группы в другую физико-химическим путем.



Рисунок 14. Обильные гумусовые затеки в переходном горизонте к карбонатной почвообразующей породе

Ионы кальция, содержащиеся в больших количествах, могут вызывать разложение глинисто-органических комплексов, что сопровождается появлением нерастворимости и выпадением компонентов. Коагуляция некоторых диспергированных железо-органических и алюминий-органических

комплексов возникает по причине достижения в глубоких горизонтах изoeлектрического pH амфотерных коллоидов (Дюшофур, 1970).

В образовании свежего органического вещества важную роль играют содержание азота, воднорастворимых веществ и оснований. Содержание азота и воднорастворимых веществ зависит от видового состава растительности. Содержание кальция и оснований – результат взаимодействия «растение – среда» (Дюшофур, 1970). Исследования М. Kabrick John с соавторами (2011) указывают, что глубина залегания карбонатных пород и их литология являются наиболее важными факторами концентрации кальция и магния в лесных почвах нагорьях Озарка в центральной части США. Другие факторы, такие как тип материнской породы, растительность и экспозиция склона имеют второстепенное значение. Кальций активизирует минерализацию свежего органического вещества и благоприятствует полимеризации полифенолов, следовательно, гумификации. Образующиеся при этом гуминовые кислоты с крупными молекулами флокулируют в присутствии кальция и образуют устойчивые

органоминеральные комплексы, минерализация которых замедляется (Дюшофур, 1970).

Многочисленными исследованиями различных авторов (Тюрин, 1937, 1965; Кононова, 1937; Туев, 1984) доказан факт положительного действия кальция на разложение свежих растительных остатков, что главным образом связано с повышением pH почвы. Установлено также, что обменный кальций способствует сохранению гумусовых веществ в виде гуматов кальция и других более сложных органоминеральных соединений (Кононова, 1963; Бакина, 2011; Пономарева, 1980; Дюшофур, 1970; Костюкевич, 1990; Рейнтам, 1974).

Между содержанием гумуса и обменным кальцием наблюдается сильная корреляционная связь ($r=0,8$, $p=0,000$, $n=70$). Для описания линейной зависимости был проведен регрессионный анализ (таблица 7).

Таблица 7

Результаты регрессионного анализа ($\alpha=1\%$)

b_{yx}	S_b	t_b	d_{yx}	S_{yx}
0,16	0,02	10,32	60.5	1,40

Примечание: b_{yx} – коэффициент регрессии, S_b – ошибка коэффициента регрессии, t_b – критерий значимости коэффициента регрессии, d_{yx} – коэффициент детерминации, S_{yx} – ошибка регрессии.

По результатам регрессионного анализа видно, что увеличение содержания обменного кальция на 10 ммоль/100 г почвы приводит к увеличению содержания гумуса на 1,6%, т.е. образованный при выветривании свободный кальций тормозит потерю органического вещества и положительно сказывается на структурообразовании. Судя по коэффициенту детерминации, приблизительно 61% изменения содержания гумуса обусловлен изменениями в содержании обменного кальция в почве. Регрессионная зависимость описывается уравнением:

$$Y = 1,95 + 0,16 X, \text{ где}$$

x – содержание обменного кальция, ммоль/100гр;

y – содержание гумуса, %.

Сумма обменных оснований в гумусовом горизонте светло-серых почв не более 20 ммоль/100гр, серых лесных - не более 35 ммоль/100гр (таблица 5). Профильное распределение обменных оснований показывает минимальное их содержание в опесчаненном горизонте A1A2, максимальное – в гор. В, которое связано с адсорбцией оснований, вынесенных из вышележащих горизонтов на поверхность глинистых частиц (рисунок 15).

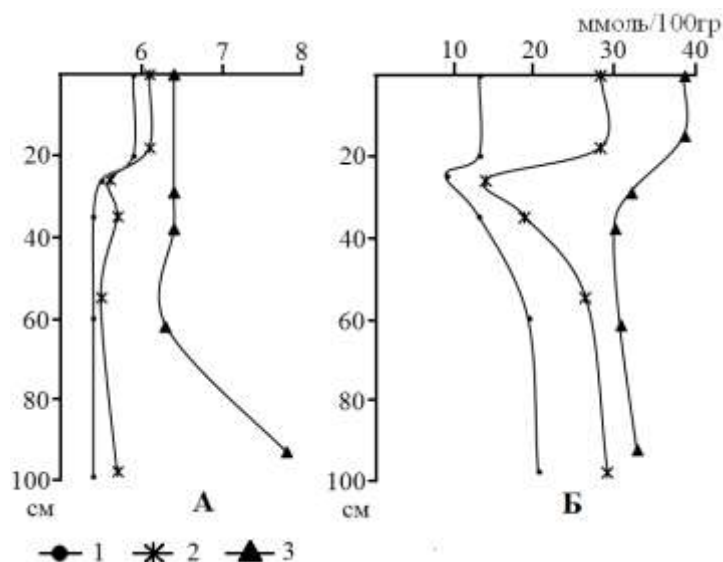


Рисунок 15. Профильное распределение pH водной вытяжки (А) и суммы обменных оснований (Б) в подтипах: 1-светло-серые, 2-серые, 3-темно-серые.

В темно-серых лесных почвах максимальное содержание обменных оснований отмечается в гумусовом горизонте, что связано с биологической фиксацией. Дифференциация их по профилю выражена слабо (рисунок 15). Достоверные обособления отдельных горизонтов в составе подтипов по содержанию обменных оснований представлены в таблице 6.

Реакция среды по профилю большинства представителей светло-серых и серых лесных почв слабокислая и кислая (рисунок 15) достоверно не различается (таблица 6). В случае формирования их на карбонатных породах пермской системы в горизонте ВС и С кислотность смещается в сторону щелочной. Реакция среды почвенного профиля темно-серых лесных почв близка к нейтральной, в нижней части профиля на залегания карбонатов реакция щелочная (рисунок 15). Достоверные различия по значению pH между темно-серыми и серыми лесными почвами наблюдаются по всему профилю (таблица 6).

4.6. Использование численных методов классификации для идентификации таксонов серых лесных почв

На первом этапе исследования классификационной структуры серых лесных почв (n=82) многомерными статистическими методами провели кластеризацию методом k-

средних, задав 3 кластера с числом интерпретаций равным 10. Начальные центры классов задали через одинаковые интервалы в ранжированном ряду. Метод k-средних производится с помощью дисперсионного анализа и состоит в изменении принадлежности объектов к кластерам так, чтобы изменчивость внутри кластеров сделать минимальной, а изменчивость между кластерами – максимальной (Мешалкина, 2008). В качестве переменных, для которых был проведен анализ, были выбраны свойства: содержание гумуса, сумма обменных оснований, илистых фракций и физической глины, pH водный гумусового горизонта.

Из данных таблицы 8 видно, что нулевая гипотеза о равенстве средних по выделенным кластерам отвергается, так как уровень значимости для всех почвенных свойств меньше 0,05.

Таблица 8

Результаты дисперсионного анализа

Признаки	Сумма квадратов между классами	df	Общая сумма квадратов внутри классов	df	F	p
Мощность	1854,54	2	1475,95	77	48,38	0,0000
pH	2,01	2	21,29	77	3,63	0,0311
Гумус	262,35	2	109,75	77	92,04	0,0000
Сумма обменных оснований	7643,72	2	2391,35	77	123,06	0,0000
Фракция <0.001мм	3669,14	2	1403,27	77	100,67	0,0000
Фракция <0.01мм	6049,23	2	3102,42	77	75,07	0,0000

Примечание. df – число степеней свободы, F – значение F-статистики, p – уровень значимости

Влияние каждого свойства на степень сходства горизонтов иллюстрирует дендрограмма, построенная по 6 свойствам гумусового горизонта: мощность, содержание гумуса, сумма обменных оснований, илистой фракции, физической глины, pH водной вытяжки. Дендрограмма рассчитывалась методом Уорда (Варда) с использованием Евклидова расстояния (Мешалкина, 2008). На уровне сходства 80% выделились темно-серые почвы, тогда как в одну группу объединяются гумусовые горизонты светло-серых и серых лесных почв, внутригрупповое сходство которых -60% (рисунок 16).

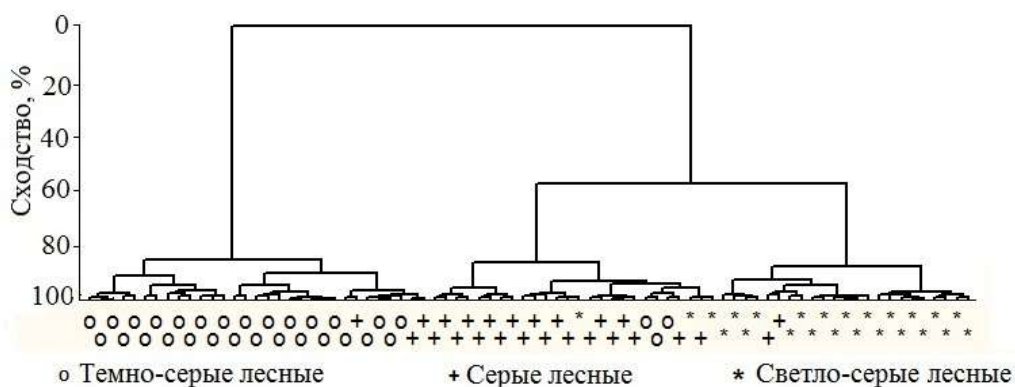


Рисунок 16. Дендрограмма сходства гумусовых горизонтов серых лесных почв построенная с использованием числовых значений 6 почвенных свойств (содержание гумуса, обменных оснований, илистой фракции, физической глины, рН водный и мощность гумусового горизонта).

Для статистической верификации суммарной вариации наиболее информативных показателей использовался метод главных компонент (ГК). Первая ГК наиболее сильно коррелирует со значениями суммы обменных оснований, содержанием гумуса и физической глины в гумусовом горизонте и описывает 72% общей дисперсии признаков (таблица 9). Увеличение числа используемых признаков приводит к снижению дисперсии. Вторая ГК коррелирует с мощностью гумусового горизонта и описывает 17% дисперсии.

Таблица 9

Факторные координаты переменных на основе корреляций

Переменные	ГК1	ГК2
Содержание гумуса	-0,8938	-0,2591
Мощность гумусового горизонта	-0,6726	0,7343
Содержание илистой фракции	-0,8722	-0,0179
Сумма обменных оснований	-0,9160	0,2252

Разброс свойств гумусового горизонта серых лесных почв вдоль компонент представлен на рисунке 17. Вдоль области ГК1 (по комплексу свойств) подтип серых лесных почв занимает промежуточное положение, сочетая в себе как свойства светло-серых, так и особенности темно-серых лесных почв.

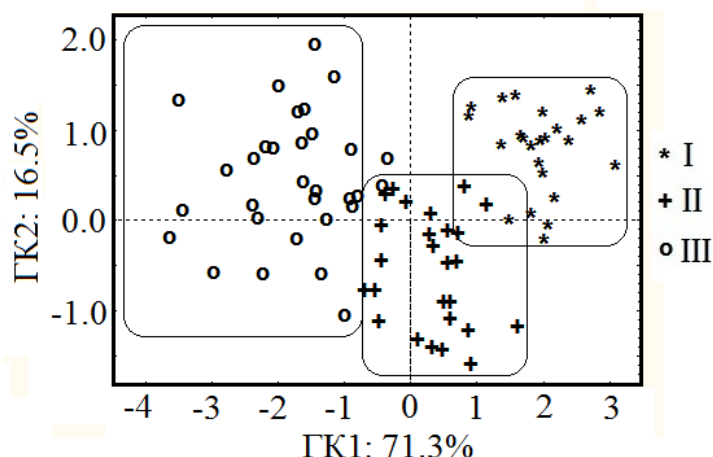


Рисунок 17. Визуализация подтиповых свойств гумусового горизонта серых лесных почв в факторной плоскости GK1 (содержание обменных оснований, гумуса и физической глины) и GK2 (мощность гумусового горизонта): I – светло-серые лесные, II – серые лесные, III – темно-серые лесные

Основная часть серых лесных почв находится в положительной области факторной плоскости GK1 ближе к светло-серым лесным подтипам. Они имеют близкое с ними морфологическое строение, но отличаются количественной основой рассматриваемых признаков гумусового горизонта. Близкое расположение в отрицательной области с темно-серыми лесными почвами связано

с формированием их на более тяжелых почвообразующих отложениях по сравнению с большинством представителей серых лесных почв. Характеризуются повышенным содержанием гумуса (7,03 – 7,80 %) и обменных оснований (27 – 35 ммоль/100гр). Основным препятствием к отнесению их в состав темно-серых лесных почв является малая мощность горизонта A1 (от 14 до 18 см) и наличие горизонта A1A2 с обильной белесой присыпкой.

Различия в свойствах горизонта BA2 светло-серых и серых лесных и горизонта AB темно-серых лесных показаны в рисунке 18. GK1 коррелирует с содержанием обменных оснований, илистой фракцией, pH водной вытяжки и описывает 63% дисперсии. GK2 коррелирует с содержанием гумуса, описывая 19% дисперсии. В положительной области GK1 группируются свойства горизонта BA2 светло-серых и серых лесных почв. На факторной плоскости GK1 отчетливо обособляются свойства горизонта AB темно-серых лесных почв. Различия в нижележащих горизонтах менее выраженные, что связано с литологией почвообразующих отложений.

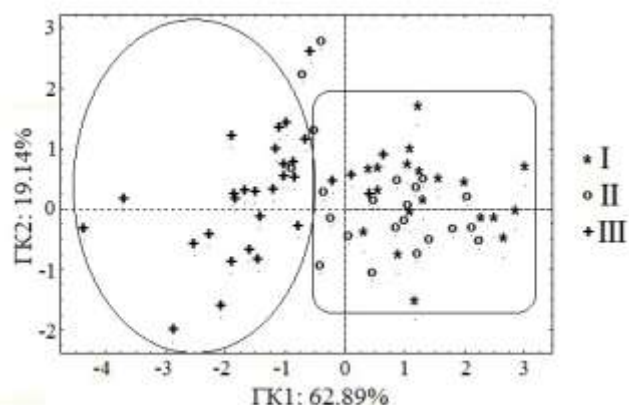


Рисунок 18. Расположение подтиповых свойств горизонта BA2 светло-серых и серых и горизонта АВ темно-серых лесных почв в факторной плоскости ГК1 (содержание обменных оснований, илистой фракцией, pH водный) и ГК2 (содержание гумуса): I – светло-серые лесные, II – серые лесные, III – темно-серые

Близость морфологического строения, дифференциации профиля, отсутствие статистических различий профильного распределения мелкодисперсных частиц, гумуса, pH, а также близкое расположение на факторной плоскости суммарной вариации почвенных свойств поверхностных горизонтов позволяет объединить светло-серые и серые лесные почвы в тип серые почвы и рассмотреть совокупность по классификации 2004 г. (Классификация,

2004). Значимые количественные различия некоторых свойств в гумусовом горизонте связаны с особенностями почвообразующих пород, которые определяют интенсивность процессов почвообразования.

В таблице 10 приведены данные статистической обработки мощностей горизонтов профиля типов серых и темно-серых почв.

Таблица 10

Статистические показатели строения морфологического профиля виртуального образа серых и темно-серых почв (глубины залегания нижних границ горизонтов)

Горизонт	M	Min	Max	S	V %
1	2	3	4	5	6
Серые (n=61)					
AY	20*	10	26	4,1	6,0**
AEL	25*	18	40	5,7	5,0**
BEL	35	20	48	5,97	16,8
BTt	58*	36	76	10,18	15,0**
BT	98	58	124	14,97	15,2
BC (BD)	139	110	164	16,23	11,7
Темно-серая (n=30)					

1	2	3	4	5	6
AU	29	20	38	5,21	18,0
BEL	38*	31	57	7,24	13,0**
BT	62	47	77	7,98	12,9
BT	93	70	116	12,17	13,0
BC	112	80	145	24,23	21,7

Примечание. M – среднее арифметическое, S – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации, n – количество наблюдений. Для непараметрических данных используется медиана - * и межквартильный размах - **

Путем обобщения данных морфологического строения профиля выделенных подтипов и статистической обработки нижних границ их горизонтов созданы виртуальные образы серых и темно-серых почв Волжско-Камской лесостепи (рисунок 19). Виртуальный образ профиля серых почв, полученный путем

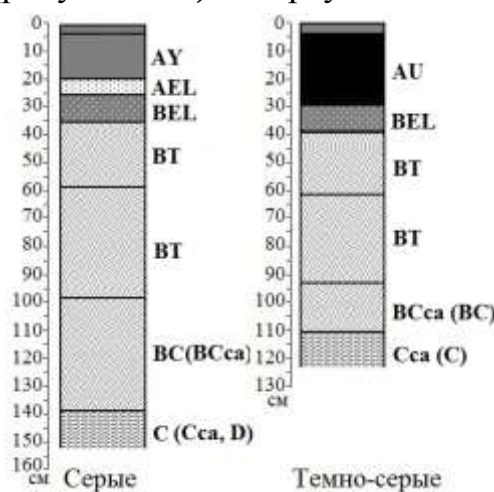


Рисунок 19. Виртуальный образ серых и темно-серых почв

объединения светло-серых и серых лесных почв, изменился незначительно (по сравнению с образом светло-серых и серых почв, изображенным на рисунке 6). Достоверные различия в типах серых и темно-серых почв обнаружались в содержании гумуса ($p=9,47 \cdot 10^{-12}$), обменных оснований ($p=6,65 \cdot 10^{-10}$), содержании илистой фракции ($p=0,000$), содержании глинистой фракции ($p=2,03 \cdot 10^{-9}$) в

верхних 20 см. Дополнительно после объединения в кислотности ($t_{\text{ст}}=3,91$ $t_{\text{кр}}=2,63$) и мощности гумусового горизонта ($p=0,000$), а также в мощности выщелоченной толщи (до горизонта C) ($p=0,0035$) и запасе гумуса в метровой толщ (т/га) ($t_{\text{ст}}=4,89$ $t_{\text{кр}}=2,98$).

Для численной классификации гумусового горизонта серых лесных почв 1977г. и 2004 г. использовался дискриминантный анализ. По классификации 1977 г. имеются две значимые дискриминантные функции (ДФ). Первая ДФ ответственна за 86% дисперсии и коррелирует с содержанием гумуса ($p=0,00$), обменными основаниями ($p=0,00$), мощностью гумусового горизонта ($p=0,00$) и физической глиной ($p=0,02$). Вторая ДФ определяет оставшиеся 14% дисперсии и

коррелирует в большей степени с мощностью гумусового горизонта ($p=0,00$) и в меньшей степени с содержанием обменных оснований в гумусовом горизонте ($p=0,00$) (таблица 11).

Таблица 11

Стандартизированные коэффициенты для канонических переменных ($n=87$)

Переменные	ДФ 1	ДФ 2
Содержание гумуса	-0,537	0,096
Мощность гумусового горизонта	-0,360	-0,918
Содержание физической глины	-0,342	-0,036
Содержание обменных оснований	-0,394	0,470
Собственные значения	5,265	0,853
Кумулятивная доля	0,861	1,000

Из данных таблицы 12 можно сделать вывод, что ДФ1 по комплексу свойств отделяет главным образом светло-серые лесные и серые лесные почвы (в положительной области ДФ1) от темно-серых лесных (в отрицательной области ДФ1). ДФ2 разделяет серые лесные почвы, которые содержат высокие значения обменных оснований, но имеют маленькую мощность гумусового горизонта.

Таблица 12

Средние канонических переменных

Группа	ДФ1	ДФ2
Светло-серые лесные	2,885	-0,776
Серые лесные	0,413	1,308
Темно-серые лесные	-2,581	-0,496

Матрица классификации свидетельствует, что светло-серые почвы были правильно классифицированы на 100%, серые лесные почвы на 96% и темно-серые лесные на 94%. Функции классификации имеют вид:

$$S_1 = -0,04x_1 + 0,64x_2 + 2,26x_3 + 1,00x_4 - 24,43$$

$$S_2 = 0,30x_1 + 0,75x_2 + 3,60x_3 + 0,75x_4 - 37,80$$

$$S_3 = 0,35x_1 + 0,90x_2 + 4,87x_3 + 1,42x_4 - 69,81,$$

где S_1 —совокупность светло-серых лесных почв, S_2 —совокупность серых лесных почв, S_3 —совокупность темно-серых лесных почв; x_1 —сумма обменных оснований, x_2 —содержание физической глины, x_3 —содержание гумуса, x_4 —мощность гумусового горизонта.

Результаты анализа дискриминантной функции по классификации 2004 года показывают уменьшение достоверных переменных, которые позволяют проводить дискриминацию между типами серых и темно-серых почв. Так как сравнение происходит между двумя типами, то имеется только одна ДФ, которая коррелирует с мощностью гумусового горизонта ($p=0,00$), содержанием гумуса ($p=0,00$) и физической глины ($p=0,02$), определяя 100% дисперсию (таблица 13). Уменьшение количества достоверных переменных вероятно связано с тем, что дискриминантный анализ учитывает не только величину и варьирование каждого свойства, но и их взаимосвязь между собой.

Таблица 13

Стандартизированные коэффициенты для канонических переменных (n=87)

Переменные	ДФ 1
Содержание гумуса	-0,603
Мощность гумусового горизонта	-0,786
Содержание физической глины	-0,320
Собственные значения	3,355
Кумулятивная доля	1,000

Матрица классификации показывает, что серые почвы были правильно классифицированы на 100%, темно-серые на 97%. Функции классификации:

$$S_4 = 1,02x_1 + 1,69x_2 + 0,49x_3 - 22,51$$

$$S_5 = 1,68x_1 + 3,13x_2 + 0,63x_3 - 52,87,$$

где S_4 —совокупность серых почв, S_5 —совокупность темно-серых почв; x_1 —мощность гумусового горизонта, x_2 —содержание гумуса, x_3 —содержание физической глины в гумусовом горизонте.

5. Размещение реальных представителей виртуальных образов таксонов в системе географических ландшафтов (на примере Янтыковского леса)

5.1. Профиль, секущий Янтыковский лес

Неоднородность почвенного покрова – одно из его фундаментальных свойств, обусловленное природной неоднородностью факторов почвообразования. Климатические и физико-географические различия на земной поверхности обуславливают зональную, фациальную, провинциальную неоднородности почвенного покрова (Годельман, 1991).

Смена материнских пород вызывает чередование разных родов почв (по новой классификации разрядов почв 2004 г.) и приводит иногда к разной скорости почвообразовательного процесса. Все известные типы почв не являются независимыми единицами, не связанными между собой, их географическое положение дает информацию о почвенно-генетических взаимосвязях, активнодействующих при формировании почвенного покрова и влияющих на современное функционирование почв. Существенное влияние на структуру почвенного покрова оказывает рельеф, перераспределяющий воздействие других факторов на почву (Кинг, 1994; Карпачевский, 1968).

В пределах исследуемой территории за исключением северо-восточной заволжской геоморфологической провинции, где господствуют древние аллювиальные отложения рек Волги и Камы, повсеместно распространены остаточные и переотложенные продукты выветривания верхнепермских и мезозойских мергелей и известняков суглинистого и глинистого гранулометрического состава. Мощность этих продуктов выветривания, в большинстве случаев потерявших непосредственную связь с коренными плотными породами (мергелями и известняками), изменяется в широких пределах.

Для выявления связи строения профиля, свойств почв и факторов почвообразования исследовался типичный для республики элемент ландшафта, в пределах которого формируются серые лесные почвы. Исследуемый участок

Янтыковского леса находится в пределах Лаишевского района РТ на придолинных склонах рек Камы и Меши. На территории были заложены 7 разрезов в направлении от местного водораздела к местному базису эрозии (долина реки Брысса, секущая горизонтали примерно под прямым углом) (рисунок 20).

Формирование естественной серой лесной почвы обусловлено сопряженным протеканием дернового и подзолистого процессов, которое задается зональной биоклиматической обстановкой. Соотношение этих процессов, протекающих на каждом конкретном гипсометрическом уровне склона, подвергается воздействию собственно склоновых процессов, содержание которых на каждом конкретном поясе склона определяется его уклоном, экспозицией и гранулометрическим составом почвообразующего материала.

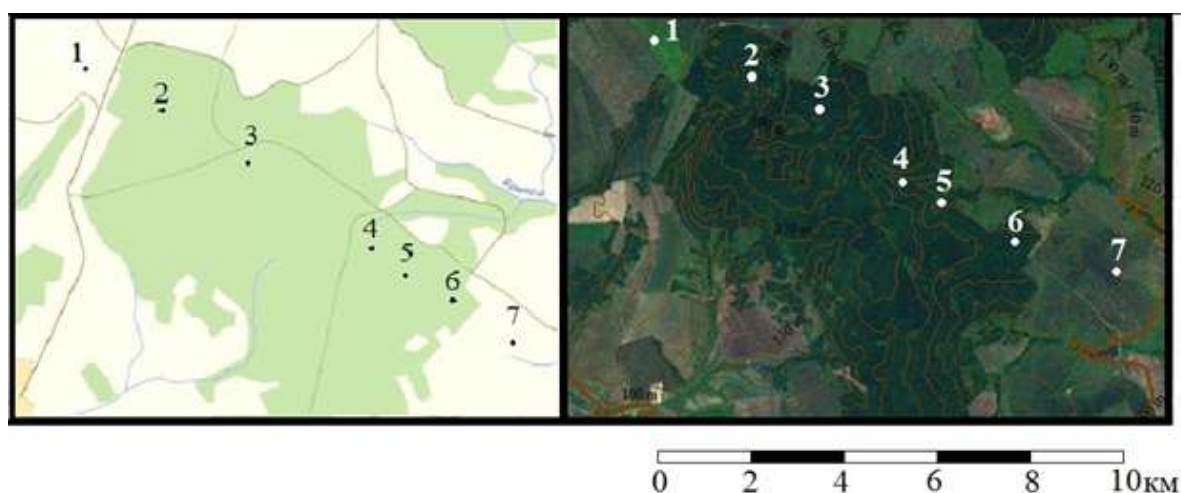


Рисунок 20. Расположение разрезов в профиле ландшафта

Известно, что структура почвенного покрова представляет собой последовательность почв, отличающихся друг от друга. Эти отличия определяются многими факторами, среди которых, как уже отмечалось, одно из ведущих мест принадлежит рельефу.

На рисунке 21 представлен схематический профиль, демонстрирующий топографический разрез исследуемого ландшафта, изображенный с использованием программы Global Mapper 14 предоставляемой в интернете с бесплатным 14-дневным использованием (www.bluemarblegeo.com).

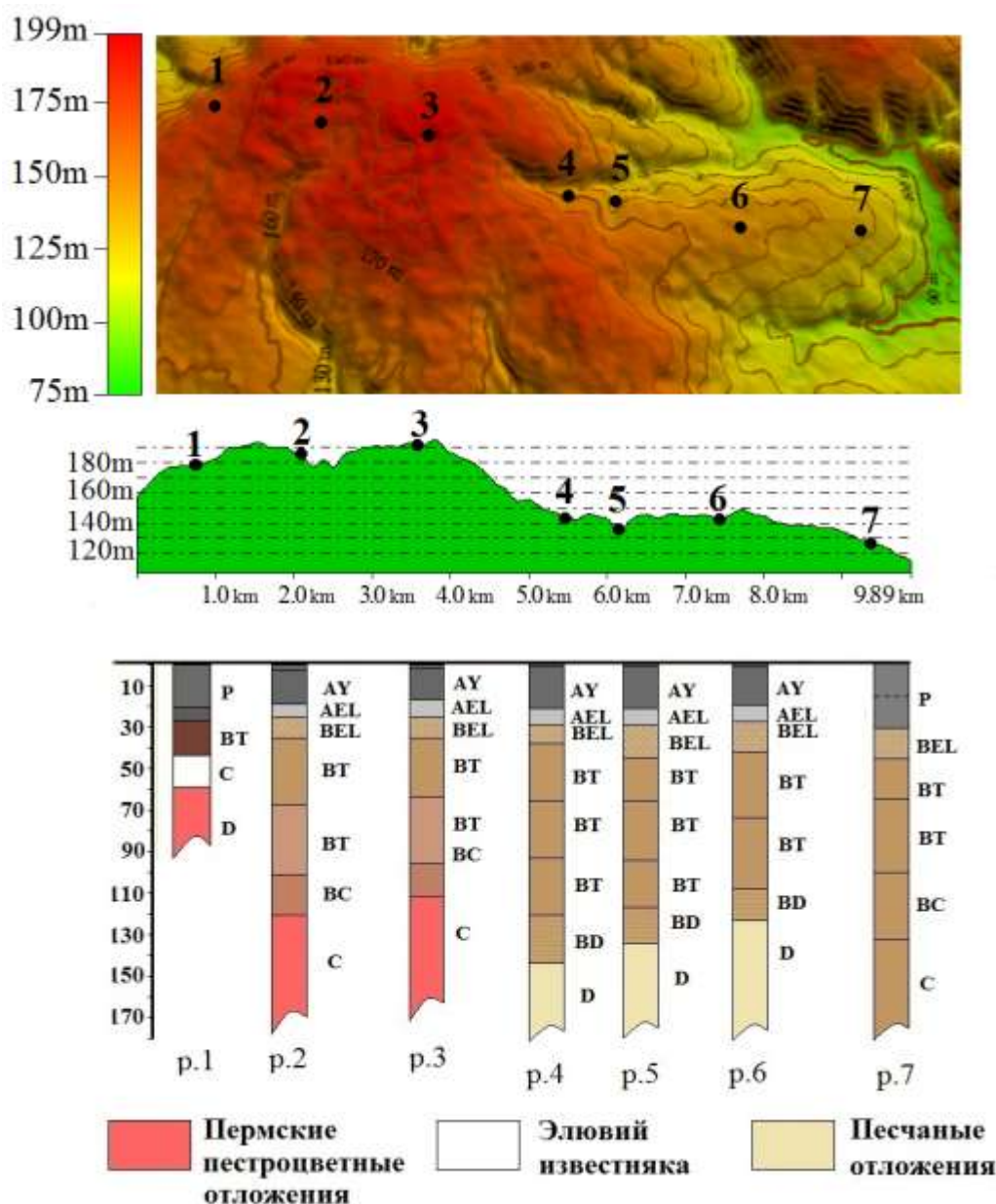


Рисунок 21. Серые лесные почвы в ландшафтном профиле Янтыковского леса

Исследованный участок, располагающийся на окраине водораздельной, примыкающей к борту долины р. Камы, характеризуется близким к поверхности залеганием коренных пород пермской системы Татарского яруса, состав которых представлен чередованием мергелей и известняков. Первый разрез был заложен на СВ склоне водораздельной поверхности ($N55^{\circ}37.326'$; $E49^{\circ}37.035'$, абс. высота 171 м). Паровое поле. Толща почвообразующего отложения, свободная от обломков коренной карбонатной породы, обнаруживается здесь на глубине, начиная от 40 см и может изменяться в пределах от 30 до 80 см. В локальных местах, где эта мощность минимальна, рухляк коренной породы покрыт незначительной по мощности толщей мелкоземисто-щебнистого материала.

Разрез 1 был заложен в месте, где выщелоченная толща отложения обладает мощностью 40-45 см. На остаточных продуктах выветривания коренной породы формируется агротемногумусовая глинисто-иллювирированная почва (рисунок 22).

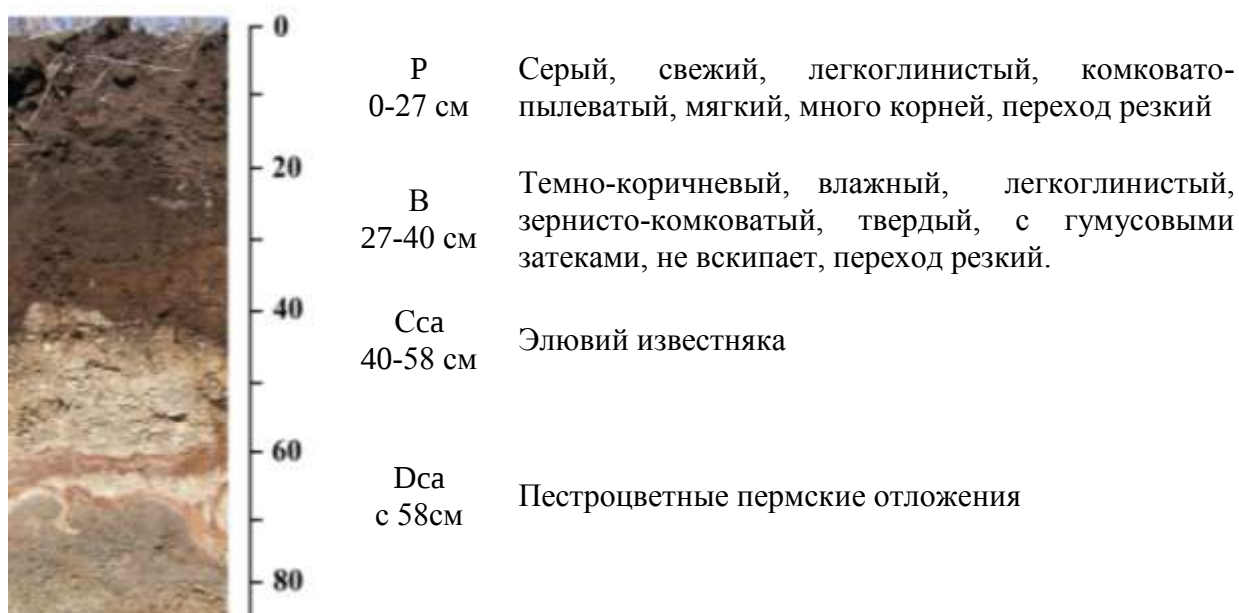


Рисунок 22. Профиль агротемногумусовой глинисто-иллювирированной почвы (разрез 1)

На вершине этой выпуклости (абс. высота 182,4 м и 194,2 м), где мощность остаточных продуктов выветривания коренной породы превышает 80 см, формируются серые почвы, представленные на рисунке 21 разрезами 2 и 3. Местная выпуклость водораздельной поверхности (место образования элювиальных продуктов выветривания) является поставщиком материала, сползающего вниз по склону.

Растительность – липняк снытьевый с дубом, кленом и березой. В подросте встречаются клен и липа. Надпочвенный покров состоит из сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.), орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* L.), купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* L.), ясменника пахучего (*Asperula graveolens* L.), звездчатки лесной (*Stellaria nemorum* L.), яснотки пятнистой (*Lamium maculatum* L.) и герани лесной (*Geranium sylvaticum* L.).

На абсолютной высоте 182,4 м (N55°37.938'; E49°37.481') формируется серая типичная насыщенная мелкая неглубокоосветленная сильно выщелоченная

тяжелосуглинистая почва на пермских отложениях. Строение профиля представлено на рисунке 23.



Рисунок 23. Строение профиля серой почвы (разрез 2)

Средняя часть описываемого ландшафтного профиля приурочена к верхней части борта лощины, дренируемой ручьем. Мощность продуктов выветривания пермских мергелей колеблется в пределах от 100 до 120 см, ниже которых залегают песчаные отложения, по-видимому, того же возраста

Растительность - дубняк снытьевый с липой. В подросте встречаются клен и липа. Надпочвенный покров состоит из сныти обыкновенной (*Aegorodium podagraria* L.), осоки лесной (*Carex sylvatica* L.), лопуха большого (*Arctium lappa* L.), копытня европейского (*Asarum europaeum* L.), купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* L.), герани лесной (*Geranium sylvaticum* L.), крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), гравилата городского (*Geum urbanum* L.), орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* L.).

Здесь на абс. выс. 134,8–146 м (N55°35.168'; E49°43.116') формируются серые типичные насыщенные мелкие неглубокоосветленные сильно

выщелоченные тяжелосуглинистые почвы на делювиальной глине, подстилаемые песчаными отложениями, характеризуемые разрезом 6 (рисунок 24).

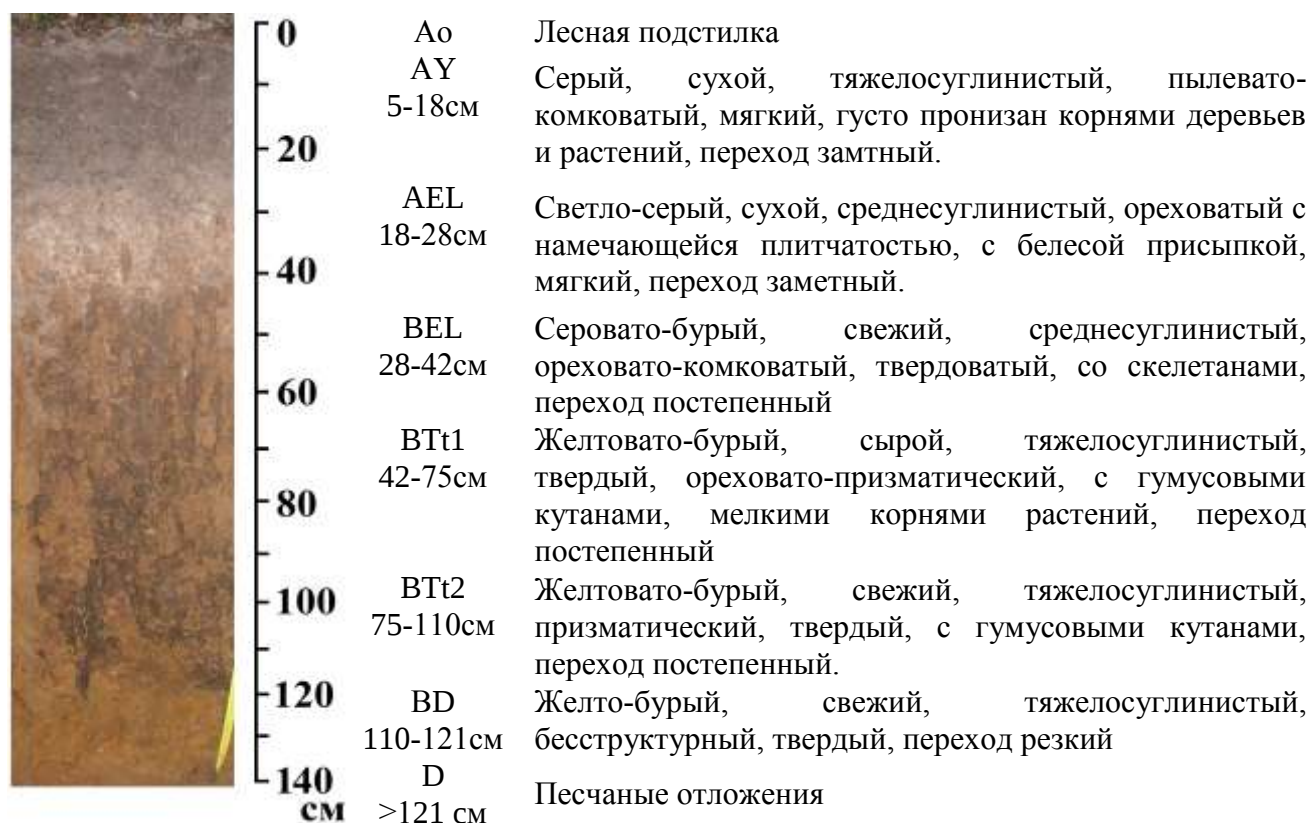


Рисунок 24. Стрoение профиля серой почвы (разрез 6)

Нижняя часть профиля ($N55^{\circ}34.855'$; $E49^{\circ}43.403'$) где аккумулярованы мощные толщи перемещенных продуктов выветривания верхнепермских мергелей, приурочена в «останцовому» элементу сильно расчлененной поверхности верхней части борта долины р. Камы. Этот уплощенный элемент самой краевой зоны водораздельной поверхности распаивается. Агросерая насыщенная среднепахотная сильно выщелоченная тяжелосуглинистая на делювиальной глине почва представлена разрезом 7 на рисунке 25.

Профиль, в пределах которого располагаются описанные почвы, приурочен к окраинной зоне водораздельной поверхности, примыкающей к долине р. Камы и характеризующейся её расчленением долинами притоков 2 и 3 порядков этой реки. Интенсивное эрозионное расчленение этого окраинного участка водораздела стимулирует процессы современного экзогенного преобразования поверхности, составной частью которого является почвообразование. Вследствие этого в пределах него формируются разнообразные почвы.

Разветвленная система ручьев собирает и направляет к р. Каме сток атмосферных осадков. Наклоненность и сильная расчлененность поверхности препятствовали её вовлечению в фонд сельскохозяйственных земель. С точки зрения аграрной отрасли производства Янтыковский лес является типичной неудобницей.



Рисунок 25. Строение профиля агросерой почвы (разрез 7)

Строение профиля серых почв разрезов 2 и 6 изученного участка широколиственного леса отвечает широко распространенным в пределах исследуемого региона представителям. В гумусово-элювиальном горизонте (AEL) в почвах нижней части профиля (разрез 6) наблюдается усиление выраженности признаков лессиважа, который отражается как в обеднении поверхностной части профиля илистой фракцией почти в два раза, так и повсеместными плёнками высокодисперсных частиц, локализующимися на стенках трещин (приложение 1). Профильное перераспределение илистого материала стимулируется увеличением

интенсивности промывания профиля дополнительным поступлением влаги за счет бокового стока.

Сопряженный анализ размещения в топографическом профиле, облика и свойств почв позволяет предполагать, что их формирование совершалось за отрезок времени, выходящий за верхнюю границу голоцена, и что формированием серых и темно-серых почв управляли факторы не только собственно почвообразования, но и экзогенного формирования почвообразующей толщи.

Пространственное колебание современных условий формирования и облика серых почв, исследованного профиля обусловлено топографическим фактором. Геометрия поверхности земли контролирует перемещение воды и мелкозема вниз по склону (Trettin, 1999; Park, 2002). В нижние части склона поступает большее количество атмосферных осадков за счет их перераспределения, и возникает периодический застой атмосферной влаги, что приводит к развитию псевдоглеевого процесса. Избыток влаги усиливает миграционные процессы (большой вынос мелкодисперсных фракций и оснований из профиля серых почв). В результате формируется гумусово-элювиальный горизонт, где наряду с ореховатой структурой появляются непрочно-плитчатые агрегаты.

По литературным данным (Урусевская, 1992; Газизуллин, 1995, 1997; Водяницкий, 2000), почвы, сформированные на элювии пермских глин, содержат повышенное количество валового железа (гематит и гетит, входящие в состав мергелей), что обеспечивает появление в почвах значительных количеств свободных гидроксидов железа, которые затушевывают проявление осветленных горизонтов (Богатырев, 1988; Найруменд, 1990) и обеспечивают появление в гумусово-элювиальном горизонте только кремнеземистой присыпки на поверхности структурных отдельностей (разрез 6).

5.2. Реальные представители центра виртуальных таксонов

Для поиска и выбора виртуального образа в естественных условиях были заложены 15 разрезов естественных почв. Были проанализированы физические и

физико-химические свойства горизонтов. Используя виртуальный образ, в качестве типового стандарта из всех заложенных разрезов естественных почв были выбраны по одному представителю серых (разрез 12) и темно-серых почв (разрез 16) с наиболее сходным морфологическим строением профиля с виртуальным образом.

Реальный представитель эталона серых почв расположен на территории Янтыковского лесного массива, находящегося в Лаишевском районе РТ (N55°36.938'; E49°37.481', абс. высота 182 м) (рисунок 26).

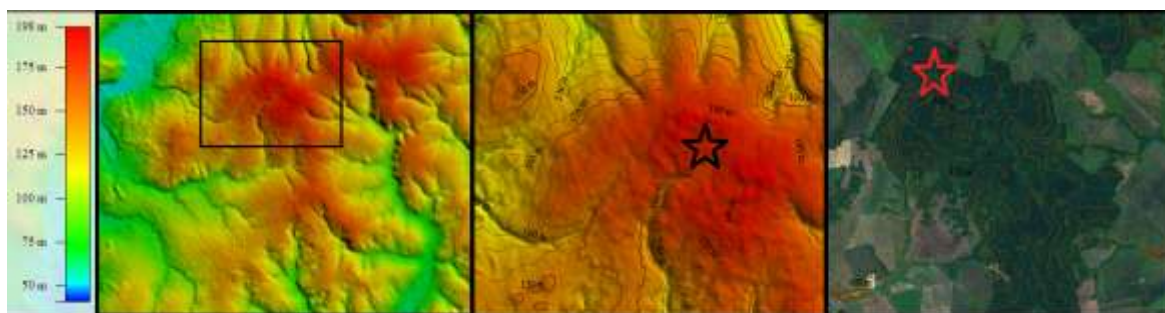


Рисунок 26. Расположение серой почвы (разрез 12)

Растительность – липняк снытьевый с дубом, кленом и березой. В подросте встречаются клен и липа. Надпочвенный покров состоит из сныти обыкновенной (*Aegoropodium podagraria* L.), орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* L.), купены многоцветковой (*Polygonatum multiflorum* L.), ясменника пахучего (*Asperula graveolens* L.), звездчатки лесной (*Stellaria nemorum* L.), яснотки пятнистой (*Lamium maculatum* L.) и герани лесной (*Geranium sylvaticum* L.).

Морфологическое строение профиля серой почвы (разрез 12) представлено на рисунке 27. Залегание нижних границ горизонтов приближается к значениям виртуального образа серой почвы (рисунок 18). Почва серая, типичная, насыщенная, мелкая, неглубокоосветленная, сильно выщелоченная, тяжелосуглинистая, на элювии пермских отложений. Гумусовый горизонт характеризуется средним содержанием гумуса (4,96%) и повышенным содержанием обменных оснований (18,5 ммоль/100 гр). Реакция среды верхнего горизонта среднекислая. В текстурной части профиля реакция среды сильнокислая в основном за счет обменного водорода и алюминия (приложение

4). Оценка токсичности поглощенного алюминия в горизонте BT2 находится в высоком для растений диапазоне. На глубине 40-60 см находится горизонт накопления вымытых из вышележащей толщи веществ, характеризующийся максимальным содержанием тонкодисперсных частиц. Кутаны по мере приближения к карбонатным материнским породам становятся темнее. Локальное вскипание в местах скопления карбонатов отмечается с глубины 107 см.



Рисунок 27. Строение профиля серой почвы (разрез 2)

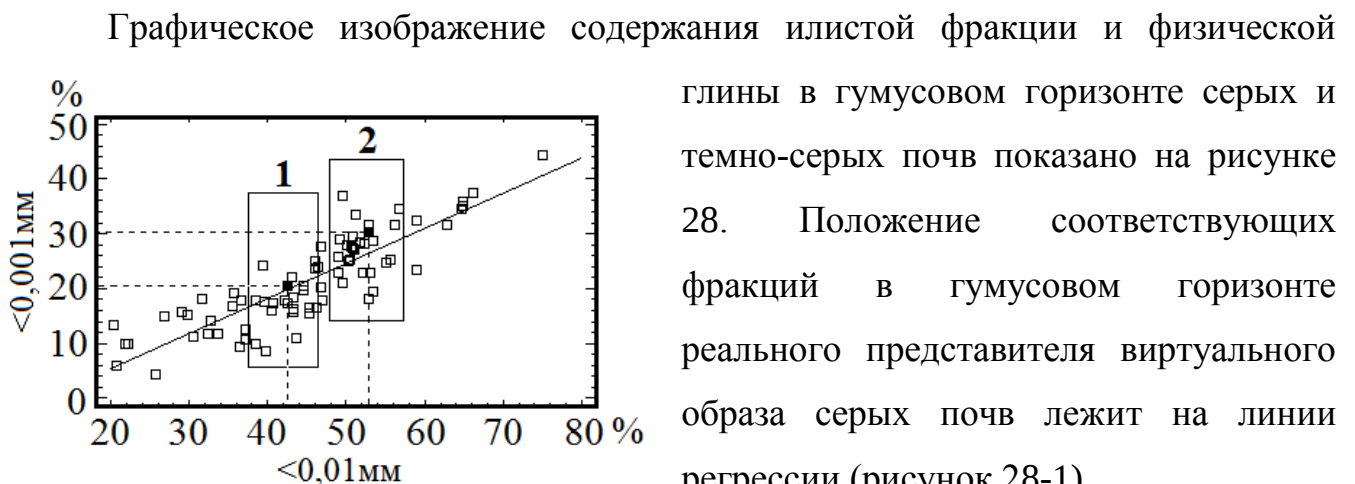


Рисунок 28. Содержания фракций <0,01мм и <0,001мм в гумусовом горизонте

Профильное изменение содержания гумуса, обменных

оснований и актуальной кислотности в реальном представителе находится в близком диапазоне к средним значениям эталона серой почвы (рисунок 29).

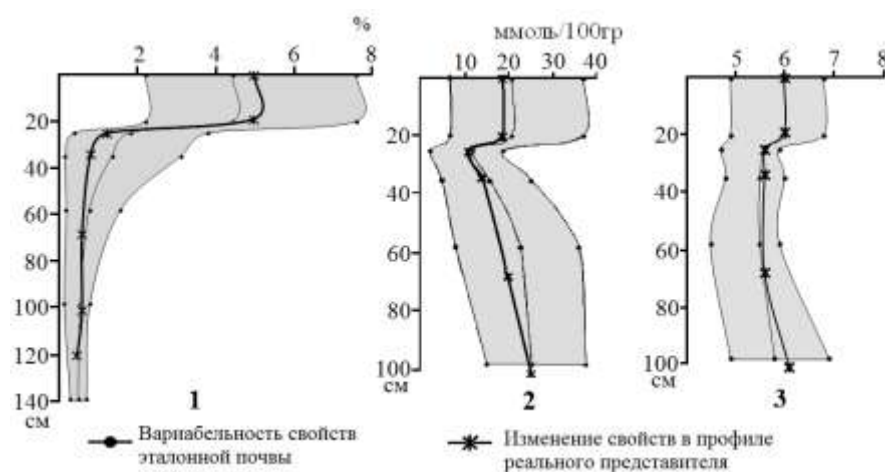


Рисунок 29. Профильное изменение содержания гумуса (1), обменных оснований (2) и рН водной вытяжки (3) в виртуальном образе серой почвы и его реальном

Это позволяет сделать предположение, что наиболее близкое морфологическое строение профиля серой почвы к статистическому образу характеризуется свойствами, приближенными к средним величинам эталона серой почвы.

Представитель образа темно-серых почв (разрез 16) расположен на территории Билярского лесхоза Алексеевского района РТ (N 54°54.584'; E 50°33.985', абс. высота 175 м) (рисунок 30).

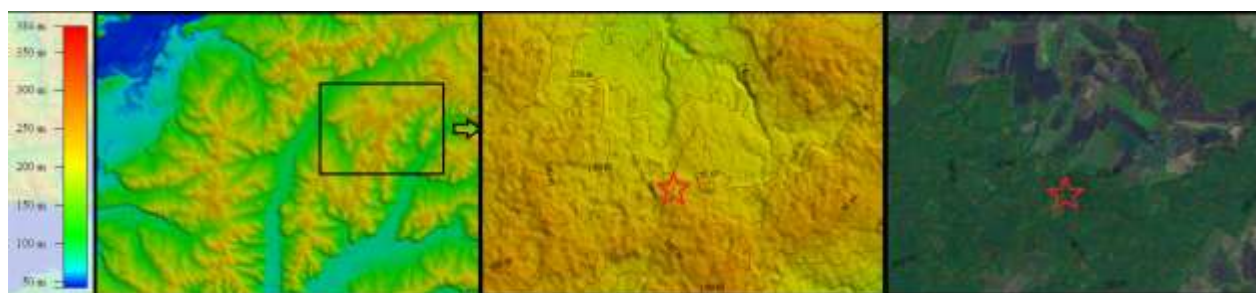


Рисунок 30. Расположение темно-серой почвы (разрез 16).

Растительность представлена липняком с кленом. В подросте встречаются клен, липа и осина. Надпочвенный покров: сныть обыкновенная (*Aegorodium podagraria* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), купена многоцветковая (*Polygonatum multiflorum* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), будра

плющевидная (*Glechoma hederacea* L.), звездчатка лесная (*Stellaria nemorum* L.), чистец лесной (*Stachys sylvatica* L.), борец высокий (*Aconitum septentrionale* L.).

Строение профиля образа темно-серой почвы (разрез 16) изображено на рисунке 31. Почва типичная насыщенная средне мелкая средневещелоченная тяжелосуглинистая на карбонатной глине. Иловато-крупнопылеватый гумусовый горизонт обладает комковато-зернистой структурой, высоким содержанием гумуса (8,5% в верхнем 15 см) и очень высоким содержанием обменных оснований (37,6 ммоль/100гр). Реакция среды верхнего горизонта нейтральная, на глубине 40-80см средне- и сильноокислая (5,6-5,3). На глубине 50-60 см находится горизонт максимального содержания илистой фракции. Кутаны по мере приближения к материнской породе становятся темнее. Локальное вскипание в местах скопления карбонатов отмечается с глубины 72 см.

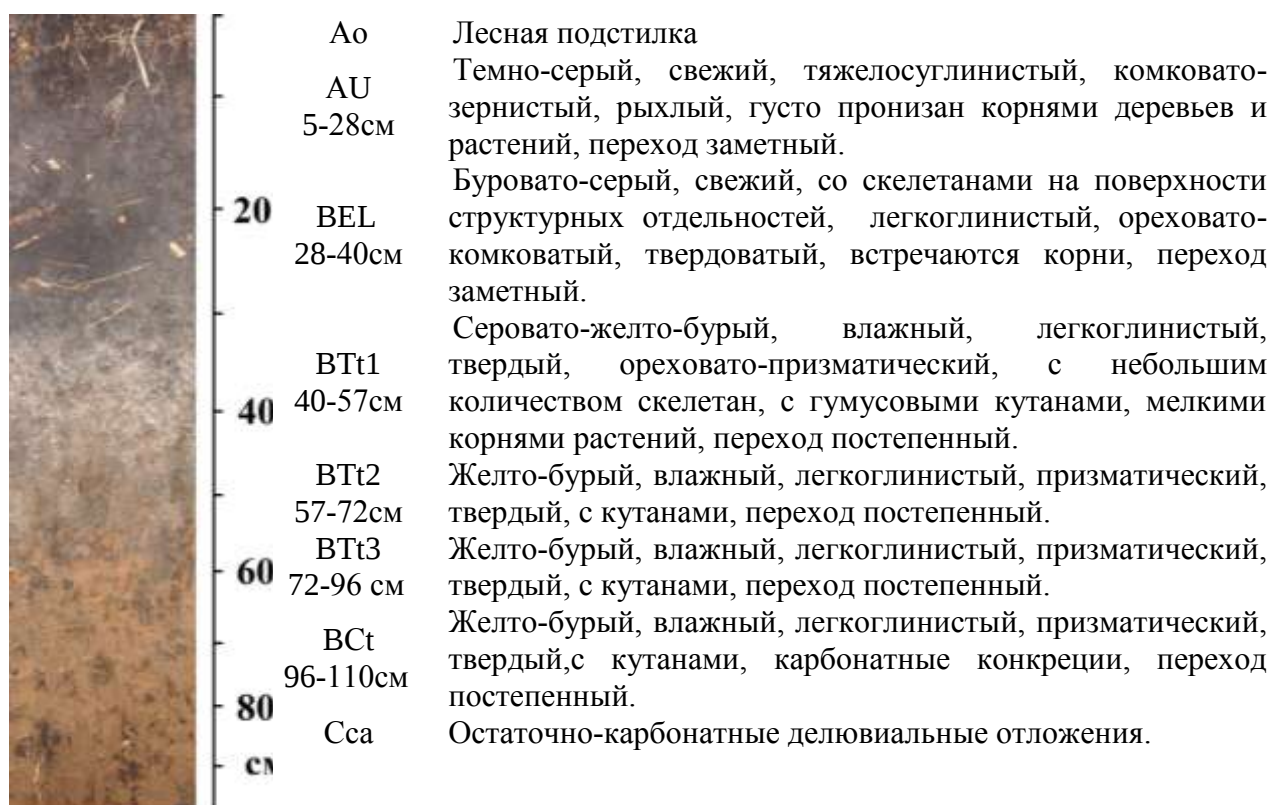


Рисунок 31. Строение профиля образа темно-серой почвы (разрез 16)

Расположение фракций $<0,01$ мм и $<0,001$ мм в гумусовом горизонте реального представителя темно-серой почвы находится близко к прямой регрессии (рисунок 28-2). Профильное изменение содержания гумуса в реальном

представителе близко к средним величинам рассматриваемого свойства в статистическом образе (рисунок 32-1).

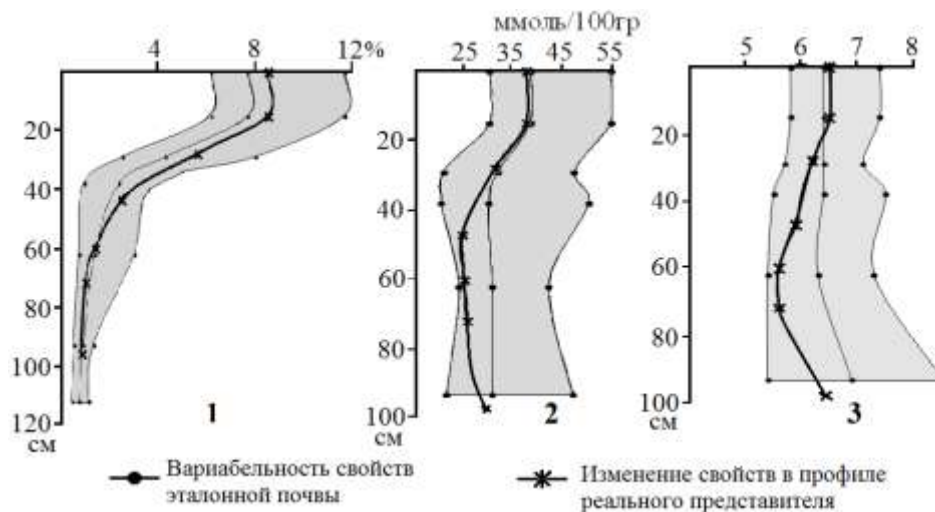


Рисунок 32. Профильное изменение содержания гумуса (1), обменных оснований (2) и pH водной вытяжки (3) в виртуальном образе темно-серой почвы и его реальном представителе

Содержание обменных оснований и величина актуальной кислотности в гумусовом горизонте также сходны со средними значениями образа темно-серой почвы. Однако в субэлювиальном и текстурном горизонтах сумма обменных оснований и кислотность приближается к крайним лимитам. Значения актуальной кислотности численно близки к значениям серой почвы (разрез 12) и обусловлены в основном присутствием обменного водорода в ППК (приложение 4). Вероятно, источниками обменного водорода в темно-серой почве (разрез 16) служат органические кислоты, в серой почве (разрез 12) органические кислоты и глинистые минералы. В горизонтах ВС и С данные свойства приближаются к среднестатистическим величинам.

5.3. Переходные представители

Крайний представитель серой почвы (разрез 2.11), являющийся переходным к дерново-подзолистой, был описан в Лаишевском районе РТ на верхней террасе р. Волги (N 55°42.919'; E 49°10.497' абс. высота 85 м) (рисунок 33). Растительность - липняк с дубом. В подросте встречаются клен и липа. Надпочвенный покров: чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), копытень

европейский (*Asarum europaeum* L.), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* L.), бальзамин обыкновенный (*Impatiens noli-tangere* L.), вероника плющелистная (*Veronica hederifolia* L.), выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.).

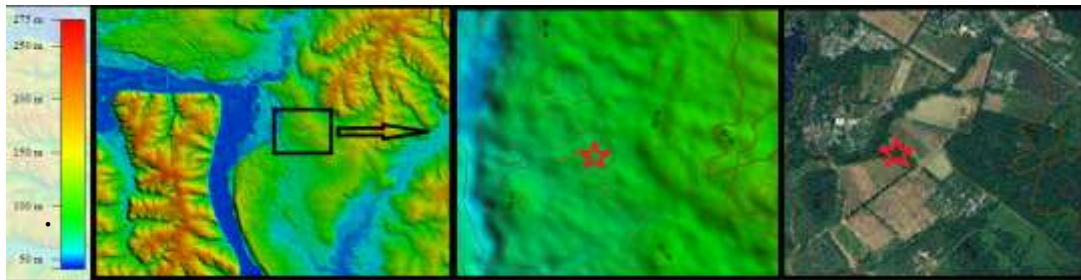


Рисунок 33. Расположение серой почвы (разрез 2.11).

Строение профиля серой почвы (рисунок 34) соответствует максимальным значениям нижних границ залегания горизонтов статистического образа серой почвы (таблица 10). Почва серая типичная ненасыщенная мелкая глубоко осветленная сильно выщелоченная супесчаная на делювиальном суглинке, подстилаемая на глубине 132 см аллювиальными отложениями.

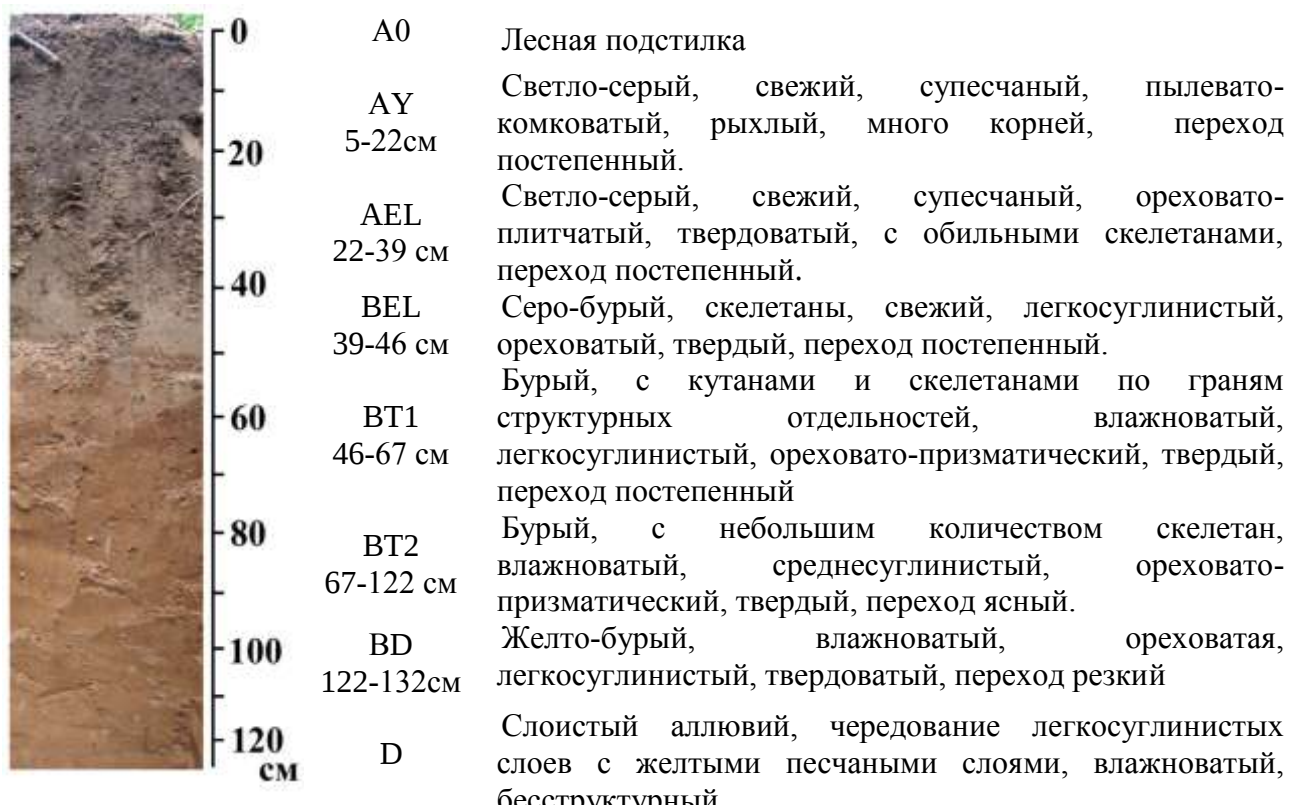


Рисунок 34. Строение профиля серой почвы (разрез 2.11)

Почва характеризуется растянутым гумусовым профилем (до 22 см) с низким содержанием гумуса (2,8 %) и низким содержанием обменных оснований

(9,5 ммоль/100гр) в гумусовом горизонте. Профильное распределение обменных оснований коррелирует с распределением мелкодисперсных фракций, с минимальным значением в гумусово-элювиальном горизонте и с максимальным содержанием в горизонте накопления мелкодисперсных фракция (приложения 1, 3).

На рисунке 35(1) изображены минимальные и средние значения содержания гумуса и обменных оснований по профилю. Максимальные значения не рассматривали в силу отсутствия их необходимости. Рассматриваемые свойства в профиле серой почвы (разрез 2.11) соответствуют с минимальными значениями

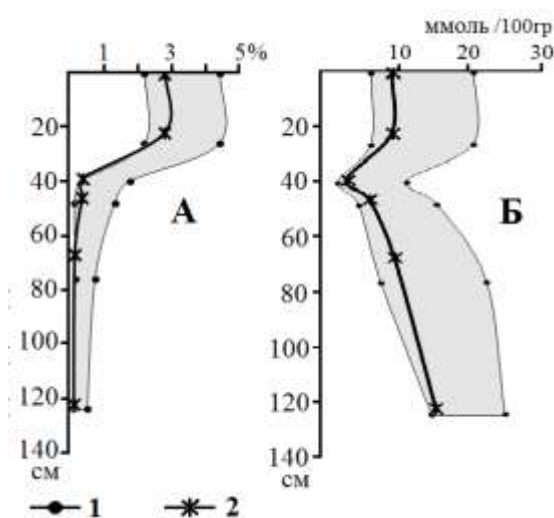


Рисунок 35. Профильное изменение содержания гумуса (А) и обменных оснований (Б) в виртуальном образе (1) и реальном представителе серой почвы (2)

эталона, что характеризует их как крайних представителей не только по морфологическому строению, а также и по свойствам.

Кислотность верхних горизонтов слабокислая, нижних горизонтов очень сильнокислая, обусловленная присутствия H^+ и Al^{3+} в почвенном комплексе. В текстурной части профиля в пространстве между трещинами обнаруживаются скелетаны.

Крайний представитель темно-серой почвы, являющийся переходным к чернозему, был описан на территории Тархановского лесхоза Тетюшского района юго-западной части РТ (N 54°40.918'; E48°31.272', абс. высота 123м) (рисунок 36).

Растительность - липняк с участием дуба. В подросте встречаются клен, липа. Надпочвенный покров: сныть обыкновенная (*Aegorodium podagraria* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), купена многоцветковая (*Polygonatum multiflorum* L.), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostera* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.), чистотел большой (*Chelidonium majus* L.), бальзамин лесной (*Impatiens noli-tangere* L.).

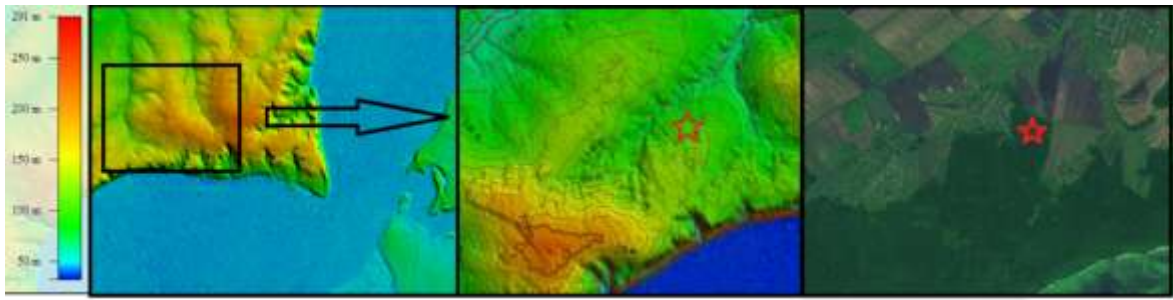


Рисунок 36. Расположение темно-серой почвы (разрез 21)

Морфологическое строение профиля темно-серой почвы (разрез 21) представлено на рисунке 37 и соответствует максимальным значениям нижних границ залегания горизонтов статистического образа темно-серой почвы (таблица 10).

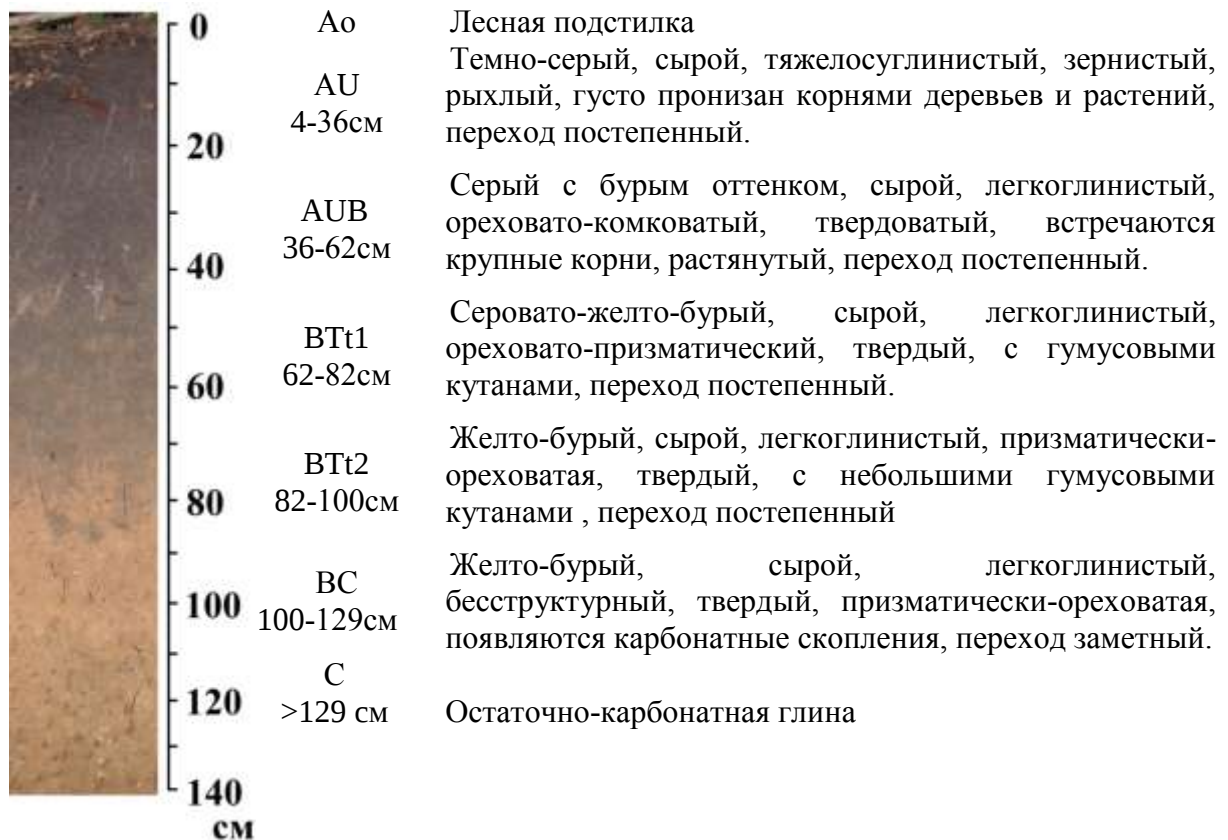


Рисунок 37. Профиль темно-серой почвы (разрез 21)

Почва темно-серая типичная насыщенная маломощная глубоко выщелоченная тяжелосуглинистая на карбонатной глине. Почва формируется на остаточно-карбонатной легкоглинистой почвообразующей породе. Характерной особенностью морфологического строения профиля является постепенный переход темно-серых тонов верхней части в желто-бурый тон нижней части профиля. Гумусовый горизонт (36 см) обладает хорошо выраженной

мелкокомковато-зернистой структурой, иловато-крупнопылеватым гранулометрическим составом с высоким содержанием гумуса (9,8%) и емкостью катионного обмена (64,7%) (приложение 2, 3). На глубине 20-36 см содержание гумуса резко падает до 3,6%.

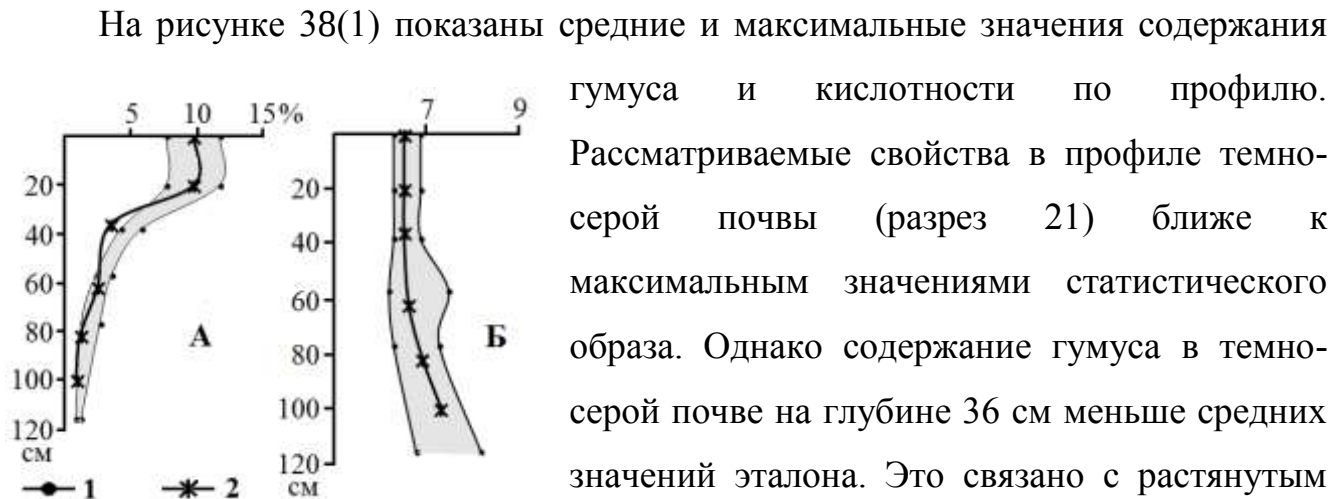


Рисунок 38. Профильное изменение содержания гумуса (А) и рН водный (Б) в виртуальном образе (1) и реальном представителе темно-серой почвы (2)

больше (в среднем 4,1%). Реакция среды нейтральная по всему профилю, что связано с насыщенностью почвенного комплекса обменными основаниями в пределах всего профиля (приложения 3, 4). На глубине 101 см в местах скопления карбонатов отмечается локальное вскипание.

Таким образом, морфологическое строение профиля находится во взаимосвязи с гранулометрическим составом и свойствами почв. Близкое строение профиля серой и темно-серой почвы к статистическому образу характеризуется свойствами, приближенными к средним величинам эталонов. У переходных представителей свойства близки к минимальным и максимальным величинам статистического образа.

5.4. Лимиты облика, состава и свойств таксонов

На основании статистической обработки массовых данных и собственных полевых и лабораторных исследований серых и темно-серых почв Волжско-Камской

лесостепи и их пахотных аналогов разработаны оптимизированные лимиты, предназначенные для научно–практических целей (таблица 14).

Таблица 14

Диапазоны отклонения от средних физико-химических свойств горизонтов профиля серых и темно-серых почв и их пахотных представителей.

Свойства	Серые (n=58)	Темно- серые (n=34)	Агросерые (n=169)	Агротемно- серые (n=68)
Горизонт	AY*	AU*	PY	PU
Содержание физической глины, %	20,3-46,9	47,1-66,2	21,3-49,8	47,0-68,4
Содержание илистой фракции, %	4,3-25,3	24,5-37,4	5,2-28,1	20,4-39,9
pH водный (pH солевой**)	4,9-6,8	5,8-7,4	4,1-7,1	4,6-6,5
Содержание гумуса, %	2,20-7,58	6,17-11,7	1,10-4,78	3,80-7,00
Сумма обменных оснований, ммоль/100гр	6,7-35,0	30,1-55,1	11,2-41,7	20,0-44,2
Горизонт	AEL	AUe	-	-
Содержание физической глины, %	13,3-41,5	41,6-49,4	-	-
Содержание илистой фракции, %	4,8-18,3	29,8-31,8	-	-
pH водный (pH солевой**)	5,2-5,9	6,6-7,0	-	-
Содержание гумуса, %	0,39-3,80	3,7-4,2	-	-
Сумма обменных оснований, ммоль/100гр	2,2-18,7	30,0-33,1	-	-
Горизонт	BT1			
Содержание физической глины, %	33,6-61,2	47,2-76,8	32,2-67,5	44,1-72,1
Содержание илистой фракции, %	22,5-45,0	30,3-49,3	19,4-47,3	28,7-48,6
pH водный (pH солевой**)	4,5-5,9	5,4-7,3	3,2-6,8	3,7-7,1
Содержание гумуса, %	0,17-1,6	0,7-3,0	0,30-2,60	2,80-0,10
Сумма обменных оснований, ммоль/100гр	8,0-35,5	23,7-42,2	8,5-32,8	17,9-45,8

Примечание: *в верхних 15см, **В пахотных почвах рассматривается pH солевой вытяжки

6. Роль естественных серых лесных почв в формировании экологической обстановки лесостепной зоны

За последние 100-150 лет общая лесистость исследуемой территории снизилась с 42 % до 17 %. Ранее исследуемая территория была покрыта лесами, и лишь на юго-востоке имелись участки открытой степи (Коржинский, 1888; Гузовский, 1913; Бойко, 1976; Ахтырцев, 1977). Эти леса были преимущественно представлены дубравами с примесью твердолиственных и мягколиственных спутников дуба. Лишь на севере этой территории преобладали хвойные (с господством сосны) и хвойно-лиственные (с участием ели) древостои.

В.Д. Авдеев (1945) приходит к выводу, что уже в период существования Волжско-Камской болгарской земледельческой цивилизации (VIII-XIV вв.) заметная часть лесов края была сведена. Колонизация края в XVI-XVIII столетиях привела к быстрому сокращению лесных площадей. Коренная растительность на больших площадях сведена под пашню.

За период активного хозяйственного освоения территории сформировались лесопольные ландшафты, где доля сельскохозяйственных угодий превышает 77% площади. Тенденция замены лесных площадей распаханными привела к изменению экологической среды, то есть изменению состава зообиоты, а в пределах распаханых пространств - развитию активных процессов эрозии в форме как смыва почв, так и оврагообразования (Госдоклад, 2011).

В ландшафтном комплексе, как и в любой взаимообусловленной системе, изменение одного компонента незамедлительно отражается на всех других (Мильков, 1973). Распахивая почву, мы лишаем ее большинства природных атрибутов, определяющих устойчивость, – густой сети корней, скрепляющих почву, крупных ходов, образуемых корнями и энтомофауной, структуры, гумуса, естественного сложения и архитектоники и как следствие всего этого – высокой водопроницаемости и связанности (Бурыкин, 1987).

Перевод естественных ландшафтов в аграрные прежде всего изменяет альбедо поверхности почв, которое усиливает потерю выпадающих атмосферных осадков физическим испарением. Расширение относительной доли открытых

ландшафтов улучшает условия воздействия движущегося воздуха приземного слоя атмосферы на поверхность почв, дополнительно стимулируя физическое испарение.

Практиковавшаяся в последние полтора столетия основная обработка почв с оборотом пласта, обеспечивавшаяся применением тракторов и прицепных орудий с высоким удельным давлением на почвы, использовавшиеся технологические схемы стимулировали развитие плоскостного стока и смыва пахотного горизонта. Плоскостная эрозия почв стимулировалась также формированием более мощных и более длительно присутствующих в профиле сезонномерзлых толщ вследствие улучшения возможностей сдувания с полей снежного покрова. Из-за существования сезонных водоупоров освобождающиеся из снега жидкие осадки частично удалялись поверхностным и внутрипочвенным стоком.

Совокупность этих процессов обеспечивает антропогенное остепнение территории, которое выражается как в перераспределении площадей, занимаемых лесами и луговыми степями, так в продвижении антропогенизированных ландшафтов лесостепи на север (оттеснение южной границы лиственных лесов на север). В настоящее время самая северная часть лесостепи по сути является искусственно остепненной частью зоны лиственных лесов.

Систематическое применение удобрительных составов способствовало обогащению стоковых вод элементами питания, поступление которых в местные водоемы улучшало условия роста гидробиоты. Малые и средние природные водоприемники в результате зарастания и заиливания начали исчезать как составные части системы поверхностных ландшафтов. Снижение же относительной доли в составе поверхности водной компоненты в качестве обратной связи дополнительно усиливает процесс наведенного остепнения лесостепной зоны. Наведенная аридизация микроклимата неоднозначно отражается на судьбе местных лесов, представленных системой изолятов различного состава и возраста.

Как уже отмечалось выше, провинция, в пределах которой проводилось исследование серых почв, — пограничная территория распространения

широколиственных лесов лесостепной зоны Евразии. Если на западном фланге лесостепной зоны широколиственные леса формируются целым рядом древесных пород, то широколиственные леса исследуемой провинции формируют только липа и дуб. Для ареала более теплолюбивого из них - *Quercus robur* - она является пограничной. Наведенная аридизация местного микроклимата дополнительно отягощает его существование. Дубравы трудно восстанавливаются естественным путем и постепенно вытесняются лиственными лесами (липовыми, березовыми и осиновыми). Образование их рефугиумов обеспечивается местными особенностями взаимодействия приземных воздушных течений с поверхностью, которые ослабляют амплитуды колебаний температуры воздуха, т. е. ослабляют континентальность климата.

Хвойные породы также испытывают стресс, но главным образом вследствие отягощения условий водного питания. В этом отношении следует обратить внимание на местные виды ели с их поверхностной корневой системой, которая не может обеспечивать необходимый режим водопотребления в засушливые годы. Относительно хорошо приспособлена к местным климатическим условиям интродуцированная *Picea pungens*, которая широко используется для озеленения городов и поселков.

Существующие массивы лесов на водоразделах тяготеют к неудобиям, которые позволяли им избегать сильного давления со стороны человека и обеспечивали преимущество существования лесных ценозов. На склоновых позициях изоляты их приурочены также к местным депрессиям, где скапливается внутрипочвенный сток. Обычны они также на теневых склонах, благоприятствующих сохранению влаги из-за сниженных показателей физического испарения, в местах излияния местных подземных вод и т.д.

Естественные серые почвы лесостепи характеризуются комковато-ореховатой структурой верхней части профиля, обеспечивающей им высокую впитывающую способность. Находясь в виде фрагментов среди totally распаханной территории и локализуясь главным образом в нижнем гипсометрическом уровне поверхности, они в настоящее время играют роль

своеобразных природных воронок, посредством которых значительная часть выпадающих на поверхность атмосферных осадков, перераспределяющихся рельефом, переводится в грунтовые воды. Следовательно, они в какой-то мере тормозят течение антропогенной аридизации территории лесостепи, в частности, препятствуют преобразованию гидрологического режима рек и благоприятствуют существованию малых природных водоемов.

Общеизвестно, что лесостепь, несмотря на недостаточность тепловых ресурсов климата для культивирования многих сельскохозяйственных растений, характеризуется очень высокой освоенностью почвенного покрова аграрным производством, так как присутствует достаточно благоприятный водный режим почв. Лесные массивы в пределах неё являются основой для организации агролесомелиоративной оптимизации земель сельскохозяйственного назначения.

После работ специальной экспедиции В.В. Докучаева (1949) в нашем государстве на длительный период установилась практика агролесомелиоративной оптимизации сельскохозяйственных земель. Создание лесополос, препятствующих сдуванию снега с полей и таким образом улучшающих условия продуктивного использования зимних атмосферных осадков вследствие не только их накопления на полях, но и препятствования глубокому промерзанию почв и в конечном счете подавлению эрозионного разрушения аграрных почв — одной из основных угроз для устойчивого снабжения населения продуктами питания.

7. Трансформация серых и темно-серых почв аграрным производством

В настоящее время лесостепь является одной из самых аграрно-освоенных территориально-административных единиц Поволжья. Например, относительная доля сельхозугодий в Республике Татарстан составляла на конец прошлого века в среднем 77%, а в ряде административных районов этот показатель достигал 83-86% (Алексеевский, Арский, Балтасинский, Новошешминский, Сабинский, Сармановский, Чистопольский) (Госдоклад, 2011).

Антропогенный тренд на процесс почвообразования постепенно усиливался, начиная с середины XIX века, а во второй половине XX века это ускорение резко возросло. Аграрная деятельность человека стала определяющей в развитии ландшафтов лесостепи. D. Richter с соавторами (2007) отмечает, что трансформация почв человеком является новым рубежом в почвоведении. Деятельность человека приводит к формированию сильно-нарушенных новых почв. Несмотря на широкое признание антропогенного воздействия на изменение почв и почвообразования, удовлетворительный подход моделирования и количественной оценки такого воздействия остается неуловимым (Lin, 2011). До сих пор нет единого мнения о развитии почвообразовательного процесса при вовлечении почв в с/х использование: одни исследователи считают, что в пахотных почвах протекает естественный зональный процесс почвообразования, другие указывают на глубокие коренные изменения в природном процессе почвообразования (Чендев, 1997, 2011; Русанов, 2009; Никитин, 1983).

Разработчики новой классификационной схемы полагают, что пахотные почвы формируются особым естественно-антропогенным или культурным почвообразовательным процессом. Различные направления и интенсивность антропогенного почвообразования нашли отражение в профильно-генетической классификации почв России. В связи с этим распаханые варианты естественных почв выведены в отдельный параллельный ряд (Лебедева, 1996, 2005).

7.1. Обоснование типовых таксонов пахотных почв на основании данных их массового обследования

В процессе окультуривания пахотный горизонт приобретает признаки, не свойственные природному почвообразованию. Поэтому возникает необходимость в детальной характеристике, накоплении, хранении, систематизации и анализе их изменения во времени. Одним из путей мониторинга свойств пахотных почв является сравнение их со свойствами эталона, который необходим для разработки земледельческих технологий поддержания плодородия пахотных земель, основанных на их естественных возможностях.

Для обоснования такого эталона обобщались 237 разрезов неэродированных пахотных вариантов серых лесных почв, полученных из фондовых материалов кадастрового центра «Земля» (бывшего Татарского филиала Волгогипрозема), данных, опубликованных в открытой печати (Колоскова, 1968; Винокуров, 1962), и данных собственных исследований, систематизированных классификационной схемой 1977 года.

На основании типовых границ содержания физической глины и фракций ила серых и темно-серых почв предпринята попытка статистического описания их пахотных аналогов. Для нахождения наиболее информативных показателей пахотного горизонта серых лесных почв использовался метод главных компонент. ГК1 наиболее сильно коррелирует со значениями содержания гумуса, поглощенных оснований и содержания физической глины и описывает 58% общей дисперсии признаков. ГК2 коррелирует с рН солевой вытяжки и описывает 27% дисперсии (таблица 15).

Таблица 15

Результат анализа (n=237)

Переменные	ГК1	ГК2
Содержание гумуса	0,899	-0,130
Сумма поглощенных оснований	0,897	0,211
рН солевой вытяжки	0,187	0,963
Содержание глины	0,826	-0,305

Представленное распределение пахотного горизонта в координатах двух главных компонент, полученное преобразованием 4 свойств согласно представленным виртуальным образам серых и темно-серых почв, показывает, что механическое перемешивание маломощного гумусового горизонта и нижележащего гумусово-элювиального горизонта формирует более облегченную пахотную толщу, группирующуюся в отрицательной области ГК1. Темно-серые, характеризуясь более мощным гумусовым горизонтом, составляют более компактную группу в положительной области ГК1 (рисунок 39Б). Поэтому первоначальная систематизация не выявляла четкой группировки свойств пахотного горизонта на оси ГК1 (рисунок 39А).

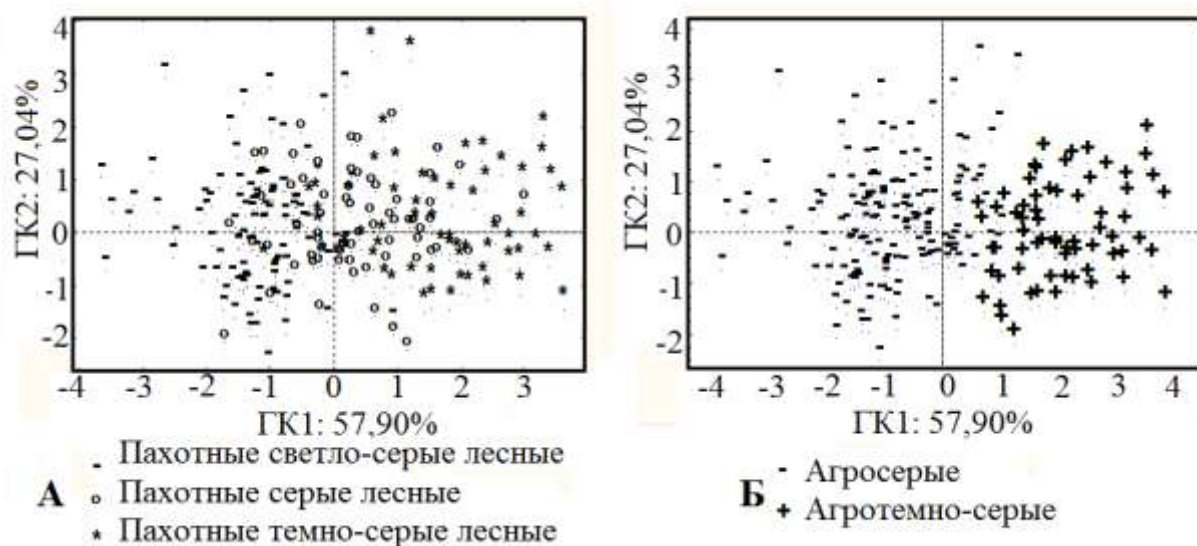


Рисунок 39. Проекция свойств пахотного горизонта на факторную плоскость ГК1 (содержание гумуса, поглощенных оснований и глины) и ГК2 (рН солевой) в подтипах серых лесных почв: А – по систематизации кадастрового центра Земля, Б – по систематизации согласно виртуальному образу.

Также была проведена численная классификация пахотного горизонта серых лесных почв 1977 г. и 2004 г. с использованием дискриминантного анализа. По классификации 1977 г. имеются две ДФ, но значимая только первая ДФ ($p = 0,0000$). ДФ1 ответственна за 99% дисперсии и коррелирует с показателями содержание гумуса ($p = 0,0000$) и суммой поглощенных оснований ($p = 0,0000$) (таблица 16). Данная дискриминация показывает, что подтиповая дифференциация пахотных почв проводилась, как уже отмечалось выше, по количественному значению содержания гумуса.

Таблица 16

Стандартизированные коэффициенты для канонических переменных (n=237)

Переменные	ДФ 1	ДФ 2
Содержание гумуса	-0,728	-0,382
Поглощенные основания	-0,611	0,788
Содержание глины	0,208	-0,777
Собственные значения	2,260	0,005
Кумулятивная доля	0,998	1.000

Матрица классификации показывает, что наиболее правильно были классифицированы пахотные светло-серые лесные почвы (таблица 17). Из 68 представителей пахотных серых лесных почв правильно были классифицированы только 39. Учитывая большую погрешность определения подтипов согласно систематизации кадастрового центра, функции классификации не представляются.

Таблица 17

Матрица классификации пахотных серых лесных почв, систематизированных согласно данным кадастрового центра Земля (строки: наблюдаемые классы, столбцы: предсказанные классы)

Подтипы	Процент правильных наблюдений, %	Пахотные светло-серые	Пахотные серые	Пахотные темно-серые
		p= ,3333	p = ,3333	p= ,3333
Пахотные светло-серые	88,79	95	12	0
Пахотные серые	57,35	14	39	15
Пахотные темно-серые	69,35	1	18	43
Всего	74,68	110	69	58

Далее пахотные горизонты были объединены согласно типовым границам содержания фракции физической глины эталонов серых и темно-серых почв на агросерые и агротемно-серые почвы. Результат анализа ДФ показывает увеличение достоверных переменных, которые позволяют проводить дискриминацию между типами. Имеется одна значимая ДФ, которая коррелирует с содержанием гумуса ($p=0,000$), обменных оснований ($p=0,000$) и физической глины ($p=0,000$), кумулятивная доля которых составляет 100% (таблица 18).

Необходимо отметить, что систематизация проводилась по количественным данным содержания физической глины, однако на дискриминацию типов большое влияние также оказал показатель содержания гумуса.

Таблица 18

Стандартизированные коэффициенты для канонических переменных (n=237)

Переменные	ДФ 1
Содержание гумуса	-0,629
Поглощенные основания	-0,275
Содержание глины	-0,435
Собственные значения	2,104
Кумулятивная доля	1,000

Матрица классификации показывает, что агросерые почвы были правильно классифицированы на 97%, агротемно-серые на 99% (таблица 19).

Таблица 19

Матрица классификации агросерых и агротемно-серых, систематизированных согласно данным гранулометрического состава (строки: наблюдаемые классы, столбцы: предсказанные классы)

Типы	Процент правильных наблюдений, %	Агросерые	Агротемно-серые
		p= ,5000	p= ,5000
Агросерые	97,04	164	5
Агротемно-серые	98,53	1	67
Всего	97,47	165	72

Рассчитанные функции классификации агросерых и агротемно-серых почв:

$$S_6 = 1,88y_1 + 0,41y_2 + 1,16y_3 - 31,26$$

$$S_7 = 4,08y_1 + 0,67y_2 + 1,34y_3 - 54,55, \text{ где}$$

S_1 – совокупность агросерых почв, S_2 – совокупность агротемно-серых почв; y_1 – содержание гумуса в пахотном горизонте, y_2 – сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте, y_3 – содержание физической глины в пахотном горизонте.

Погрешность определения типовой принадлежности агросерых и агротемно-серых почв Волжско-Камской лесостепи по функциям классификации составляет 4%.

7.2. Основные направления аграрной трансформации естественных почв

Выявление изменений свойств агросерых и агротемно-серых почв проводилось с помощью сравнительно-генетического исследования. Разрезы агросерых и агротемно-серых почв закладывались на однотипных литолого-геоморфологических условиях с их естественными аналогами (Русанов, 2009; Чендев, 2011, 2012; Самойлова, 1991). В результате проведенных исследований выявились общие тенденции аграрной эволюции почв.

Почвенный разрез агросерой почвы (разрез 9) был заложен вблизи Янтыковского лесного массива в 550 м от естественного аналога (разрез 6) (N 55°35.231', E 49°43.262', абс высота 138,8 м) (рисунке 40). Почва агросерая насыщенная среднепахотная среднесуглинистая на делювиальной глине постилаемая песчаными отложениями.

В агросерой содержание гумуса снизилось вдвое (приложение 3). Причину уменьшения гумуса в пахотном горизонте Д.С. Орлов с соавторами (1996), И.С. Урусевская с соавторами (2000) и Н.А. Караваева с соавторами (1989) связывают не только с быстрой минерализацией органического вещества и сокращением поступления растительных остатков в почву, а также с включением в состав пахотного горизонта почвенной массы малогумусных нижележащих горизонтов. Потеря ОВ в пахотном горизонте привела к уменьшению содержания азота и ЕКО. Понижение валового содержания фосфора связано с включением в пахотную толщу гумусово-элювиального горизонта с низким его содержанием. Содержание валового калия понизилось не только в пахотном горизонте, но и в нижележащей толще (приложение 3). Потери валовых форм азота, фосфора и калия не компенсируется систематическим применением минеральных удобрений.

Наибольшие изменения структурно-агрегатного состояния наблюдаются в пахотном горизонте. Уменьшение агрономически ценных агрегатов наблюдается на 20% за счет увеличения глыбистой и пыльной фракций. Содержание водопрочных агрегатов в пахотном горизонте уменьшилось в 3 раза, СВД водопрочных агрегатов составляет 0,9 мм, что обуславливает слабую

устойчивость к эрозии (приложение 2). По мнению И.В. Кузнецовой (1979), нижним пределом содержания водопрочных агрегатов для средне- и тяжелосуглинистых почв является 40%, так как только при содержании водопрочной структуры выше 40% обеспечивается оптимальное и устойчивое сложение почв.

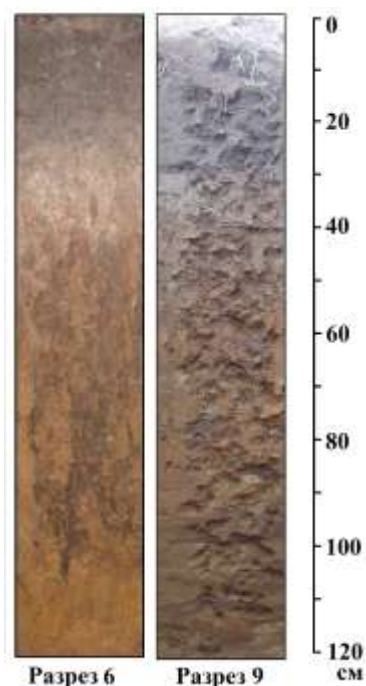


Рисунок 40. Профиль серой почвы (разрез 6) и агросерой (разрез 9)

Разрушение структуры, уплотнение верхних горизонтов, смена увлажнения и иссушения привели к увеличению вертикальных трещин. В результате этого в пространстве, окружающем полигональные трещины в текстурной части профиля и в подстилаемом песке, обнаруживаются скелетаны и натечные гумусовые агрокутаны. Появление их указывает на увеличение инфильтрации атмосферных осадков, что приводит к усилению лессиважа и суспензионного переноса веществ. Такие изменения агросерых почв указываются в публикации Ю.Г. Чендева (2011).

Известкование агросерых почв уменьшило избыточную кислотность профиля агросерой почвы до 70 см. По профилю уменьшилось количество поглощенного H^+ и Al^{3+} в почвенном комплексе (приложение 4). Подщелачивание профилей пахотных серых лесных почв является следствием их окрабоначивания, а последний процесс, вероятно, связан с внесением извести (молотых известняков), а также с изменением почвенных климатических режимов при смене леса пашней.

Почвенный разрез агротемно-серой почвы (разрез 17) был заложен вблизи лесного массива в 450 м от естественного аналога (разрез 16) (N 54°54.584', E 50°33.985', абс высота 175,3 м) (рисунок 41). Почва агротемно-серая насыщенная, среднепахотная глубоковыщелоченная легкоглинистая на карбонатной делювиальной глине.

Длительная обработка увеличила плотность сложения, уменьшила порозность и содержание агрономически ценной структуры в пахотном горизонте

(приложения 1, 2), однако в целом пахотный горизонт характеризуется отличным агрегатным состоянием.

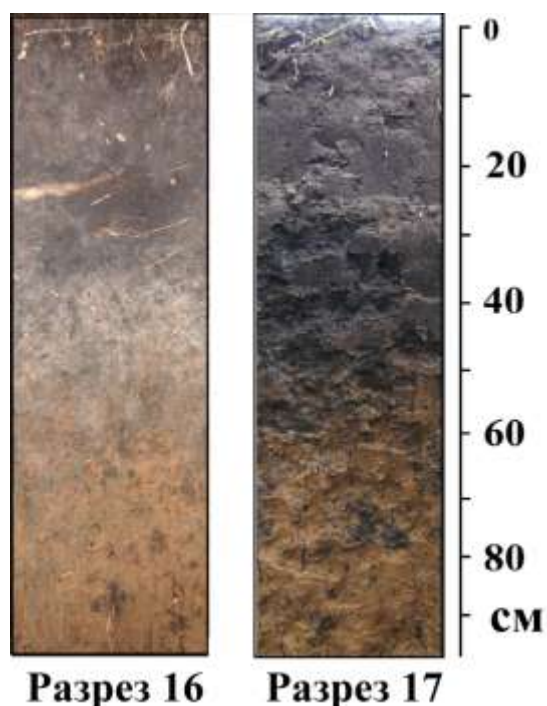


Рисунок 41. Профиль темно-серой (разрез 16) и агротемно-серой (разрез 17) почвы

Сельскохозяйственное использование агротемно-серой почвы слабо повлияло на изменение физико-химических свойств. Уменьшение содержания гумуса (5,0%) в основном наблюдается в слое 0-15 см. При сравнении с естественной темно-серой почвой на глубине 30-80 см обнаруживается повышенное содержание гумуса, что, вероятно, связано с усилением суспензионного выноса органического вещества в нижележащие горизонты (приложение 3). Начиная с горизонта ВТ2 количество агрокутан постепенно уменьшается. Ю.Г. Чендевым (2011)

установлено, что органическое вещество глинисто-гумусовых кутан, покрывающих поверхность магистральных трещин в матрице иллювиальных горизонтов пахотных почв, на 500-1000 лет моложе гумуса межтрещинной почвенной массы. Наличие мощного гомогенного «черноземоподобного» агрогоризонта и увеличение в подпахотной толще агрокутанов указывают на проградационное направление эволюции агротемно-серой почвы (Лебедева, 2005). Авторы работ (Чендев, 2008, 2011, 2012; Александровский, 2005; Ахтырцев, 1969) указывают, что на юге, в центре и на севере лесостепи восточно-европейской части России длительная распашка серых лесных почв сопровождается их проградацией.

С профильным распределением гумуса тесно коррелирует распределение валового азота. Валовое содержание фосфора и калия изменилось незначительно (приложение 3). Систематическое известкование нейтрализовало избыточную кислотность и повысило содержание обменных оснований в субэлювиальном и

текстурных горизонтах (приложение 4). Снижение кислотности и накопление вынесенного органического вещества из вышележащих горизонтов затушевала проявление кремнеземистой присыпки, которая отчетливо диагностировалась в его естественном аналоге.

Таким образом, сильные изменения физико-химических свойств наблюдаются в легко- и среднесуглинистых агросерых почвах. Уменьшение валового содержания фосфора, калия и азота не компенсируется систематическим применением минеральных удобрений. В тяжелосуглинистых и легкоглинистых несмытых почвах физико-химические свойства изменяются слабее, что связано с обогащенностью их мелкодисперсными частицами и большей буферной способностью к деградиационным изменениям.

Выводы

1. Путем обобщения литературных и авторских данных разработана исходная генеральная совокупность, на основании которой созданы виртуальные (центральные) образы серых и темно-серых почв. Определены формализованные рамочные шаблоны, предназначенные для практики полевой идентификации этих почв.

2. Установлено, что дифференциация серых лесных почв основана на различии в поверхностном горизонте общего содержания глины и относительной доли в его составе ила. Содержание физической глины в гумусовом горизонте серых почв составляет 20-47% (илистой фракции 4-25%), в темно-серых почвах содержание физической глины 47-66% (илистой фракции 25-37%).

3. Удаление органического вещества из подготовленных к гранулометрическому анализу образцов почв уменьшает содержание физической глины на 3-6%. Процедура деструкции органического вещества не повлияла на изменение классификационной принадлежности исследованных почв.

4. Обосновано положение реальных представителей серых и темно-серых почв в совокупности свойств. Показано, что близкое строение профиля серой и темно-серой почвы к статистическому образу характеризуется свойствами, приближенными к средним величинам статистического образа. Необходимые

условия для формирования серых и темно-серых лесных почв создаются тогда, когда толщина суглинистых и легкоглинистых толщ начинает приближаться к 80 см. При меньшей мощности создаются условия формирования темногумусовых, серогумусовых почв и карболитоземов.

5. На базе стандартных приемов численной классификации были получены функции классификации для устранения неопределенностей таксономического положения изучаемых представителей почв.

а) Систематизирование серых лесных почв в классификационной системе 1977 г. описывается следующими уравнениями:

$$S_1 = -0,04x_1 + 0,64x_2 + 2,26x_3 + 1,00x_4 - 24,43$$

$$S_2 = 0,30x_1 + 0,75x_2 + 3,60x_3 + 0,75x_4 - 37,80$$

$$S_3 = 0,35x_1 + 0,90x_2 + 4,87x_3 + 1,42x_4 - 69,81$$

где S_1 – совокупность светло-серых лесных почв, S_2 – совокупность серых лесных почв, S_3 – совокупность темно-серых лесных почв; x_1 – сумма обменных оснований в гумусовом горизонте, x_2 – содержание физической глины в гумусовом горизонте, x_3 – содержание гумуса в гумусовом горизонте, x_4 – мощность гумусового горизонта.

б) Систематизирование серых и темно-серых почв в классификационной системе 2004 года описывается следующими уравнениями:

$$S_4 = 1,02x_1 + 1,69x_2 + 0,49x_3 - 22,51$$

$$S_5 = 1,68x_1 + 3,13x_2 + 0,63x_3 - 52,87$$

где S_4 – совокупность серых почв, S_5 – совокупность темно-серых почв; x_1 – мощность гумусового горизонта, x_2 – содержание гумуса в гумусовом горизонте, x_3 – содержание физической глины в гумусовом горизонте.

в) Систематизация агросерых и агротемно-серых почв описывается следующими уравнениями:

$$S_6 = 1,88y_1 + 0,41y_2 + 1,16y_3 - 31,26$$

$$S_7 = 4,08y_1 + 0,67y_2 + 1,34y_3 - 54,55, \text{ где}$$

где S_6 – совокупность агросерых почв, S_7 – совокупность агротемно-серых почв; y_1 – содержание гумуса в пахотном горизонте, y_2 – сумма обменных оснований пахотного горизонта, y_3 – содержание физической глины в пахотном горизонте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев В.Д. История леса и степи в Западном Закамье. (Историко-геоботанический очерк.) // Известия ВГО. – 1945. – Т.77. – Вып.1-2. – С. 70-87.
2. Агропроизводственная характеристика почв ТАССР и их рациональное использование / под ред. И.В. Утэя. – Казань: Таткнигоиздат, 1965. – 119 с.
3. Александрова, А.Б. Красная книга почв Республики Татарстан / А.Б. Александрова, Н.А. Бережная, Б.Р. Григорьян, Д.В. Иванов, В.И. Кулагина. – Казань: Фолиант, 2012. – 192с.
4. Александровский, А.Л. Эволюция почв и географическая среда / А.Л. Александровский, Е.И. Александровская. – Москва: Наука, 2005. – 223с.
5. Артемьева, З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы / З.С. Артемьева. – Москва: ГЕОС, 2010. – 240с.
6. Ахтырцев, Б.П. Изменение серых лесных почв Среднерусской лесостепи в процессе сельскохозяйственного освоения / Б.П. Ахтырцев, А.С. Щетинина. – Саранск: Мордовский государственный университет, 1969. – 164с.
7. Ахтырцев, Б.П. К истории формирования серых лесных почв Среднерусской лесостепи / Б.П. Ахтырцев // Почвоведение. – 1992. – №3. – С.5-18.
8. Ахтырцев, Б.П. О генезисе серых лесных почв / Б.П. Ахтырцев // Почвоведение. – 1979. – №10. – С.24-33.
9. Ахтырцев, Б.П. О роли лессиважа в формировании серых лесных почв юго-востока центральной черноземной области / Б.П. Ахтырцев // Научные доклады высшей школы. Сер. Биол. Наук. – 1966. – №2. – С. 215-222.
10. Ахтырцев, Б.П. Серые лесные почвы центральной России / Б.П. Ахтырцев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, – 1979. – 232с.
11. Ахтырцев, Н.И. О классификации антропогенных ландшафтов / Н.И. Ахтырцев // Вопросы географии: Влияние человека на ландшафт. – 1977. – Сб.106. – С.53-57.
12. Багаутдинов, Ф.Я. Состав и трансформация органического вещества почв / Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев. – УФА: Гилем, 2000. – 197с.

13. Багнавец, О.С. Гумусное состояние серых лесных почв северной части Приволжской повышенной, развитых на разных почвообразующих породах / О.С. Багнавец // Почвоведение. – 1988. – №10. – С.48-56.
14. Бакин, О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2000. – 496с.
15. Бакина, Л.Г. Взаимодействие разных фракций гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы с кальцием / Л.Г. Бакина, В.Ф. Дричко // Почвоведение. – 2011. – №12. – С.1454-1464.
16. Балахчёв, Г.Н. Практикум по физике почв. Часть 1. Методы определения структурного состояния и механических свойств почв: Методическое пособие / Г.Н. Балахчёв, К.Г. Гиниятуллин. – Казань: КГУ, 2004. – 86с.
17. Богатырев, Л.Г. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. Ч.2. Типы почв, их география и использование / Л.Г. Богатырев, В.Д. Васильевская, А.С. Владыченский и др.; под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М.: Высш. Шк., 1988 – 368с.
18. Бойко, Ф.Ф. Изменение лесистости Татарской АССР в результате воздействия человека / Ф.Ф. Бойко // Проблемы отраслевой и комплексной географии. – Казань: КГУ, 1976. – С.181-184.
19. Бурыкин, А.М. Устойчивость почв к водной эрозии / А.М. Бурыкин // Почвоведение. – 1987. – №12. – С.110-120.
20. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416с.
21. Ванюшина, А.Я. Органо-минеральные взаимодействия в почвах (обзор литературы) / А.Я. Ванюшина, Л.С. Травникова // Почвоведение. – 2003. – №4. – С.418-428.
22. Вернадский, В. И. Живое вещество и биосфера / В.И.Вернадский; Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И.Вернадского; Отв.ред.А.Л.Яншин; Сост.Ф.Т.Яншина. – М.: Наука, 1994. – 671с.
23. Винокуров, М.А. Лесные почвы Татарии / М.А. Винокуров, П.В. Гришин. – Казань: Изд-во КГУ, 1962. – 69с.

24. Винокуров, М.А. Почвообразующие породы Татари / М.А. Винокуров, А.В. Колоскова, А.Ш. Фаткуллин // Вопросы генезиса и крупномасштабного картирования почв. – Казань: Б.и., 1965. – С.10-33.
25. Винокуров, М.А. Почвы Татари / Под ред. М.А. Винокурова. – Казань: Изд-во казанского университета, 1962. – 419с.
26. Водяницкий, Ю.Н. Влияние оглеения на содержания железа в красноцветных породах (экспериментальное изучение) / Ю.Н. Водяницкий, Э.И. Гагарина, С.Н. Лесовая // Почвоведение. – 2000. – №4. – С.427-433.
27. Воробьев, Н.И. Природа Татари: научно-популярные очерки / Сост. Н.И. Воробьев, В.Н. Сементовский. – Казань: Татгосиздат, 1947. – 341с.
28. Газизуллин, А.Х. Генезис почв, сформированных на красноцветных пермских отложениях Среднего Поволжья и Предуралья / А.Х. Газизуллин // Почвоведение. – 1995. – №9. – С.1071-1081.
29. Газизуллин, А.Х. Коричнево-бурые лесные лессивированные и псевдоподзолистые почвы среднего Поволжья: генезис и свойства / А.Х. Газизуллин, А.Т. Сабиров // Почвоведение. – 1997. – №6. – С.735-742.
30. Газизуллин, А.Х. Почвенно-экологические условия формирование лесов среднего Поволжья: Почвы лесов Среднего Поволжья, их генезис, систематика и лесорастительные свойства / А.Х. Газизуллин. – Казань: Школа, 2005. – 496с.
31. Газизуллин, А.Х. Почвы лесов Нижнего Прикамья Татарской АССР и пути их рационального использования: дис. ... канд.биол.наук: 06.01.03 / Газизуллин Ахмадулла Хадеевич. – Йошкар Ола, 1972. – 174с.
32. Геннадиев, А.Н. География почв с основами почвоведения: учеб. для студентов вузов, обучающихся по геогр. спец. / А.Н. Геннадиев, М.А. Глазовская. – М.: Высшая школа, 2005. – 460с.
33. Глинка, К.Д. Почвоведение / Глинка К.Д. – М.–Л.: Сельхозгиз, 1932. – 596с.
34. Годельман, Я.М. Классификационная система почвенного покрова / Я.М. Годельман // Почвоведение. – 1991. – №6. – С.15-26.

35. Гордягин, А.Я. Растительность Татарской республики / А.Я. Гордягин // Географическое описание Татарской республики. – Казань: Госиздат, 1921. – Ч.1. – 143-222с.
36. ГОСТ 17.4.4.01-84 Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7с.
37. ГОСТ 26428-85 Почвы. Метод определения кальция и магния в водной вытяжке. – М.: Стандартиформ, 1985. – 14с.
38. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды РТ в 2011 году. – Казань: Фолианть, 2012. – 490с.
39. Гузовский, Б.И. Казанская нагорные дубравы / Б.И. Гузовский //Лесной журнал. – 1913. – Вып.1-2. – С.172-184.
40. Добровольский, Г.В. Лекции по истории и методологии почвоведения: Учебник / Г.В. Добровольский. – М.: Издательство Московского университета, 2010. – 232с.
41. Добровольский, Г.В. География почв / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 415с.
42. Добровольский, Г.В. География почв: Учебник.-2е изд., перераб и доп. / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во КолосС, 2004. – 460с.
43. Добровольский, Г.В. Почвенно-географическое районирование / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская // Почвенно-геологические условия Нечерноземья. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – С.387–464.
44. Добровольский, Г.В. Разнообразие генезиса и функций лесных почв / Г.В. Добровольский // Почвоведение. – 1993. – №9. – С.5-12.
45. Добровольский, Г.В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экол. подход / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука МАИК «Наука / Интерпериодика», 2000. – 185с.
46. Добровольский, Г.В. Развитие учения о структуре почвенного покрова как раздела географии почв / Г.В. Добровольский // Почвоведение. – 1993. – №7. – С.5-11.

47. Докучаев, В.В. Избранные труды В.В. Докучаева / В.В. Докучаев. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 649с.
48. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв / Ф. Дюшофур. – М.: Прогресс, 1970. – 591с.
49. Ермолаев, О.П. Ландшафты Республики Татарстан / О.П. Ермолаев, М.Е. Игонин, А.Ю. Бубнов, С.В. Павлова. – Казань: Слово, 2007. – 411с.
50. Зайдельман, Ф.Р. Генезис и проблемы классификации почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами / Ф.Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2004. – №2. – С.233-242.
51. Зайдельман, Ф.Р. Лессиваж и его связь с гидрологическим режимом почв / Ф.Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2007. – №2. – С.133-144.
52. Зайдельман, Ф.Р. Причины образования светлых кислых элювиальных горизонтов в профиле почв / Ф.Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2007. – №10. – С.1155-1167.
53. Захаров, К.К. Почвы лесов Чувашии и пути их рационального использования: дис. ... д-ра. биол. наук: 03.00.16:03.06.23 / Захаров Кузьма Кириллович. – Казань: КГУ, 2004. – 385с.
54. Захаров, К.К. Почвы нагорных дубрав Чувашской АССР, пути их улучшения и повышения продуктивности произрастающих на них лесов: дис. ... канд.биол.наук: 06.01.03 / Захаров Кузьма Кириллович. – Йошкар-Ола, 1974. – 171с.
55. Зонн С.В. Совершенные представления о подзоло- и псевдоподзолообразовании и их проявлении в почвах / С.В. Зонн // Почвоведение. – 1978. – №1. – С.142-151.
56. Зонн, С.В. Буроземообразование, псевдоподзоливание и подзолообразование / С.В. Зонн // Почвоведение. – 1966. – №7. – С.5-13.
57. Иванов, И.В. История отечественного почвоведения: Развитие идей, дифференциация, институционализация / И.В. Иванов; Ин-т физико-химических и биологических проблем почвоведения. Докучаевское общество почвоведов. – М.: Наука, 2003. – 397с.

58. Караваева, Н.А. Антропогенная трансформация почв / Н.А. Караваева, С.Н. Жариков, Т.Г. Нефедова, В.О. Таргульян // Природная среда Европейской части СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1989. – С.80-153.
59. Карпачевский, Л.О. Пестрота почвенного покрова под широколиственно-еловым лесом / Л.О. Карпачевский, Н.К. Киселева, С.И. Попова // Почвоведение. – 1968. – №1. – С.10-24.
60. Карпачевский, Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л.О. Карпачевский. – М.: Изд-во Московского университета, 1977. – 312с.
61. Карпачевский, Л.О. Экологические функции лесных почв / Л.О. Карпачевский, Т.А. Зубкова, Л.С. Ильина; отв.ред. Г.В. Добровольский // Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. – М.: Наука, 2003. – С. 206-214.
62. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192с.
63. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. – Ч.1. – М: Высшая школа, 1965.– 323с.
64. Кёршенс, М. Значение содержание гумуса для плодородия почв и круговорота азота / М. Кёршенс // Почвоведение. – 1992. – №10. – С.122-132.
65. Кинг, Д. Общее представление о модели пространственной организации и функционировании почвы при анализе почвенного покрова / Д. Кинг, М. Жамань // Почвоведение. – 1994. – №7. – С.8-11.
66. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342с.
67. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов, В.А. Носин, Т.А. Фраев. – М.: Колос, 1977. – 221с.
68. Климентьев, А.И. Экологические и научно-правовые аспекты Красной книги почв / А.И. Климентьев // Роль почвы в формировании ландшафтов. – Казань: Изд-во «Фэн», 2003. – С. 140-143.

69. Княжнева, Е.В. Агроэкологическая характеристика неоднородности плодородия почвенного покрова в условиях правобережной лесостепи Среднего Поволжья: дисс. ...канд.биол.наук: 03.00.16 / Княжнева Елена Владимировна. – М., 2004. – 186с.
70. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. – М.: Изд-во Колос, 2000. – 416с.
71. Колобов, Н.В. Засухи на территории Татарской АССР / Н.В. Колобов, С.А. Муракава. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1980. – 139с.
72. Колобов, Н.В. Климат Татарии / Н.В. Колобов; под ред. М.А. Винокурова // Почвы Татарии. – Казань: КГУ, 1962. – С. 41-50.
73. Колоскова, А.В. Агрофизическая характеристика почв Татарии / А.В. Колоскова. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1968. – 386с.
74. Кононова, М.М. Влияние обменных оснований на процессы разложения органического вещества в почве / М.М. Кононова // Труды Почв, института им. В. В. Докучаева АН СССР. – 1937. – Т.14. – С.167-199.
75. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314с.
76. Копосов, Г.К. Валовый химический анализ почв. Ч.1, Гравиметрический и титриметрический методы анализа / Г.К. Копосов, В.И. Кулагина. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1996. – 36с.
77. Копосов, Г.К. Валовый химический анализ почв. Часть 2. / Г.К. Копосов, В.И. Кулагина. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1997. – 31с.
78. Копосов, Г.Ф. Черноземы Республики Татарстан / Г.Ф. Копосов, Н.Б. Бакиров. – Казань: Изд-во КГУ, 2004. – 108с.
79. Коржинский, С.И. Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении / С.И. Коржинский // Труды Общества естествоиспытателей при Казан. ун-те. – 1888. – Т.18. – вып.5. – С.1-253.

80. Корнилова, А.Г. Диагностика литологической однородности почвенного профиля по индексным элементам / А.Г. Корнилова, А.А. Шинкарев, Т.З. Лыгина, К.Г. Гиниятуллин. – Казань: КГУ, 2010. – 28с.
81. Королева, Т.Э. Компьютерная биология. Ч.1. Статистический пакет STATGRAPHICS Plus for Windows для генетиков: Учебно-методическое пособие для студентов биолого-почвенного факультета / Т.Э. Королева, Л.Л. Фролова. – Казань: Унипресс, 1999. – 40с.
82. Костюкевич, Л.И. Влияние известкования и удобрений на содержание и состав гумуса дерново-подзолистой почвы / Л.И. Костюкевич, Н.Н. Алексейчик // Почвоведение. – №2. – 1990. – С.37-47.
83. Кузнецова, И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв / И.В. Кузнецова // Почвоведение. – №3. – 1979. – С.81-88.
84. Куперников, И.А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней) / И.А. Куперников. – М.: Наука, 1981. – 327с.
85. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш.шк., 1990. – 352с.
86. Лебедева, И.И. Агрогенно-преобразованные почвы: эволюция и систематика / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, Л.Л. Шишов, П.А. Суханов, А.Ю. Перцович // Почвоведение. – 1996. – №3. – С.351-358.
87. Лебедева, И.И. Антропогенное почвообразование и новая классификация почв России / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова // Почвоведение. – 2005. – №10. – С.1158-1164.
88. Лебедева, И.И. Память генетических горизонтов и почвенного профиля / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов; под. ред. В.О. Таргульяна, С.В. Горячкина // Память почв: почва как память биосферно-геосферно антропосферных взаимодействий. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 692с.
89. Ливеровский, Ю.А. О принципах почвенно-профильной и почвенно-генетической терминологии / Ю.А. Ливеровский, И.А. Соколов, В.О. Таргульян // Почвоведение. – 1973. – №5. – С.114-124.
90. Марков, М.В. Дубравы / М.В. Марков // Очерки по географии Татарии. – Казань: Татгосиздат, 1957. – С.245-252.

91. Марков, М.В. Растительность / М.В. Марков; под ред. М.А. Винокурова // Почвы Татарии. – Казань: КГУ, 1962. – С. 50-60.
92. Матвеева, Н.М. Статистическая обработка результатов полевых агрохимических исследований с помощью пакета STATGRAPHICS PLUS for Windows / Н.М. Матвеева, А.А. Валеева. – Казань: Казанский университет, 2012. – 63с.
93. Матвеева, Н.М. Учебно-методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям по физико-химическому анализу почв / Н.М. Матвеева, А.А. Валеева. – Казань: Казанский университет, 2011. – 80с.
94. Матинян, Н.Н. Ландшафтно-исторические аспекты генезиса серых лесных почв северо-западной окраины Владимирского ополья / Н.Н. Матинян, П.П. Керзум, А.В. Русаков // Почвоведение. – 2003. – №5. – С.517-527.
95. Мешалкина, Ю.Л. Математическая статистика в почвоведении: Практикум / Ю.Л. Мешалкина, В.П. Самсонова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84с.
96. Мильков, Ф.Н. Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф.Н. Мильков. – М.: Изд-во Мысль, 1973. – 224с.
97. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689с.
98. Мистерский, В. Исследование некоторых физико-химических свойств гуминовых кислот / В. Мистерский, В. Логинов // Почвоведение. – 1959. – № 2. – С.39-52.
99. Мясникова, А.М. Главные факторы почвообразования и почвы Мензелинского, Актанышского и Муслюмовского районов ТР / А.М. Мясникова // Ученые записки КГУ. – 1931. – вып.1. – кн.1. – С.1-76.
100. Найруменд, Дж. Роль материнской породы в процессах оглеения / Дж. Найруменд, Дж.С.Ф. Тедроу // Почвоведение. – 1990. – №8. – С.39-42.
101. Никитин, Б.А. Некоторые общие и зональные закономерности генезиса пахотных почв / Б.А. Никитин // Генезис и плодородие земледельческих почв Горький, 1983. – С.3-10.

102. Никитин, Е.Д. О развитии учения об экологических функциях почвенного покрова и других геосфер / Е.Д. Никитин, Е.Б. Скворцова, А.Н.Кочергин, О.Г. Никитина, О.П. Иванов, Е.П. Сабодина, Е.М. Воронцова // Почвоведение. – 2010. – №7. – С.771-778.
103. Николаева, Т. А. Сравнительное изучение сезонной динамики состава органического вещества болотных почв в свежих и воздушно-сухих образцах /Н.А. Николаева // Почвоведение. – 1959. – № 4. – С.108-112.
104. Орлов, Д.С. Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. – 1996. – №2. – С.197-207.
105. Пак, К.П. Применение математических методов в ЭЦЫМ для диагностики почв черноземно-солонцовых / К.П. Пак, В.А. Рожков, И.Г. Цюрупа // Почвоведение. – №3. – 1974. – С.113-119.
106. Педро, Ж. Два основных пути кислого почвообразования в умеренно холодной и влажной зоне / Ж. Педро, М. Жамань, Ж.К. Бегон // Почвоведение. – 1974. – №9. – С.3-13.
107. Педро, Ж. Два основных пути кислого почвообразования в умеренно холодной и влажной зоне / Ж. Педро, М. Жамань, Ж.К. Бегон // Почвоведение. – 1974. – №9. – С.3-13.
108. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения / Д.А. Педь // Труды Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып.156. – С. 19-38.
109. Переведенцев, Ю.П. Изменение климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья: учебное пособие по региональной климатологии / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, Ю.Г. Хабутдинов [и др.]; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Центр инновационных технологий, 2011. – 296 с.
110. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222с.

111. Пономарева, В.В. Сравнительное сопоставление гумусовых профилей типичного чернозема, темно-серой лесной и темно-каштановой почв / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова // Почвоведение. – 1975. – №7. – С.54-65.
112. Пономарева, В.В. Теория подзолообразовательного процесса / В.В. Пономарева. – М.Л.: Наука, 1964. – 378с.
113. Растворова, О.Г. Особенности современного почвообразования в лесостепи / О.Г. Растворова, И.А. Терешенкова, В.П. Цыпленков // Деградация и восстановление лесных почв. – М.: Наука, 1991. – С.80-89.
114. Рейнтам, Л.Ю. Буроземообразование и псевдооподзоливание в почвах Эстонской ССР / Л.Ю. Рейнтам // Буроземообразование и псевдооподзоливание в почвах Русской равнины. – М.: Наука, 1974. – С.118-162.
115. Рейнтам, Л.Ю. Экологическая характеристика поверхностно-оглеенных почв и их диагностика / Л.Ю. Рейнтам, Р.А. Сепп, М.Р. Цобель // Деградация и восстановление лесных почв. – М.: Наука, 1991. – С.12-32.
116. Роде, А.А. К вопросу об оподзоливании и лессиваже / А.А. Роде // Почвоведение. – 1964. – №7. – С.9-23.
117. Рожков, В.А. Классиология и классификация почв / В.А. Рожков // Почвоведение. – 2012. – №3. – С.259-269.
118. Рожков, В.А. Опыт численной классификации некоторых почв Белоруссии / В.А. Рожков, Н.И. Смеян // Почвоведение. – №3. – 1984. – С.5-13.
119. Рожков, В.А. Почвенная информатика (курс лекций для студентов курса) / В.А. Рожков – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1987. – 114с.
120. Рожков, В.А. Почвенная информатика / В.А. Рожков. – М.: Агропромиздат, 1989. – 222с.
121. Рожков, В.А. Таксономический анализ почв методами их численной классификации / В.А. Рожков, М.С. Симакова, С.Х. Юшкевич // Почвоведение. – №5. – 1988. – С.7-14.
122. Рожков, В.А. Формальный аппарат классификации почв / В.А. Рожков // Почвоведение. – 2011. – №12. – С.1411-1424.

123. Розанов, Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: Академический проект, 2004. – 432с.
124. Розов, Н.Н. Почвы Волжско-Камской лесостепной области / Н.Н. Розов; отв.ред. Л.И. Прасолов // Почвы СССР. Т.3. Почвы лесостепных и степных областей. – М.Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – С.179-236.
125. Рубилин, Е.В. Генезис и география лесных почв Европейской лесостепи СССР / Е.В. Рубилин, В.А. Долотов. – Ленинград: Изд-во Ленинградского университета, 1970. – 71с.
126. Русанов, А.М. Гумусообразование и гумус лесостепных и степных черноземов южного Предуралья / А.М. Русанов, Л.В. Анилова // Почвоведение. – 2009. – №10. – С.1184-1191.
127. Самойлова, Е.М. Почвообразующие породы / Е.М. Самойлова. – М.: Изд-во Московского университета, 1983. – 173с.
128. Самойлова, Е.М. Эволюция почв / Е.М. Самойлова, Ю.С. Толчельников – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 90с.
129. Селивановский Б.В. Геологическое строение / Н.В. Колобов; под ред. М.А. Винокурова // Почвы Татарии. Казань, – Казань: КГУ, 1962. – С. 8-22.
130. Смоляков, П.Т. Климат и погода в Татарской АССР / П.Т. Смоляков; общ. ред. Н. И. Воробьева, В. Н. Сементовского // Очерки по географии Татарии. – Казань: Таткнигоиздат, 1957. – С. 140-150.
131. Степанов, А.А. Особенности строения гуминовых веществ из внутритрещинного материала и генетических горизонтов торфянисто-подзолистой почвы / А.А. Степанов // Почвоведение. – 2008. – №8. – С.948-54.
132. Ступишин, А.В. Рельеф и геоморфологические районы / А.В. Ступишин; под ред. М.А. Винокурова // Почвы Татарии. Казань, – Казань: КГУ, 1962. – С. 22-33.
133. Титова, Н.А. Особенности состава и природы органического вещества тонкодисперсных частиц целинных почв Аршань-Зельменского стационара / Н.А. Титова // Физико-химия почв и их плодородие. Сб. научн. тр. ПИ им. В.В. Докучаева. – 1988. – С.74-81.

134. Титова, Н.А. Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв / Н.А. Титова, Б.М. Когут // Итоги науки и техники. Сер. Почвоведение и агрохимия. – М. – Т. 8. – 1991. – 154с.
135. Тонконогов, В.Д. О генезисе почв с осветленным элювиальным горизонтом / В.Д. Тонконогов // Почвоведение. – 1996. – №5. – С.564-569.
136. Травникова, Л.С. Закономерности гумусонакопления: новые данные и их интерпретация / Л.С. Травникова // Почвоведение. – 2002. – №7. – С.832-843.
137. Травникова, Л.С. Роль продуктов взаимодействия органической и минеральной составляющих в генезисе и плодородии почв / Л.С. Травникова, Н.А. Титова, М.Ш. Шаймухаметов // Почвоведение. – 1992. – №10. – С.81-96.
138. Туев, Н.А. Органическое вещество почвы и его биологическая трансформация / Н.А. Туев // Биологические основы плодородия почвы. – М., 1984. – С.7-53.
139. Турсина, Т.В. Подходы к изучению литологической однородности профиля и полигенетичности почв / Т.В. Турсина // Почвоведение. – 2012. – №5. – С.530-546.
140. Тюрин, И.В. К вопросу о генезисе и классификации лесостепных и лесных почв / И.В. Тюрин // Учен. зап. Казан. ун-та. – 1930. – Т.90. – кн. 3-4. – С.429-462.
141. Тюрин, И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии: Учение о почвенном гумусе /И.В. Тюрин. – М.Л.: Сельхозгиз, 1937. – 258с.
142. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М.: Наука, 1965. – 320с.
143. Тюрин, И.В. Почвы северо-западной части Татарской республики / И.В. Тюрин. – Казань, 1933. – 166с.
144. Тюрин, И.В. Почвы Чувашской республики / И.В. Тюрин, С.И. Андреев, Л.Т. Земляницкий, М.Г. Шендриков; под ред. И.В. Тюрина. – М.Л.: Изд-во АН СССР, 1935а. – 329с.

145. Урусевская, И.С. Влияние почвообразующих пород на дифференциацию почв и почвенного покрова северной части Приволжской возвышенности / И.С. Урусевская, О.С. Хохлова, Т.А. Соколова // Почвоведение. – 1992. – №8. – С.22-37.
146. Урусевская, И.С. Географо-генетические особенности гумусного состояния серых лесных почв / И.С. Урусевская, Ю.Л. Мешалкина, О.С. Хохлова // Почвоведение. – 2000. – №11. – С.1377-1390.
147. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 395с.
148. Чендев, Ю.Г. Агротехногенное изменение темно-серых лесных почв Центральной лесостепи за последние 200 лет / Ю.Г. Чендев // Почвоведение. – 1997. – №1. – С.10-21.
149. Чендев, Ю.Г. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части среднерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев, А.Л. Александровский, О.С. Хохлова, Л.Г. Смирнова, Л.Л. Новых, А.В. Долгих // Почвоведение. – 2011. – №1. – С.3-15.
150. Чендев, Ю.Г. Трансформация лесных почв штата Айова (США) в результате длительного земледельческого освоения / Ю.Г. Чендев, Ч.Л. Буррас, Т.Д. Соэр // Почвоведение. – 2012. – №4. – С.408-420.
151. Чендев, Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М.: ГЕОС, – 2008. – 212с.
152. Шакиров, К.Ш. Почвы широколиственных лесов Предволжья / К.Ш. Шакиров, П.А. Арсланов. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1982. – 175с.
153. Шеин, Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций / Е.В. Шеин // Почвоведение. – 2009. – №3. – С.309-317.
154. Шеин, Е.В. Гранулометрический состав: роль органического вещества в различиях данных седиментометрического и лазерно-дифракционного методов

- / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский, А.З. Молов // Докл. по экологическому почвоведению. – 2006. – Т.1 – №1 – С.17-30.
155. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432с.
156. Шеин, Е.В. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский // Почвоведение. – 2003. – №1. – С.53-61.
157. Шеин, Е.В. Теории и методы физики почв / Под ред Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616с.
158. Шендриков, М.Г. Почвы части закамских районов Татарской республики / М.Г. Шендриков. – Казань: Татгосиздат, 1934. – 147с.
159. Шинкарев, А.А. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифракции в анализе гранулометрического состава глинистой фракции почв / А.А. Шинкарев, А.Г. Корнилова, Ф.А. Трофимова, А.С. Гордеев, К.Г. Гиниятуллин, Т.З. Лыгина // Учен. зап. Казан. ун-та. – Сер. Естеств. Науки. – 2010. – Т.152. – кн.4. – С.78-91.
160. Anderson, A. J. B. Numeric Examination of Multivariate Soil Samples / A. J. B. Anderson // Mathematical Geology. – 1971. – Vol.3. – No.1. – P.1-14.
161. Beshay, N.F. Evaluation of some methods for establishing uniformity of profile parent materials / N.F. Beshay, A.Sh. Sallam // Arid Land Res. Manage. – 1995. – Vol.9. – P.63-72.
162. Busacca, A.J. Pedogenesis of a chronosequence in the Sacramento Valley, California, U.S.A., II. Elemental chemistry of silt fractions / A.J. Busacca, M.J. Singer // Geoderma. – 1989. – Vol.44. – P.43-75.
163. Cabrera-Martinez, F. Evidence for clay translocation in Coastal Plain soils with sandy/loamy boundaries / F. Cabrera-Martinez, W.G. Harris, V.W. Carlisle, M.E. Collins // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1989. – Vol. 53. – P.1108-1114.
164. Chris, E. Johnson Forest Soil Chemistry and Terrain Attributes in a Catskills Watershed / E.J. Chris, J.R. Javier, B.L. Gregory // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2000. – Vol.64. – P.1804-1814.

165. Christensen, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates / B.T. Christensen // *Advances Soil Sci.* – 1992. – Vol.20. – P.1-90.
166. Doran, J.W. Defining and assessing soil quality / J.W. Doran, T.B. Parki; ed. J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart, eds. // *Defining soil quality for a sustainable environment.* – Special Pub. 35, Soil Science Society of America Inc., Madison, WI, 1994. – Pages 1-21.
167. Duning, X. Numerical Classification of Forested Soils in the High-Mountain Region of Southwestern China1 / X. Duning, R.H. Rust, J.R. Crum // *Soil Science.* – 1986. Vol. 141. P.127-137.
168. Gregorich, E.G. The turnover of soil organic matter and storage of corn residue carbon estimated from natural ^{13}C abundance / E.G. Gregorich, B.H. Ellert, C.M. Monreal // *Can. J. Soil Sci.* – 1995. – Vol.75. – P.161-167.
169. Gregorich, E.G. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils / E.G. Gregorich, M.R. Carter, D.A. Angers, C.M. Monreal, B.H. Ellert // *Can. J. Soil Sci.* – 1994. – Vol.74. – P. 367-385.
170. Gruijter, J.J. Numerical classification of soils its application in survey. – Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1977. – 117p.
171. Guggenberger, G. Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soils: I. Lignin and carbohydrate signature / G. Guggenberger, B.T. Christensen, W. Zech // *Europ. J. Soil Sci.* – 1994. – Vol.45. – P.449-458.
172. ISO 11277: Soil Quality – Determination of practical size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. – Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. – 34p.
173. Jenkinson, D.S. Studies on the decomposition of plant material in soil / D.S. Jenkinson – *J. Soil Sci.* – 1977. – Vol. 17. – P. 280-302.

174. Kabrick, J.M. Landscape Determinants of Exchangeable Calcium and Magnesium in Ozark Highland Forest Soils / J.M. Kabrick, K.W. Goyne, Z. Fan, D. Meinert // SSSAJ. – 2011, – Vol.75. – N.1. – P.164-180.
175. Krasilnikov, P. A handbook of soil terminology, correlation and classification / Krasilnikov P., Juan-José Ibáñez Martí, Richard W. Arnold, Shoba S. – 2009. – 440p.
176. Kundler, P. Zur Kenntnis der Rasenpodsole und Greyen Waldböden Mittelrusslands im Vergleich mit den Sols lessives des westlichen Europas / P. Kundler // Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. – 1959. – Bd.86. – H.1. – S.16-36.
177. Kunz, G.W. Pretreatment for mineralogical analysis / G.W. Kunz, J.B. Dixon; Ed. by A. Klute // Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. – Madison, WI: Am. Soc. Agronomy, 1982. – P.91 – 10p.
178. Ladd, J.N. Decomposition of plant material in Australian soils. III Organic residues, biomass, and potential mineralization of C and ²²⁹N from decomposing isotope-labelled plant material and soil organic matter / J.N. Ladd, J.M. Oades, M. Amato // Austral. J. Soil Res. – 1985. – Vol.23. – P. 603-611.
179. Ladd, J.N. Soil structure: carbon and nitrogen metabolism / J.N. Ladd, R.C. Foster, J.O. Skjemstad // Geoderma. – 1993. – Vol.56. – P.401-434.
180. Lagaly, G. Colloid clay science / G. Lagaly; Ed. F. Bergaya, B.K.G. Theng, G. Lagaly // Handbook of Clay Science. Vol.1. Developments in Clay Science. – Amsterdam: Elsevier Ltd., 2006. – P.141-245.
181. Larson, W.E. Conservation and enhancement of soil quality / W.E. Larson, F.J. Pierce // Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Vol.2: Technical papers. – Bangkok, Thailand: IBSRAM, 1991. – P.175-203.
182. Lin, H.S. Three Principles of Soil Change and Pedogenesis in Time and Space / H.S. Lin // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2011. – Vol.75. – N.6. – P.2049-2070.
183. Martin, R. Carter Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions / R. Martin // Agronomy journal. – 2002. – Vol.94. – P.38-47.

184. Moore, A. Numerical analysis of soil. A comparison of three soil profile models with field classification / A. Moore, J.S. Russel, W.T. Ward // *J. Soil Sci.* – 1972. – V.23. – N.2. – P.193-309.
185. Pansu, M. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods / M. Pansu, J. Gautheyrou. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. – 993p.
186. Park, S.J. Identification and Characterization of Pedogeomorphological Processes on a Hillslope / S.J. Park, T.P. Burt // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2002. – Vol.66. – P.1897-1910.
187. Richter, D.D. Long-term soil experiments: Keys to managing earth's rapidly changing ecosystems / D.D. Richter, M. Hofmockel, M.A. Callahan, Jr. D.S. Powlson, P. Smith // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2007. – Vol.71. – N.2. – P.266–279.
188. Rodrigues de Lima A.C. Soil quality assessment in rice production systems: establishing a minimum data set / A.C. Rodrigues de Lima, W. Hoogmoed, L. Brussaard // *Journal of Environmental Quality.* – 2008. – Vol.37. – P.623-630.
189. Saiz-Jimenez C. Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soils: III. Analytical pyrolysis / C. Saiz-Jimenez, B. Hermosin, G. Guggenbeiger, W. Zech // *Europ. J. Soil Sci.* – 1996. – Vol.47. – P.61-69.
190. Skene, T.M. The influence of inorganic matrices on the decomposition of Eucalyptus litter / T.M. Skene, J.O. Skjemstad, J.M. Oades, P.J. Clarke // *Austral. J. Soil Res.* – 1997. – Vol.37. – P.73-87.
191. Skjemstad, J.O. High energy ultraviolet photooxidation: A novel technique for studying physically protected organic matter in clay and silt-sized aggregates / J.O. Skjemstad, L.J. Janik, M.J. Head, S.G. McClure // *J. Soil Sci.* – 1993. – Vol.44. – P.485-499.
192. Skjemstad, J.O. Non-living soil organic matter: What we know about it? / J.O. Skjemstad, L.J. Janik, J.A. Taylor // *Austral. J. Experimental Agric.* – 1998. – Vol.38. – P.667-680.

193. Skjemstad, J.O. The chemistry and nature of protected carbon / J.O. Skjemstad, P. Clark, J.A. Taylor, J.M. Oades, S.G. McClure // *Austral. J. Soil Res.* – 1996. – Vol.34. – P.251-271.
194. Soil Survey Laboratory Methods Manual: Soil Survey Investigations Report. – 2004. – No.42. – Version 4.0. – 700p.
195. Stolt, M.H. Soil-landscape relationships in Virginia: I. Soil variability and parent material uniformity / M.H. Stolt, J.C. Baker, T.W. Simpson // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1993. – Vol.57. – P.414-421.
196. Tiessen, H. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility / H. Tiessen, E. Cuevas, P. Chacon // *Nature* – 1994. – Vol.371. P.783–785.
197. Trettin C.C. Forest nutrient and carbon pools at Walker Branch watershed: Changes during a 21-year period / C.C. Trettin, D.W. Johnson, D.E. Todd, Jr. // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1999. – Vol.63. – P.1436–1448.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Гранулометрический состав почв

№ разреза	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание частиц, % от веса абсолютно-сухой почвы							Плотность сложения г/см ³	Плотность твёрдой фазы почвы г /см ³
			1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001	< 0,01		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разрез 1	P	2-20	0,2	16,4	27,0	9,6	14,2	32,5	56,3	1,15	2,63
	P	20-27	0,3	16,3	26,5	8,1	12,9	36,0	57,0	1,21	2,65
	B	30-40	0,1	16,8	20,9	3,2	12,5	46,5	62,2	0,98	2,68
	C	45-55	0,4	21,3	17,2	15,1	34,9	11,1	61,1	1,29	-
	D	60-70	1,4	13,6	14,0	12,2	39,9	19,0	71,1	1,36	-
Серая (разрез 2)	AY	5-19	0,1	19,0	38,4	9,0	13,1	20,4	42,5	0,85	2,56
	AEL	19-25	0,2	18,5	43,6	9,5	11,6	16,7	37,8	1,33	2,68
	BEL	25-34	0,1	14,1	38,5	8,4	10,4	28,5	47,3	1,51	2,71
	BT	40-60	0,1	13,8	33,5	6,7	8,3	37,7	52,7	1,52	2,76
	BT	70-90	0,2	16,7	33,0	4,4	9,0	36,8	50,2	1,39	2,72
	BC	105-115	0,3	24,7	18,4	7,3	11,6	37,9	56,8	1,45	2,73
	C	125-135	0,5	18,7	17,7	13,4	29,0	21,4	63,8	1,37	2,73
Серая (разрез 6)	AY	5-20	1,0	21,6	34,2	10,8	14,0	18,5	43,3	0,88	2,56
	AEL	20-26	2,9	20,8	43,1	10,5	13,3	9,3	33,1	1,20	2,67
	BEL	30-40	1,0	18,0	41,7	7,7	11,4	20,1	39,2	1,37	2,73
	BT	50-60	2,9	26,2	25,5	6,6	7,9	31,0	45,5	1,59	2,79
	BT	70-80	3,1	34,9	17,5	6,7	6,2	31,6	44,5	1,79	2,76
	BD	100-110	12,1	24,9	8,6	3,7	4,0	19,2	27,5	1,75	2,78
	D	115-125	25,6	42,7	7,2	2,2	4,7	17,6	24,5	1,77	2,75

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Агросерая (разрез 7)	P	0-15	1,6	23,0	35,5	8,2	11,2	20,5	39,9	1,20	2,61
	P	15-30	1,6	23,2	33,7	8,1	11,8	21,1	41,0	1,22	2,62
	BEL	30-49	2,2	21,8	28,8	5,5	8,4	33,3	47,2	1,49	2,69
	BT	49-63	1,8	21,3	26,8	7,4	8,4	34,4	50,2	1,51	2,69
	BT	80-90	1,9	19,3	26,3	7,7	9,2	35,6	52,5	1,52	2,72
	BT	100-110	1,7	21,8	23,6	7,8	9,4	35,6	52,8	1,51	2,65
	BC	120-130	3,0	26,0	22,5	6,0	10,0	32,4	48,4	1,49	2,68
	C	150-160	2,9	25,2	22,5	5,6	8,8	34,9	49,3	1,38	2,72
Серая (разрез 2.11)	AY	5-22	0,6	39,6	41,8	6,0	8,0	4,1	18,1	0,82	2,67
	AEL	25-35	0,5	41,5	45,4	4,8	6,5	1,4	12,7	0,95	2,69
	BEL	40-46	0,4	41,5	40,7	2,8	6,2	8,5	17,5	1,30	2,78
	BT1	50-60	0,2	42,6	36,1	3,1	4,0	14,0	21,1	1,48	2,72
	BT2	75-95	0,2	28,8	36,5	5,2	4,9	24,3	34,4	1,52	2,78
	BD	122-132	7,7	48,3	20,1	2,6	5,6	15,7	23,9	1,67	2,76
	D	135-145	15,0	68,4	7,8	1,4	1,6	5,8	8,8	1,65	2,78
Серая (разрез 12)	AY	5-19	0,1	19,0	38,4	9,0	13,1	20,4	42,5	0,85	2,56
	AEL	19-25	0,2	18,5	43,6	9,5	11,6	16,7	37,8	1,33	2,68
	BEL	25-34	0,1	14,1	38,5	8,4	10,4	28,5	47,3	1,51	2,71
	BT	40-60	0,1	13,8	33,5	6,7	8,3	37,7	52,7	1,52	2,76
	BT	70-90	0,2	16,7	33,0	4,4	9,0	36,8	50,2	1,39	2,72
	BC	105-115	0,3	24,7	18,4	7,3	11,6	37,9	56,8	1,45	2,73
	C	125-135	0,5	18,7	17,7	13,4	29,0	21,4	63,8	1,37	2,73
Темно-серая (разрез 21)	AU	5-23	0,1	16,2	36,4	8,8	11,7	26,7	47,2	0,78	2,49
	AU	23-36	0,0	17,3	36,3	8,5	10,5	27,4	46,4	1,10	2,67
	AUB	40-60	0,1	14,8	36,7	7,8	10,1	30,6	48,5	1,29	2,72
	BT1	70-80	0,0	16,1	36,6	7,9	9,3	28,1	45,3	1,33	2,71

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	BT2	85-115	0,1	16,1	36,7	8,2	9,5	29,4	47,1	1,25	2,74
	BC	118-129	0,1	15,4	32,9	9,0	11,4	31,2	51,6	1,48	2,75
	C	130-140	0,1	14,1	36,3	5,7	12,8	31,0	49,5	1,53	2,77
Темно-серая (разрез 16)	AU	5-15	3,1	20,3	27,5	8,3	14,3	26,5	49,1	0,83	2,52
	AU	15-28	3,1	23,1	25,1	7,9	13,4	27,4	48,7	0,97	2,59
	BEL	30-40	3,1	18,2	28,7	7,8	11,6	30,6	50,0	1,43	2,72
	BT1	45-55	3,0	19,6	23,8	8,6	8,8	36,3	53,7	1,49	2,71
	BT2	60-70	3,6	20,9	22,7	7,0	9,0	36,8	52,8	1,49	2,70
	BT3	75-85	3,6	21,9	22,0	7,2	10,1	35,2	52,5	1,49	2,71
	BC	95-105	4,5	23,1	21,5	8,0	10,8	32,1	50,9	1,52	2,69
	C	120-130	4,4	23,1	21,8	7,9	10,5	32,3	50,7	1,53	2,67
Агро-серая (разрез 9)	P1	0-15	10,1	25,0	27,3	8,5	10,8	18,3	37,6	1,20	2,66
	P2	15-28	11,3	22,5	28,4	8,2	10,4	19,2	37,8	1,21	2,68
	BEL	28-40	18,8	29,9	15,4	4,5	8,7	22,6	35,8	1,71	2,78
	BT	50-65	16,7	36,0	13,3	3,1	6,7	24,2	34,0	1,73	2,76
	BD	72-82	27,4	38,2	8,4	2,6	4,8	18,6	26,0	1,79	2,79
	D	85-95	47,8	34,6	4,0	1,3	2,8	9,5	13,6	1,72	2,73
Агротемно-серая (разрез 17)	PU1	0-15	0,6	19,3	30,0	9,0	15,1	26,0	50,1	1,15	2,61
	PU2	15-30	0,7	19,1	29,6	9,3	12,3	29,0	50,6	1,39	2,63
	AUB	30-40	0,4	18,4	25,7	7,7	10,0	37,8	55,5	1,36	2,71
	BT1	45-55	0,3	15,4	32,0	5,6	9,5	37,2	52,3	1,43	2,76
	BT2	60-70	0,7	21,3	26,4	8,5	9,7	33,4	51,6	1,45	2,73
	BT3	75-85	0,9	27,7	23,1	8,3	8,6	31,4	48,3	1,52	2,75
	BC	90-100	1,2	31,6	18,6	5,5	10,4	32,7	48,6	1,52	2,74

Структурно-агрегатный состав почв

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Структурные фракции %			СВД, мм	Содержание водопрочны х агрегатов <0,25мм	СВД водопрочных агрегатов, мм	Порозность %
			> 10 мм	10-0,25мм	< 0,25мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серая (разрез 2.11)	AY	5-22	1,6	76,4	22,0	2,5	77,3	2,5	69,3
	AEL	25-35	7,7	37,5	54,8	2,3	10,7	1,5	64,7
	BEL	40-46	16,5	60,6	22,9	4,7	20,0	1,1	53,2
	BT1	50-60	30,5	58,9	10,4	6,4	16,9	0,8	45,6
	BT2	75-95	52,4	44,9	2,8	8,8	27,9	0,5	45,3
Серая (разрез 12)	AY	5-19	1,3	89,3	14,8	2,4	81,3	1,7	66,8
	AEL	19-25	4,2	90,2	5,6	4,2	32,8	0,7	50,4
	BEL	25-34	29,3	67,3	3,4	6,9	44,5	1,0	44,3
	BT1	40-60	56,0	43,4	0,6	9,4	63,3	0,8	44,9
	BT2	70-90	70,5	29,0	0,4	10,4	61,9	0,8	38,9
Темно- серая (разрез 21)	AU	5-23	4,0	94,5	1,5	4,1	87,4	2,1	68,7
	AU	23-36	22,1	77,4	0,5	6,7	83,0	1,3	58,8
	AUB	40-60	30,6	68,9	0,5	7,5	80,4	1,1	52,8
	BT1	70-80	20,1	78,7	1,2	6,5	61,3	0,7	50,9
	BT2	85-115	47,1	52,1	0,8	8,6	58,5	0,7	54,4
Темно- серая (разрез 16)	AU	5-15	0,5	97,9	1,7	3,6	90,7	2,6	67,1
	AU	15-28	1,2	97,8	1,0	4,5	85,1	2,0	62,5
	BEL	30-40	43,4	55,7	1,0	8,8	71,4	1,3	47,4
	BT1	45-55	67,1	32,5	0,3	10,4	81,7	1,4	45,0
	BT2	60-70	51,2	47,9	0,9	9,0	76,9	1,2	44,8

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серая (разрез 6)	AY	5-20	1,2	88,4	10,5	3,1	93,3	2,5	65,6
	AEL	20-26	14,2	69,5	16,3	4,4	39,3	1,5	55,1
	BEL	30-40	17,3	64,6	18,1	5,2	23,6	0,6	49,8
	BT1	45-55	57,5	41,1	1,4	9,6	55,4	0,7	43,0
	BT2	70-80	61,7	31,7	6,6	9,5	48,0	0,7	35,1
Агросе- рая (разрез 9)	P1	0-15	22,90	58,2	18,88	4,3	33,0	0,9	54,9
	P2	15-28	14,49	74,7	10,86	4,1	35,1	0,8	54,9
	BEL	28-40	18,17	72,8	9,00	5,6	40,2	0,6	38,5
	BT	50-65	50,67	43,2	6,13	8,2	35,5	0,5	37,3
	BD	72-82	54,28	44,3	1,48	9,1	20,7	0,8	35,8
Агроте- мно- серая (разрез 17)	PU1	0-15	19,9	76,3	23,8	5,2	48,3	1,4	55,9
	PU2	15-30	38,7	60,5	0,9	8,0	69,1	1,3	47,1
	AUB	30-40	39,5	60,0	0,5	8,0	84,4	1,1	49,8
	BT1	45-55	47,3	52,3	0,4	8,8	83,1	1,2	48,2
	BT2	60-70	52,4	46,9	0,7	9,0	75,5	1,1	46,9

Приложение 3

Физико-химические свойства почв

Почва	Горизонт	Глубина взятия обр-ца, см	Гумус, %	N ₂ O %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	ЕКО м·Экв/100 гр	Поглощенные основания, ммоль/100 гр		
								Сумма	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Серая (разрез 2.11)	AY	5-22	2,80	0,198	0,159	1,51	23,5	9,5	6,6	2,9
	AEL	25-35	0,39	0,070	0,110	1,43	10,0	3,4	2,8	0,6
	BEL	40-46	0,36	0,061	0,121	1,77	21,9	6,4	4,8	1,6

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	BT1	50-60	0,14	0,028	0,142	1,69	22,3	9,8	7,5	2,3
	BT2	75-95	0,11	0,017	0,145	1,92	33,1	15,4	11,3	4,1
	BD	122-132	-	-	0,102	1,20	22,7	10,8	7,1	3,7
	D	135-145	-	-	0,057	0,50	12,9	3,6	2,8	0,8
Серая (разрез 12)	AY	5-19	4,96	0,302	0,209	1,86	36,9	18,5	15,9	2,6
	AEL	19-25	1,23	0,085	0,059	1,78	21,9	10,7	8,7	1,9
	BEL	25-34	0,79	0,045	0,063	1,79	31,9	13,8	11,3	2,5
	BT	40-60	0,57	0,031	0,105	1,66	34,0	19,7	15,6	4,1
	BT	70-90	0,57	0,038	0,116	1,49	35,9	24,9	20,2	4,7
	BC	105-115	0,45	0,039	0,132	1,45	32,0	34,2	30,8	3,4
	C	125-135	0,35	0,042	0,124	-	-	-	-	-
Темно- серая (разрез 21)	AU	5-23	9,75	0,376	0,248	1,74	64,7	44,7	40,6	4,1
	AU	23-36	3,55	0,123	0,166	1,88	44,8	29,7	25,4	4,3
	AUB	40-50	2,54	0,092	0,152	1,80	32,9	27,3	23,3	3,9
		50-60	1,74	0,086	0,142	1,79	36,5	25,2	21,1	4,1
	BT1	70-80	1,23	0,049	0,139	1,77	36,7	21,2	18,2	3,0
	B2	85-115	0,92	0,039	0,129	1,70	38,6	24,6	20,9	3,8
	BC	118-129	0,39	0,025	0,110	1,78	карбонаты			
	C	130-140	0,35	-	0,106	1,81				
Темно- серая (разрез 16)	AU	5-15	8,54	0,456	0,192	1,61	59,1	37,6	33,4	4,2
	AU	15-28	5,63	0,252	0,134	1,65	52,3	31,1	28,1	3,0
	BEL	30-40	2,52	0,126	0,098	1,63	42,1	24,4	20,4	4,0
	BT1	45-55	1,37	0,077	0,109	1,50	44,0	24,9	19,4	5,5
	BT2	60-70	0,97	0,068	0,099	1,46	46,2	25,4	19,9	5,5
	BT3	75-85	0,80	0,057	0,096	1,36	47,0	29,1	24,4	4,7
	BC	95-105	0,55	0,053	0,094	1,37	карбонаты			

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Серая (разрез 6)	AY	5-20	6,52	0,483	0,233	2,35	35,9	20,4	17,0	3,4
	AEL	20-26	1,83	0,120	0,094	2,45	15,0	5,6	4,5	1,1
	BEL	30-40	0,62	0,057	0,066	2,15	19,1	7,7	5,8	1,9
	BT1	45-55	0,50	0,049	0,083	2,04	21,1	11,7	7,9	3,8
	BT2	70-80	0,45	0,056	0,050	1,37	26,1	17,5	14,2	3,3
	BD	90-100	-	-	0,052	1,31	карбонаты			
	D	105-115	-	-	0,044	0,76				
Агросерая (разрез 9)	P1	0-15	2,06	0,129	0,160	1,85	22,1	13,7	12,0	1,7
	P2	15-28	1,73	0,110	0,163	1,44	24,1	13,9	12,0	1,9
	BEL	28-40	0,65	0,040	0,062	1,51	23,1	16,4	13,9	2,5
	BT	50-65	0,34	0,055	0,071	1,50	25,1	16,6	14,5	2,1
	BD	72-82	-	-	0,068	0,74	22,0	12,9	10,4	2,5
	D	85-95	-	-	0,051	0,52	11,0	6,0	4,9	1,0
Агротемно- серая (разрез 17)	PU1	0-15	5,00	0,271	0,202	1,65	55,1	32,9	25,9	7,0
	PU2	15-30	4,81	0,215	0,176	1,65	54,2	33,1	26,9	6,2
	AUB	30-40	3,51	0,162	0,101	1,69	40,1	37,4	29,9	7,5
	BT1	45-55	2,06	0,100	0,101	1,63	37,6	32,4	26,4	6,0
	BT2	60-70	0,81	0,064	0,094	1,51	37,0	29,4	22,7	6,7
	BT3	75-85	0,55	0,046	0,095	1,44	34,4	28,9	22,4	6,5
	BC	90-100	0,49	0,034	0,099	1,37	Карбонаты			
	C	110-130	0,41	0,035	0,091	1,25				

Кислотность серых лесных почв

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	pH _{водн}	pH _{KCl}	H ⁺ + Al ³⁺	H ⁺	Al ³⁺	Al мг·Экв/100 гр
					м·Экв/100 гр			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серая (разрез 2.11)	AY	5-22	6,5	5,3	-	-	-	-
	AEL	25-35	5,6	3,7	0,24	0,18	0,06	0,54
	BEL	40-46	5,9	3,7	0,32	0,26	0,06	0,54
	BT1	50-60	5,7	3,7	0,42	0,34	0,08	0,72
	BT2	75-95	5,3	3,6	0,40	0,30	0,10	0,90
	BD	122-132	5,5	3,9	0,42	0,34	0,08	0,72
	D	135-145	5,9	3,8	0,15	0,09	0,06	0,54
Серая (разрез 12)	AY	5-19	6,0	5,0	-	-	-	-
	AEL	19-25	5,6	4,0	0,36	0,28	0,08	0,70
	BEL	25-34	5,6	3,7	1,05	0,97	0,08	0,70
	BT	40-60	5,6	3,6	2,86	2,46	0,40	3,60
	BT	70-90	6,1	-	-	-	-	-
	BC	105-115	7,2	-	-	-	-	-
	C	125-135	8,2	-	-	-	-	-
Темно- серая (разрез 21)	AU	5-23	6,5	-	-	-	-	-
	AU	23-36	6,5	-	-	-	-	-
	AUB	40-60	6,6	-	-	-	-	-
	BT1	70-80	6,9	-	-	-	-	-
	BT2	85-115	7,3	-	-	-	-	-
	BC	118-129	8,2	-	-	-	-	-
	C	130-140	8,3	-	-	-	-	-
Темно- серая (разрез 16)	AU	5-15	6,5	-	-	-	-	-
	AU	15-28	6,2	-	-	-	-	-
	BEL	30-40	5,9	4,8	0,09	0,05	0,04	0,40
	BT1	45-55	5,6	4,4	0,14	0,10	0,04	0,40
	BT2	60-70	5,3	4,1	0,32	0,26	0,06	0,50
	BT3	75-85	6,3	-	-	-	-	-
	BC	95-105	6,9	-	-	-	-	-
	C	120-130	6,5	-	-	-	-	-
Серая (разрез 6)	AY	5-20	5,8	4,9	0,04	0,02	0,02	0,18
	AEL	20-26	5,5	4,5	0,72	0,66	0,06	0,54
	BEL	30-40	5,5	3,7	1,72	1,60	0,12	1,08
	BT1	45-55	5,2	3,7	2,80	2,79	0,01	0,09
	BT2	70-80	7,3	-	-	-	-	-
	BD	90-100	8,1	-	-	-	-	-

	D	105-115	6,94	-				
--	---	---------	------	---	--	--	--	--

Продолжение приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Агросерая (разрез 9)	P1	0-15	6,4	5,3				
	P2	15-28	6,6	5,4				
	BEL	28-40	7,1	5,2				
	BT	50-65	6,2	4,6	0,10	0,02	0,08	0,72
	BD	72-82	5,2	3,7	0,97	0,75	0,22	1,98
	D	85-95	5,5	3,9	0,57	0,49	0,08	0,72
Агротемно- серая (разрез 17)	PU1	0-15	6,4	-	-	-	-	-
	PU2	15-30	6,3	-	-	-	-	-
	AUB	30-40	6,3	-	-	-	-	-
	BT1	45-55	6,7	-	-	-	-	-
	BT2	60-70	7,1	-	-	-	-	-
	BT3	75-85	7,4	-	-	-	-	-
	BC	90-100	7,6	-	-	-	-	-
	C	110-130	8,2	-	-	-	-	-

