

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

Институт наук о Земле
ООП «Почвоведение»
Кафедра почвоведения и экологии почв

ИГУМНОВА Валерия Антоновна

Выпускная квалификационная работа

**ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ
И СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ЛИСИНСКОГО
ЛЕСНИЧЕСТВА**

Научный руководитель:

к.б.н., доцент Г.А. Касаткина

«__»_____ 2019

Заведующий кафедрой:

д.г.н., проф., А.В. Русаков

«__»_____ 2019

Санкт–Петербург

2019

Оглавление

1. Введение.....	4
2. Литературный обзор.....	6
2.1. Историческая справка.....	6
2.2. Обзор достижений науки в почвенных и мелиоративных исследованиях	22
2.3. Факторы почвообразования	34
2.3.1. Климат.....	34
2.3.2. Геоморфология.....	34
2.3.3. Гидрологические условия	35
2.3.4. Почвообразующие породы	35
2.3.5. Растительность	36
3. Объекты и методы	38
4. Результаты и обсуждения	45
4.1. Анализ почвенных карт.....	45
4.2. Анализ морфологических свойств почв	46
4.2.1. Анализ морфологии горизонтов.....	47
4.2.2. Анализ карт мощности органогенных горизонтов.....	51
4.3. Физико-химические свойства почв и их анализ.....	53
4.3.1. Анализ показателя гигроскопической влажности (ГВ)	56
4.3.2. Анализ потери при прокаливании (ППП)	57
4.3.3. Анализ показателей кислотности почв.....	58
4.3.3.1. рН.....	58
4.3.3.2. Гидролитическая кислотность (Нг)	59
4.3.4. Сумма обменных оснований.....	60

4.3.5. Степень насыщенности основаниями (V)	61
4.4. Физические свойства	62
4.4.1. Анализ гранулометрического состава исследованных почв	62
4.5. Содержание и состав органического вещества почв	66
4.5.1. Анализ содержания общего углерода (C)	66
4.5.2. Анализ состава почвенного органического вещества (ПОВ)	67
4.5.2.1. Результаты классических методов определения ПОВ.....	67
4.5.2.2. Результаты современного метода определения ПОВ	72
5. Выводы	76
6. Заключение	77
Список литературы:	79
Приложения.....	84
Приложение А	84
Приложение Б.....	85
Приложение В	87

1. Введение

Человек с древних времен занимается искусственным улучшением почв разными приемами, производя мелиорацию земель. Существует достаточно много работ, посвященных осушительной мелиорации земель сельхоз назначения, но среди них лишь небольшое количество, в которых бы указывалось влияние мелиорации на состав и содержание органического вещества. Помимо данной категории земель гидротехнические мелиорации проводятся и на землях лесного фонда. К сожалению, именно на этих территориях непостижимо мало исследований, связанных с изменением органического вещества почв в процессе мелиорации. В связи с этим данная работа является актуальной.

Цель: Выявить влияние осушительной мелиорации на состав и содержание органического вещества почв Лисинского лесничества.

Задачи:

1) Выявить изменение мощности органогенных горизонтов на мелиорированном участке за 44-летний период.

2) Определить содержание и состав органического вещества целинных и мелиорированных почв методами щелочной экстракции (в модификации Пономаревой-Плотниковой), пирофосфатной вытяжки (Кононовой-Бельчиковой) и хемодеструкционного фракционирования (метод Попова-Цыпленкова), и изменение этих показателей в связи с мелиорированием.

3) Провести сравнительный анализ методов, использованных для определения почвенного органического вещества.

4) Проанализировать изменения свойств почв на мелиорированном участке по сравнению с немелиорированным.

Новизна:

1) Пополнение базы данных по данной теме.

2) В Лисинском лесничестве такого анализа по изменению органического вещества осушенных почв никто не проводил.

3) Для анализа почвенного органического вещества был использован современный метод – хемодеструкционное фракционирование.

В работе использовались:

—Данные по разрезу №1, предоставленные А. Устюжаниной.

—Почвенная карта мелиорированного участка, а также карта мощности органогенных горизонтов этого участка (2017 г), составленная студентами 3 курса бакалавриата в ходе летней практики 2017 г.

—Данные мощности органогенных горизонтов за 1973 г. предоставлены Б.В. Бабиковым.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю к.б.н. Г.А. Касаткиной за помощь и ценные советы.

Автор искренне благодарен Н.Е. Орловой, А.И. Попову и А.Г. Рюмину, со стороны которых он постоянно получал полезные советы и чувствовал неизменную поддержку во время работы над дипломом, А. Устюжаниной за предоставленные данные, а также инженерам кафедры почвоведения и экологии почв и своим однокурсникам за помощь в подготовке работы.

2. Литературный обзор

2.1. Историческая справка

Первые упоминания местечка под названием Лисино можно проследить сначала в оброчной книге 1500 г., а затем в виде погоста на шведской карте 1676 г., на которой картографическое положение примерно соответствует современному учебно-опытному лесхозу (на основании которой, кстати, была составлена карта в 1827 г. генерал-майором Ф.Ф. Шубертом). Как мы помним из истории, до Северной войны земли принадлежали Шведскому королевству (граница как раз проходила по крайнему югу дачи), и никто ее особо не исследовал [6, 23]. А в Северную войну приневские земли были отвоёваны Петром I во владение Российского государства. Конечно возврат территорий, богатых лесом, был очень кстати – как раз для строительства новых кораблей. В связи, с чем в 1703 г. он вводит ряд указов «О заповедных лесах для корабельного строительства» и посылает князя Р. Мещерского и мастера Васильева на р. Тосну для поиска и описания корабельных лесов, после чего начался массовый ввоз подходящих пород деревьев в Санкт-Петербург. Но, к сожалению, уже в 1764 – 1765 гг. в этой местности не осталось ни дубов, ни мачтовых сосен. Однако не зря Петра I считают основоположником российского экологического права. Он четко понимал, что массовая вырубка лесов ни к чему хорошему не приведет, именно поэтому в 1787 г. генеральным межеванием часть лесного массива с площадью 28502 га, который имел название «Лисинская дача», как никому не понадобившийся остаток малоценных в то время лесных земель, была изъята из окружающих ее землевладельческих угодий, и затем в 1805 г. переведена из Управления уделов (императорские земли) во владение Лесного Департамента Министерства финансов, где уже были закреплены границы и учреждено казенное лесничество при условии поставки значительного количества дров. Это положение сервитута так и останется вплоть до 60-х годов XIX столетия. В том же 1805 г. в Лисино в первый раз для учеников старшей высшей школы Императорского Лесного Института проводили практику летом по лесоводству,

лесной таксации и геодезии. Впоследствии такие поездки стали происходить одна за другой [23].

Затем по инициативе министра финансов Е.Ф. Канкрин волею Николая I-го 7 декабря 1834 г. были учреждены Лисинское учебное лесничество и Егерское училище для грамотных мальчишек из крестьянских семей, вследствие чего лесничество было исключено из Санкт-Петербургской казенной палаты и передано Санкт-Петербургскому лесному институту навсегда, во главе с окончившим Лесной институт, Балтазаром Балтазаровичем Фрейрейсисом. Именно здесь разрабатывались и отрабатывались все правила и приемы лесного хозяйства, а так же к 1841 г. был построен лесотехнический завод, на котором изготавливались различные продукты из лесного сырья [6, 23]. В это же время впервые в России с целью правильного устройства лесов по заграничному образцу была произведена лесохозяйственная съемка (рис. 1) и таксация Лисинской дачи [43].



Рисунок 1. Расположение земель Лисинского лесничества на территории Ленинградской области [43]

Лесничество привлекало массу исследователей, как уникальный нетронутый сохранившийся объект живой природы с правильным, а вернее, с рациональным лесоустройством. Так, например, в этот же год было проведено первое масштабное геоботаническое описание прапорщиком В.Е. фон Граффом. Настолько детально изученные лесные территории с тех времён нужно еще поискать (например, имеются уникальные данные о продуктивности и динамике лесов за 160 лет) [43]. В 1851 г. министр Кисилёв поставил задачу сделать учебное лесничество образцово-показательным, которое стало бы примером всем остальным и выпускало бы квалифицированные кадры. Помимо естественной растительности этой территории, здесь так же издавна занимались искусственными насаждениями разных пород, таких как ель, сосна, лиственница, дуб, липа, кедр, пихта, в результате чего на территории лесничества до сих пор существует дендрарий. Именно здесь проверяли действенность всех агротехнических приемов искусственного лесовосстановления. И что является наиболее важным – это место является учебным полигоном. Так курсанты, выпустившиеся из института обязаны были приезжать на целый год для занятия практикой по лесному хозяйству под надзором ученых лесничих, но такие длительные практики были заменены в 1865 году на ежегодные летние практики. Такого рода занятия студентов производятся в Лисинской даче и по настоящее время [23].

Егерское же училище просуществовало до 1869 года, далее в ходе реорганизации с 1 сентября 1888 г. при Лисинском лесничестве была учреждена низшая лесная школа, из числа первых школ такого рода.

С 1846 – 1917 гг. здешние места были преобразованы под императорскую охоту - построены охотничий дворец, избышки, дороги, мостки, осушались болота и т.д. [23]

В советское время тоже происходила реорганизация учебного полигона. В 1925 г. была организована Лисинская опытная станция (до 1935 г.) и

Лисинское учебно-опытное хозяйство (Лисинское УО), впоследствии преобразованное в учебно-опытный леспромхоз. В 1946-2001 гг. в Лисино занимались лесопосадками разных пород на территории 300 га. Но помимо всех организационных моментов, данная учебная база все так же являлась интересом многих ученых из разных направлений: геология, почвоведение, лесоводство и др., а так же здесь ежегодно проводились летние практики для студентов не только ЛТУ, но и СПбГУ [7].

Именно поэтому хочется отдельно сказать, почему же Лисинское лесничество является уникальным объектом для исследований.

Во-первых, многие источники описывают уникальный опыт осушительной мелиорации начиная с 1840-х годов.

По данным произведенного лесоустройства 1841 г. было выявлено, что территории лесничества сильно заболочены. Такому стечению обстоятельств способствовали главным образом рельеф и почвы. По данным обширного геологического исследования этой территории, проведенного Б.Ф. Земляковым [18] в 1900-х гг., территория Лисинской УО части представляет собой дно озёрно-ледникового бассейна, выстланное ленточными глинами, из-под которых выступают ледниковые отложения – валунные суглинки. Вследствие чего и проявляется заболачивание, а именно из-за слабонаклоненной равнины, подстилаемой слабоводопроницаемыми породами. По словам А.А. Роде [40], здесь процесс подзолообразования сменяется на болотообразование, происходящее путем перенасыщения почвенного профиля влагой атмосферного происхождения с образованием верховодки.

Как отмечалось в ряде источников [18, 40], помимо тяжелого гранулометрического состава и избыточного длительного увлажнения почвы существует еще и фактор межвидовой и внутривидовой конкуренции. Так, если приглядеться к лесовозобновлению в ельниках, при естественном изживании старых участков, не трудно заметить, что молодые елки появляются и развиваются не на любых, а лишь на

исключительных местах. Такими местами являются несколько дренированные участки - возвышения у пней, небольшие пригорки и кочки. Промежуточные площади, т.е. не менее 70% всей поверхности почвы, надо считать абсолютно лесонепригодной вследствие, очевидно, её чрезмерной плотности и переполненности водой во время вегетационного периода. Если старые деревья, постепенно приспособившись, занимают эту почву, то скорее разросшимися кронами своими, чем корнями. Следовательно, для увеличения продуктивности и возобновления пород необходимо применение гидромелиоративных мероприятий.

С середины XIX века в учебно-опытном лесхозе ведутся опыты по осушению болот и влиянию этого приема на продуктивность и качество выращиваемого там леса. Так, еще в 1834 г. в лесничестве было создано около 32 км осушительных открытых каналов в результате нивелирной съемки местности [43]. В результате к 1842 г. площадь ареала сосновых лесов возросла с 12% до 27% [23]. Как было замечено Д.М. Кравчинским [23] в его монографии, в то время приблизительно 30% территории находилось под болотами, а в 1911 г. – уже только 17% Лисинской дачи.

Проведение мелиоративных работ как болотных, так и заболоченных территорий привело к интересным выводам относительно разной глубины осушения – мелкие болота с толщиной торфа до 1,1 м и глубокие от 4,32 м и глубже. Более удачным является вариант осушения мелких болот. На них проводили каналы вплоть до минеральной толщи, после чего торф оседал и превращался в перегной, эта форма органического вещества оказалась более благоприятной для леса - безжизненные болота начали зарастать сосной и березняком, даже старые деревья начали двигаться в росте. Такие болота, после осушки их, переходят из разряда неудобных (непроизводительных)

земель в разряд хороших лесных угодий. Например, болото «Суланда» в 150-м квартале, площадью 436 га, осушенное в это же время, ныне занято лесными участками хорошего роста (запас древесины 500-700 м³/га) [6]. Но на самом деле специального проекта осушения даже и не было (рис. 2), делалось всё скорее интуитивно. На примере этого болота был выявлен ряд задач для дальнейшего более правильного проведения работ. Отрицательные моменты проведения мелиоративных работ были следующими: при первых попытках осушения канавы вырывались не в форме трапеций с правильной крутизной, а в виде траншей, или с отвесными стенками, так же не всегда выдерживался уклон продольного профиля, что влияло на время работы канав и их эффективность [7].

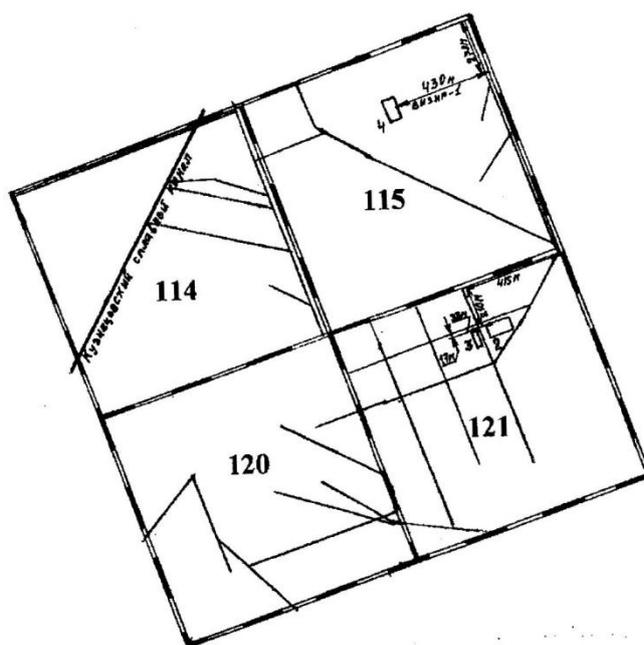


Рисунок 2. Схема осушительной сети на Суланде [7]

Через некоторое время на «Хейновском болоте» были проведены первые удачные научно-обоснованные осушительные работы с предварительным исследованием почвенных условий под руководством И.Г. Войнюкова. Что интересно: по итогам реализации проекта были проведены как регулирующие, так и проводящие каналы (рис. 3) [7].

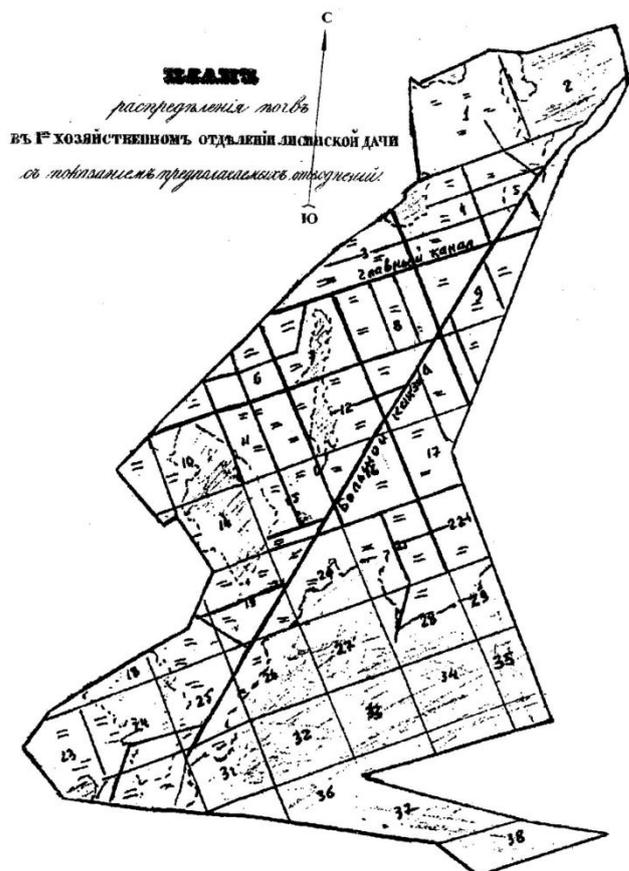


Рисунок 3. Проект осушения Хейновского болота [7]

На глубоких же болотах имеется совсем иная картина при осушении таким же способом: часть воды с поверхности отводится, вследствие чего верхняя часть торфяной толщи иссушается, но все же это не может изменить физико-химических свойств всей толщи, происходит заплывание канав, а болото остается в прежних границах. Яркими примерами являются Кузнецовское и Рамболовское болота Лисинской дачи. Становится очевидным, что данные территории осушать и не следует вовсе, а стоит ограничить канавами, дабы они не увеличивались по площади [23]. Экономическая целесообразность, конечно же, тоже влияет. По словам Д.М. Кравчинского [23] еще на рубеже XIX и XX вв.:

«При нынешних ценах на труд землекопков осушка неглубокого болота открытыми канавами обходится от 10-15 руб. десятина, что представляет очень производительную затрату капитала в лесохозяйственных целях (при близких здешним, конечно, ценах на лес)».

Эффективность осушения впервые приведена по болоту «Суланда» в 1935 г. П.М. Шиндиным – класс бонитета изменился с IV до I-II. По прошествии времени, в процессе формирования сомкнутого древостоя с данным классом бонитета в связи с высокой транспирацией, водный режим почв стал более равномерным. В 1949-1957 гг. Х.А. Пискарьковым и П.И. Давыдовым были сделаны множество наблюдательных колодцев и вычислены коэффициенты фильтрации почв с целью оценки состояния осушенных земель. Так же Х.А. Пискарьков предложил использовать весьма плодотворный показатель зольности торфа для определения качества торфа и дальнейшего развития эффекта осушения, а так же обращать внимание на время года при определении водного баланса, так как это влияет на древостой (в особенности грунтовые воды). Впоследствии эти идеи вошли во многие инструкции. Дальнейшие исследования этого болота были продолжены В.В. Пахучим в 1970-х [7].

Особняком стоят стационарные исследования. Обоснованием их начала стало то, что многолетний опыт изучения осушенных земель не дает полной картины происходящих процессов, особенно изменчивы почвенные условия. Обычно происходит воздействие на водно-воздушный режим почв: удаление гравитационной влаги, улучшение аэрации и т.д. В том числе стоит обращать особое внимание на водный баланс, а определение всех его составляющих возможно только на стационарах. Для этого в 1973 г. под руководством Б.В. Бабикова [7] был заложен стационар «Малиновский» (рис. 4), охватывающий два

участка: с торфяными почвами под рединами и минеральными с
ельнико-черничками.

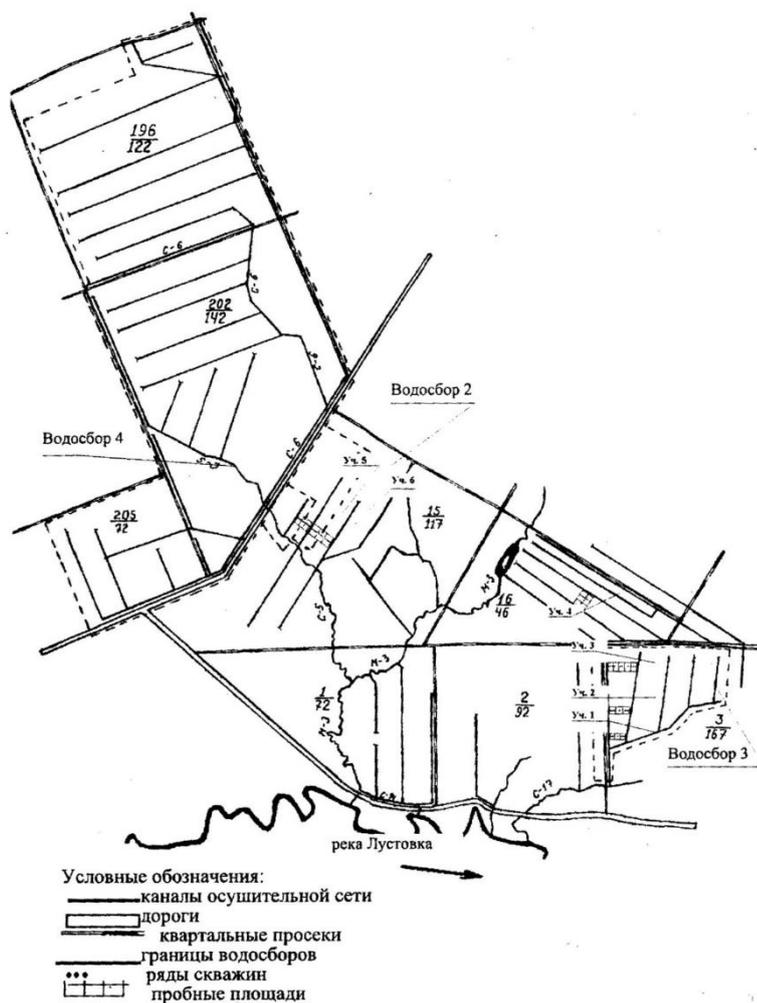


Рисунок 4. Схема осушительной сети на «Малиновском»
стационаре [7]

Исследовались водно-балансовая составляющая, сток водосборов и местного базиса эрозии р. Лустовка, изменение содержания органического вещества, рост леса таксацией, геоботаническое состояние участков. Наблюдение велось на протяжении 30 лет.

В результате, как указывал Б.В. Бабилов [7]:

1) грунтовые воды приблизились к норме осушения, но где-то еще сохранялось обводнение в вегетационный период;

(В целом сам древостой уже начал регулировать уровень грунтовых вод)

2) уровни грунтовых вод на торфяниках опустились ниже, чем на минеральных участках, а так же имели меньшую амплитуду колебаний;

3) бонитет возрос до I-II класса;

4) на минеральных участках стал произрастать более сложный по составу древостой;

5) на торфяниках на месте редины развился сосновый лес;

6) выявлена достаточно высокая эффективность проведения мелиоративных работ не только на переходных мелкозалежных торфяниках, но и на низинных.

По итогам, гидромелиорация болот Учебно-опытного лесхоза за весь период привела к остановке накопления торфа, его минерализации и регуляции водно-воздушных режимов, что и повлекло за собой улучшение роста деревьев, ареал болот сократился в 3 раза [7, 43].

На данный момент осушительная сеть занимает 940 км (рис. 5).

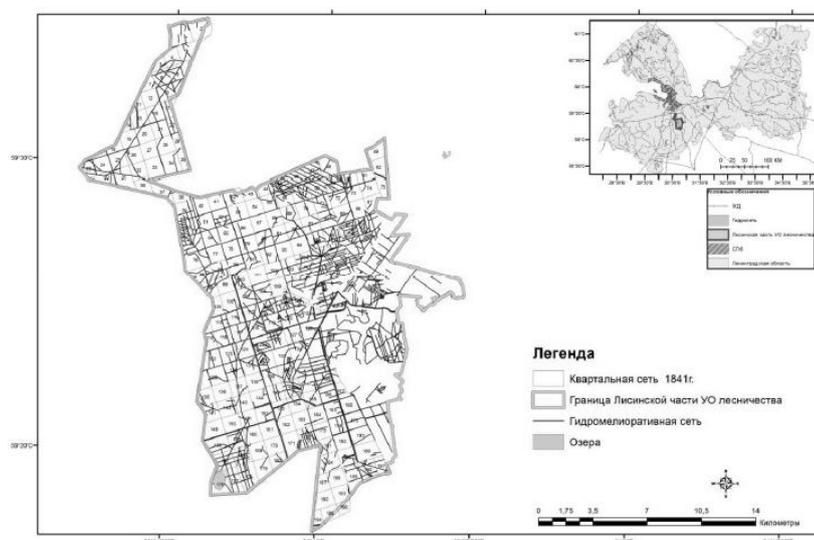


Рисунок 5. Сеть мелиоративных каналов на 2017 г. [43]

Во-вторых, лесничество упоминается в монографиях и является объектом исследований многих ученых, в том числе почвоведов.

Если откинуть идеи того, что Лисинское лесничество – это объект исследования прежде всего лесничих, то можно заметить, что во многих монографиях [7, 23] ученые-лесоводы приходили к тому, что если ограничиваться только исследованиями самого леса как ботанического объекта, то это не покажет полной картины, а значит надо исследовать и то, на чем стоит лес, какое питание и откуда он получает.

Еще на рубеже XIX и XX вв. Д.М. Кравчинский [23] приводит данные разделения на участки «по господству» древесной породы без учета почвенной составляющей: ели, сосны и лиственных. Как видно, выделялось всего 3 разности, но при учете почв было решено выделять целых 5 разных типов участков, а именно:

1) хозяйство на ель на мокрой, ровной, холодной почве суглинистого типа (тяжелый суглинок) на более возвышенных, наименее переполненных водой, во время растительного периода местах,

2) хозяйство на сосну строевую на более низких мокрых моховых болотных почвах

3) хозяйство на сосну дровяную (отличаются возрастом спелости и осушением),

4) хозяйство на берёзу суходольную на неглубоких моховых болотных почвах, возникших после гари,

5) хозяйство на березу болотную (болотные почвы).

Каждое из этих хозяйств отличается своими особенностями, зависящими от свойств леса и качества почвы, на которой он произрастает. То есть на самом деле ученым-лесничим было совершенно понятно, что только при оценке совокупности факторов можно правильно распоряжаться лесным хозяйством. Конечно, когда лесничеству понадобилось более подробное исследование каждого фактора, началось с геологии. В ходе проведенного в 1920-х гг.

I. Наносы ледникового времени.	}	1) Предморенные пески.
		2) Средняя морена (валунный суглинок).
		3) Валунные пески (ледниковые).
		4) Безвалунные пески (ледниковые).
II. Наносы позднеледникового времени.	}	5) Ленточные глины.
		6) Айсберговая морена,
		7) Валунные пески (размытая морена).
III. Наносы послеледникового времени.	}	8) Безвалунные пески (озерные).
		9) Безвалунные суглинки.
		10) Аллювиальные отложения.
		11) Торфяники.

Рисунок 7. Порядок четвертичных отложений на территории лесничества

[18]

Они во многом и обуславливают рельеф местности, а как мы знаем, он в свою очередь влияет на растительность, почвенный покров за счет перераспределения водных, воздушных и тепловых масс.

Земли лесничества находятся на равнине, имеющей небольшой уклон на восток и юго-восток (рис. 8).

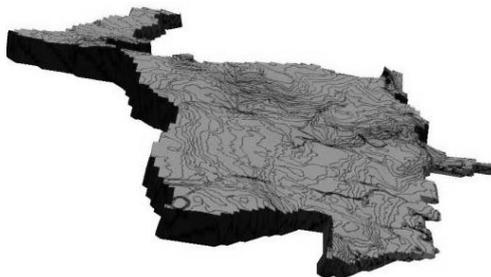


Рисунок 8. Трехмерная карта рельефа лесничества [43]

В 1926-1929 гг. А.А. Роде [40] впервые была проведена большая работа по изучению почвенного покрова, служащая большим подспорьем для исследования генезиса лесных почв. Так в ходе работы он выявил следующее:

1) в условиях Лисинского лесхоза наиболее важным фактором, определяющим направление почвообразовательного процесса, является водный режим почвы;

2) нормальным почвообразовательным процессом для почв лесхоза является подзолообразование, на который накладывается процесс заболачивания;

3) грунтовые воды залегают достаточно глубоко и не оказывают влияния на почвообразовательный процесс. Заболачивание вызывается только водами атмосферного происхождения, прежде всего верховодкой.

И затем выделил три основные группы почв: почвы, в которых преобладает подзолистый процесс; почвы переходного (смешанного) типа; почвы болотного типа. Было решено также, что стоит выделить особые почвы – мелиорированные. Именно в Лисино А.А. Роде [40] сформировал теорию подзолообразования. Объекты его исследований стали эталоном для многих почвоведов, а так же были представлены на II Международном съезде почвоведов в 1930 г, а в 2007 г. включены в Красную книгу почв Ленинградской области [4].

Первое подробное изучение структуры почвенного покрова было разработано В.Н. Смагиным [42] (по схеме Л.И. Прасолова с использованием геоботанического обследования), а так же он создал свою классификацию почв Лисинского лесхоза [7].

Еще более полное исследование было произведено в 1936-1937 гг. А.С. Масловым, Н.И. Соколовой и В.В. Пономаревой под руководством И.В. Тюрина с составлением почвенной карты масштабом 1:20 000, морфологическим и химическим анализами, что привело к выделению трех групп почв по механическому составу и девяти генетическим почвенным разновидностям. С этого времени начинается систематическое изучение почв на учебно-опытном полигоне [7].

Так же в это же время началась работа И.В. Тюрина и его учеников по обследованию органического вещества и зародилось направление «Лесное почвоведение» [7].

В 1951-1953 гг. под руководством Н.Л. Благовидова была создана почвенная карта масштабом 1:20 000 (рис. 9) и выделено 47 разновидностей почв по почвообразующим породам, гранулометрическому составу, характеру гумусового горизонта, степени оподзоленности. В этом делении также

учитывались как ряды осушенных, так и заболоченных почв отдельно. И что интересно, наряду с почвенной картой было выделено 23 вида местообитаний: от возможно недостаточного увлажнения до постоянного переувлажнения [7].

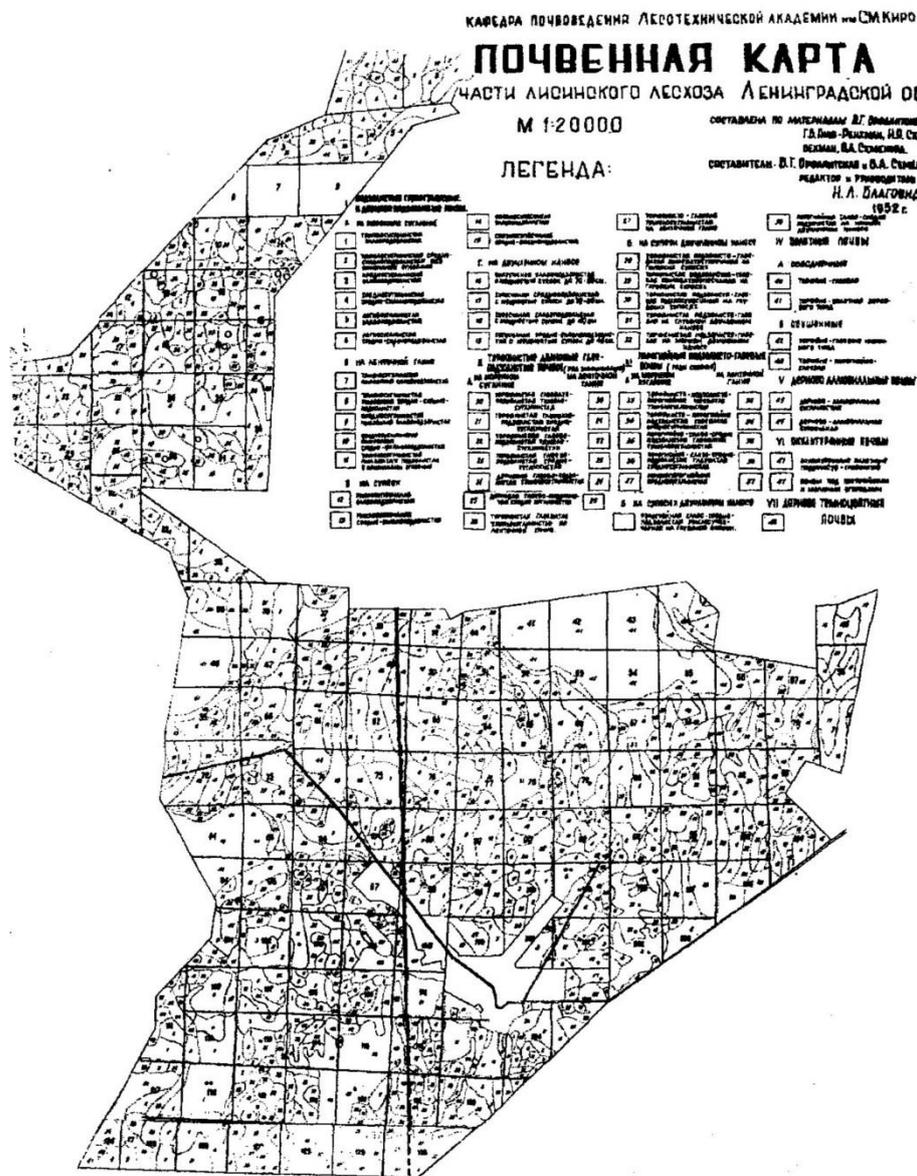


Рисунок 9. Почвенная карта части Лисинского лесничества [7]

Но это всё дало лишь общую характеристику почв. Поэтому стоял вопрос об их более детальном исследовании. Так уже в 1962-1964 гг. Б.В. Надеждиным и О.Г. Чертовым была создана более крупномасштабная карта 1:10 000 на территории Гришкинской дачи, которая содержала данные как о мощности горизонтов, так и данные химических анализов [7].

Как уже было сказано выше, с 1974 г. профессором Б.В. Бабиковым [7] ведутся стационарные наблюдения Малиновской дачи (стационар «Малиновский»), где так же проводится систематическое детальное почвенное картирование.

В 1996 г. Лисино было включено в экскурсионный маршрут по Северо-Западу для участников 2-го съезда Докучевского общества почвоведов России [38]. Экскурсантам были продемонстрированы два почвенных объекта. Один из них, который в течение ряда лет был объектом стационарных исследований Н.Н. Матинян [26], представлен почвой на ленточных глинах.

Многочисленные трудоемкие исследования дают нам знать, что почвы в Лисинском лесничестве весьма разнообразны и помогают организовать правильное и рациональное ведение лесного хозяйства.

В настоящее время работы почвоведов в лесничестве продолжаются кафедрой почвоведения и мелиорации ЛТА.

2.2. Обзор достижений науки в почвенных и мелиоративных исследованиях

Исследование почв (почвенного покрова) является важным звеном для разработки наиболее рационального использования земель, так как почва как природное тело представляет собой связующее звено между другими компонентами ландшафта, а также является результатом их взаимодействия. Существует достаточно большое количество материала по исследованию природных экосистем, но стоит обратить внимание и на преобразование почв при антропогенной нагрузке (распашка, мелиоративные мероприятия), потому что это тоже считается эволюцией почвы. Важно понять, какие и в какую сторону происходят изменения свойств почвенного покрова. Но перед этим необходимо более подробно изучить «естественную» (целинную) почву, ее генезис для дальнейшего прогнозирования изменений и сравнения с новым квазистационарным состоянием [19, 27].

Заболоченные минеральные почвы, подверженные разной степени гидроморфизма, преобладают в почвенном покрове Северо-Запада. Территория расположена в зоне валдайского оледенения на границе двух геоботанических зон – средней и южной тайги, и представлена довольно однородным рельефом, сложенным озерно-ледниковыми равнинами и моренными ландшафтами. Эта зона характеризуется преобладанием количества осадков над испаряемостью, продолжительным периодом нахождения почв под снежным покровом. Происхождение их сопряжено с рядом элементарных почвенных процессов: трансформация минеральной и органической массы, аккумуляция, передвижение и иллювиальное накопление продуктов почвообразования. Необходимыми условиями являются смена окислительно-восстановительных условий и длительное перенасыщение почвенного профиля влагой [10, 31-32].

В нашей работе будут рассмотрены почвы, которые по классификации 2004 г. [48] отнесены к структурно-метаморфическим, а именно к типу элювиально-метаморфических. В классификации 1977 г. [13]

подобные почвы относились к подзолистым. Не было произведено разделение этих почв в предыдущих классификациях, так как они формируются почти при одних и тех же условиях, но почвенные процессы будут иметь разные. Формируются на породах с тяжелым гранулометрическим составом – на ленточных глинах, которые представляют собой горизонтальные прослойки разного механического состава, что говорит о хорошо развитых горизонтальных потоках, но не вертикальных, и о наличии водоупора литологической природы [26].

Ведущими почвообразовательными процессами являются глееобразование, подзолообразование, лессиваж и торфообразование, которые можно проследить по морфологическим, химическим, физико-химическим и другим свойствам [15, 32].

1. Как показала Н.Н. Матинян [26] для морфологии почв, сформированных на ленточных глинах характерно:

- 1) мраморизация верхней части профиля, т.е. сочетание сизых (восстановленная зона) и ржавых пятен (зона окисления);
- 2) новообразования гидроксидов железа и марганца;
- 3) сизые горизонты – глеевые.

2. Физико-химические свойства:

1) Так же автор [26] отмечает, что для этих почв характерны кислая реакция среды (вниз по профилю рН возрастает); обменная кислотность, обусловленная алюминием, имеющая место быть только в верхней части (что является характерным признаком поверхностного оглеения); часто наблюдается гидролитическая кислотность, ненасыщенность, интенсивный вынос макро и микроэлементов. По механическому составу профиль заметно отличается, так верхние осветленные горизонты легкие, а нижележащие – темные и более глинистые.

2) В.К. Пестряков [32] в своей работе указывал, что для этих почв характерно и химическое выветривание первичных минералов (кроме кварца)

в верхней части профиля и перенос продуктов распада в нижележащую толщу с образованием элювиально-иллювиального типа распределения, а также наблюдается миграция тонкодисперсной фракции с некоторым накоплением крупных фракций в верхней части профиля (характерно для глинистых почв).

Важное значение в формировании этих почв играет и органическое вещество.

3. Органическое вещество:

1) В монографии Н.Н. Матинян [26] показано, что в органо-минеральном горизонте содержание общего углерода составляет 1-4% (с увеличением степени гидроморфизма содержание возрастает); наблюдается резкое убывание содержания углерода органических соединений вниз по профилю и повышенное содержание негидролизуемого остатка, а соотношение С_{гк}:С_{фк} составляет 0,66-0,88.

2) В работе А.Б. Ахтырцева [5] выявлено, что для данных почв характерен гуматно-фульватный или фульватный тип гумуса с преобладанием фульвокислот, особенно фракции 1а (ФК1а). А в гуминовых кислотах преобладает тип бурых кислот, содержание фракций 2 (ГК2) и 3 (ГК3) почти незначительно. В целом органическое вещество обладает слабой степенью гумификации и с увеличением оглеения становится более подвижным.

4. Водно-физические и окислительно-восстановительные режимы.

По исследованиям Ж.А. Капилевич [19] и Б.В. Петрова [33] выявлены следующие негативные признаки:

- 1) продолжительное избыточное переувлажнение (>ППВ) чередующееся с иссушением до ВЗ или ВРК (в зависимости от степени оглеения);
- 2) сезонное формирование верховодки;
- 3) долговременное доминирование гравитационной влаги;
- 4) длительные периоды восстановительных условий (подвижность Fe, Mn).

Более высокая степень гидроморфизма усиливает проявление диагностических признаков.

Кроме элювиально-метаморфических почв будут рассмотрены почвы, относящиеся к типу торфяно-элювоземов глеевых, которые так же широко представлены в почвенном покрове Северо-Запада [10, 31]. Данные почвы в классификации почв 1977 г. относились к типу болотно-подзолистых почв – подтипу торфянисто-подзолистых поверхностно-глеевых [13, 44].

И.С. Кауричев [21] показал, что данный тип почв имеет генезис, связанный с болотным и подзолистым процессами, в условиях периодического переувлажнения почвенного профиля как поверхностными, так и грунтовыми водами.

Болотно-подзолистая – это почва:

- 1) развивающаяся в полугидроморфных условиях;
- 2) кислая ($pH_{KCl}=3-4$);
- 3) обедненная R_2O_3 и обогащенная SiO_2 в элювиальном горизонте;
- 4) с накоплением подвижных форм Fe в глеевых горизонтах;
- 5) сохраняющая признаки подзолистых почв, но имеющая оглеение по всему профилю и торфяный слой от 10 до 30 см, который может быть дифференцирован на торфяный и перегнойный горизонты. Примерно такие же свойства характерны и для торфяно-элювозёма глеевого.

Для преодоления нежелательных свойств применяют комплекс мер разного рода – мелиорацию.

Обычными и основными объектами, которые подвергаются мелиорации в гумидной зоне Нечерноземной полосы России, являются заболоченные и болотные почвы. Главным фактором, делающим их отличными от незаболоченных почв, выступает особенность их свойств и режимов, которые указывают на необходимость использования специальных методов при их исследовании для мелиоративных нужд. Несмотря на то, что методы изучения этих почв все еще не всецело разработаны, расход на проведение

мелиоративных мероприятий сопоставим с орошением в аридных и семиаридных зонах. Не стоит так же забывать, что выбранные мелиоративные мероприятия должны выбираться исходя из генетических особенностей почв. Такой подход актуален, так как каждый отдельный участок, который будет мелиорирован, имеет свою уникальную совокупность действия факторов почвообразования, поэтому стоит избегать применения шаблонов. Ещё Б.П. Полынов [35] заметил и высказал концепцию, говорящую нам, что почва является зеркалом ландшафта (то есть почвы представляют собой звено трудновоспроизводимых экологических взаимоотношений между всеми компонентами: грунтовыми водами, материнскими породами, геологической обстановкой, рельефом, живыми организмами и растительностью). Именно поэтому, если мы будем более полно принимать во внимание природные особенности ландшафта, то сможем добиться более рационального управления гидрологическими и другими условиями, что позволит нам добиться более гармоничного регулирования природных ресурсов [15].

Причиной заболачивания является гидрологический фактор (или факторы), который подвергает почвенный профиль (или горизонт) задержанию избыточной влаги, что в свою очередь создает долгий период господствующих анаэробных условий, а это приводит к угнетению или смерти выращиваемой культуры [15].

В нашей зоне выделяют следующие факторы: атмосферные, намывные склоновые, намывные русловые, грунтовые и грунтово-напорные воды.

Приемы направлены на отвод избыточной влаги — поверхностных и грунтовых вод. Для этого используют чаще закрытый дренаж, реже — открытый.

Осушительная мелиорация — это целенаправленное воздействие на почву для обеспечения благоприятного водно-воздушного режима [29].

Влияние мелиорации на почву может быть разделено на [30]:

а) чисто механическое влияние мелиоративной техники (морфология верхней части почвенного профиля);

б) изменение режимов почвы и элементарных почвенных процессов в них.

В результате целенаправленной деятельности человека при мелиорации заболоченных земель формируются осушенные почвы с присущими им специфическими свойствами [19].

Наибольшее количество литературы посвящено исследованиям последствий осушительной мелиорации сельскохозяйственных угодий, что логично, так как целью является получение большего процента пригодных земель для возращения необходимых культур [2, 5, 8, 12, 14-17, 19, 29-30, 32-34, 45-46]. Стоит отметить, что большая часть литературы про осушение в лесном хозяйстве направлена на цифры прироста и улучшения бонитета древесных сообществ без указания взаимосвязи с внутрипочвенными процессами, а вот работ по изучению измененных свойств почв и тем более органического вещества чрезвычайно мало [7]. Поэтому рассмотрим эволюцию почв сельскохозяйственного назначения. Предполагается, что в лесах должны происходить идентичные процессы.

Ж.А. Капилевич [19] показала, что такие консервативные свойства, как морфология, физические свойства, состояние органического вещества тесно связаны с интенсивностью и путями водных потоков в почве.

В целом специфические свойства мелиорированных почв я бы разделила на две группы:

- 1) режимы, морфология, физико-химические свойства почв;
- 2) изменение органического вещества (так как моя работа посвящена этому вопросу, поэтому информация на данную тему будет вынесена отдельно).

Конечно, как известно, физические и физико-химические свойства выступают важными средообразующими факторами для гумусного состояния

почв, к тому же влияют и способы осушения, а также смазывается картина изменений при применении агромелиоративных средств [29]. Все это стоит учитывать при просмотре литературы, но не стоит быть слишком категоричным, необходимо проследить общие тенденции.

В работе Ж.А. Капилевич [19] имеется достаточно обширное количество показателей. Начнем, пожалуй, с морфологических изменений. Происходит следующее:

- 1) уплотнение элювиального горизонта;
- 2) появление белесоватой окраски и более явной пластинчатой структуры в элювиальном горизонте;
- 3) массовое новообразование конкреций и стяжений, что обуславливает более пятнистую окраску;
- 4) появление языков и пятен подвижного гумуса вверху элювиального горизонта;
- 5) обеднение со временем плазмы (уменьшение количества кутан) в элювиальном горизонте;
- 6) появление трещин, заполненных глинистым материалом, пропитанным гумусовыми веществами, закрепление кутанами подвижного вещества;
- 7) изменение структуры иллювиального горизонта – при увлажнении прочная ореховатая, в противовес испещрённость трещинами в сухой период дает столбчатую структуру.

Появляется новый почвообразующий процесс – окисленно-глеевый.

В классификации 2004 г. [48] выделяется как самостоятельный признак – *ох*. Характеризуется следующим:

«Наличие в глеевом горизонте охристо-ржавых пятен и тонких полос, занимающих в горизонте около половины площади вертикального среза. Является следствием изменения водного режима глеевых почв, обычно в результате гидротехнической мелиорации. Служит основанием для выделения

окисленно-глеевых подтипов преимущественно в осушенных агрогенно-преобразованных типах различных глеевых почв».

О.А. Анциферова [2] в своей работе показала, что суть процесса заключается в формировании окислительного геохимического барьера, где сегрегируются гидратированные окислы Fe^{+3} , что мы и наблюдаем в проявлении в окраске вместо сизых тонов — ржавых, охристых пятен.

Водно-физические свойства и режимы также являются неотъемлемой важной частью почв, которые тоже изменяются при воздействии человека. Особенно энергично подвержена влиянию твердая фаза почвы. Так Ж.А. Капилевич [19] указывает, что для приобретения почвой нового квазистационарного состояния необходимо разное время – от 6 до 10 лет. Для данной подгруппы признаков характерно следующее:

- 1) исчезновение переувлажнения в наиболее критичные периоды времени (весна, осень) [19, 33];
- 2) усиление промывного режима [19];
- 3) слабовыраженные водоупорные свойства иллювиального горизонта [33];
- 4) улучшение аэрации почвы (что, правда, приводит к смещению равновесия в сторону процессов разложения) [16, 30];
- 5) установление благоприятного водно-воздушного режима [17];
- 6) уменьшение доли периодов переохлаждения и длительного анаэробнозиса [16];
- 7) увеличение количества водопрочных агрегатов размером от 3 до 0,25 мм [12];
- 8) улучшение теплового режима;
- 9) обеспечение благоприятного баланса капиллярной порозности и порозности аэрации;
- 10) возрастание объемной массы, в особенности у торфяных почв, в связи с включением минеральной части [17];

Но, как указывает С.М. Зайко [17], в минеральных почвах это весьма неблагоприятно, так как возрастание идет из-за минерализации органического вещества.

1) снижение полной и капиллярной влагоемкости [17, 50].

Данный процесс имеет и негативное последствие – снижение запасов влаги.

Ну и конечно же физико-химические свойства – важные показатели, отвечающие за средообразование. В осушенных почвах происходят следующие процессы:

1) обеднение илистой фракцией верхних горизонтов и, как следствие, облегчение механического состава [8, 19, 32-33];

2) усиление миграции потоков органического и минерального веществ [19];

3) образование преимущественно окисных форм Fe и Mn – смена окислительно-восстановительных условий [12];

4) может происходить как подкисление верхних горизонтов почв и увеличение гидролитической кислотности, так и обратный процесс [8, 32];

5) сумма обменных оснований падает за счет вымывания с дренажными водами – снижение степени насыщенности [8, 12, 17, 33].

Но со временем при интенсивном использовании в сельском хозяйстве существует негативный момент — деградация водно-физических свойств. Так, есть данные, что у сработанных торфяных почв снижается водопроницаемость, и это увеличивает поверхностный сток и даже может вызвать эрозию [17].

Мелиорированные почвы при снижении грунтовых вод являются экологически неустойчивыми и подвержены изменениям [17].

Теперь настало время поговорить более подробно о второй выделенной группе.

В естественном состоянии при возрастании влияния гидроморфизма аккумулируется общий углерод и азот [16, 51].

Как мы знаем, больше всего на плодородие почв оказывает воздействие гумус [46]. Именно поэтому при мелиорации очень важно уделять внимание качественному составу гумуса и его содержанию, так как зачастую антропогенная нагрузка оказывает отрицательное влияние. В.И. Филон [46] полагает, что гумус трансформируется по зонам, и, следовательно, проектирование оптимизации гумусного состояния почв нуждается во всестороннем региональном обследовании на эту тему.

Некоторые исследователи указывают, что уменьшение содержания органического вещества в почве обусловлено исчезновением детрита, а собственно гумусовые вещества мало изменяются под влиянием человека [8, 16, 46].

Скорее меняется качественный состав органического вещества почв, а именно фракционно-групповой состав, являющийся главным критерием в первые годы после осушения [14]. Так при правильной реабилитации мелиорированных земель происходит возрастание доли гуминовых кислот за счет 2-ой фракции (связанной с кальцием), уменьшается присутствие 1-ой фракции (связанной с полуторными оксидами), а 1а фракция фульвокислот убывает [46]. Часто почвенное органическое вещество (ПОВ) также разделяют на лабильные (GK_2+GK_3+HO =доступный источник питания) и устойчивые компоненты (отвечающие за плодородие), что позволяет сделать больше выводов [34].

При проведении мелиоративных мероприятий обязательно должно вестись наблюдение за содержанием органического вещества, чтобы снизить до минимума его деградацию [29, 34].

Основные тенденции, происходящие при осушении с содержанием и составом органического вещества:

1) снижение общего органического углерода за счет минерализации (в тяжелых почвах менее интенсивно, чем в песчаных, в связи с малой биологической активностью), механической нарушенности и припахивания элювиального горизонта [14, 30];

2) преобразование грубого гумуса [19];

3) происходит усиление разложения и повышение зольности торфяных почв, что в конечном итоге преобразует их в минеральные [17];

4) сокращение запасов гумуса [33];

5) изменение фракционно-группового состава органического вещества (например, снижение количества 1а ФК).

Как отмечает А.С. Федоров [45], изменение органического вещества почв происходит и на гранулометрическом уровне: наибольшее количество углерода и азота ассоциировано с тонкой фракцией физической глины, и при внесении органических удобрений на содержание углерода благоприятно сказывается только во фракции физического песка.

Однако единогласно все авторы говорят, что необходимо восполнение органического вещества за счет удобрений, так как без него изменение гумусовых веществ почв будет происходить только в сторону деградации.

Вмешательство человека (например, мелиорация) влечет за собой изменения как в гранулометрическом, химическом, минералогическом составе, так и в водно-воздушном и питательном режимах, а также в содержании и составе органического вещества. Поэтому по всем этим свойствам необходимо проводить изучение почв для выявления наиболее рационального землепользования [49].

Анализ литературных источников показал, что при осушении почв происходят в основном следующие изменения:

1) в морфологии почвенного профиля формируется особый горизонт – окисленно-глеевый, увеличивается количество новообразований, появляется

трещиноватость, изменяется структура, интенсивнее проявляется потёчность гумуса;

2) в химических свойствах – изменение окислительно-восстановительных условий, подкисление верхних горизонтов, увеличение гидролитической кислотности, вымывание обменных оснований;

3) в физических – облегчение гранулометрического состава в верхней части профиля;

4) в органическом веществе – минерализация с уменьшением содержания углерода органических соединений в органогенных горизонтах, изменение фракционно-группового состава гумуса.

2.3. Факторы почвообразования

Объекты находятся на территории Тосненского района Ленинградской области в окрестностях пос. Лисино-Корпус. Разрезы заложены во 2-ом и 3-ем кварталах Лисинского лесничества, которое включено в перечень ООПТ [37].

2.3.1. Климат

Данная территория находится в бореальном поясе таежно-лесной зоны на границе средней и южной тайги. Климатические условия характеризуются атлантико-континентальным типом [22]. Морские воздушные массы обуславливают сравнительно мягкую зиму с частыми оттепелями и умеренно-тёплое, иногда прохладное лето.

Климатические показатели [11]:

- 1) $OS=600-700$ мм;
- 2) $Ky>1,3$ (количество осадков преобладает над испаряемостью);
- 3) $\Sigma_{акт}.t^{\circ}C=1650-1900$;
- 4) $t^{\circ}C_{я}=-2\dots-8$;
- 5) $t^{\circ}C_{и}=+16\dots+17$;
- 6) количество дней с $\Sigma(t>10^{\circ}C)=117-150$.

2.3.2. Геоморфология

Лесничество находится в пределах Русской равнины, а именно на её северо-западе: на Волхов-Ильменской низине, которая имела несколько периодов оледенения в своей истории (последнее – Валдайское) и характеризуется озерно-ледниковым ландшафтом, который представлен плоской славодренированной и слабоволнистой равниной, сформированной позднеледниковыми аккумулятивными процессами, с абсолютными высотами 52-68 м, и изрезанной небольшими речками (самая большая – р. Лустовка) и ручьями [3, 6, 10, 24, 26]. Д.Б. Малаховский [25] причисляет территорию к геоморфологической провинции аккумулятивного ледникового и водно-ледникового рельефа последнего оледенения.

2.3.3. Гидрологические условия

Речная сеть пос. Лисино-Корпус представлена р. Лустовкой и небольшими речушками и ручейками, образовавшимися в постледниковый период. Учебный полигон расположен в водораздельной части р. Невы и Луги. Междуречья выровнены и не оказывают дренирующего влияния.

Равнинность территории и тяжёлый гранулометрический состав пород обуславливает широкое развитие заболачивания и специфичность процессов почвообразования в восстановительных условиях, что отразилось на значительных площадях, занятых болотными и переходными к ним территориями [26].

2.3.4. Почвообразующие породы

По результатам обширного геологического исследования этой территории, проведенного Б.Ф. Земляковым [18] еще в 1900-х гг., данная местность представляет собой дно озерно-ледникового бассейна, выстланное ленточными глинами (низкая фильтрационная способность), из-под которых выступают ледниковые отложения – валунные суглинки, которые и являются основными почвообразующими породами, вследствие чего и проявляется заболачивание, а именно из-за слабонаклоненной равнины, подстилаемой слабоводопроницаемыми породами [40].

Почвы, представленные в данной работе, сформированы на ленточных глинах, поэтому стоит более подробно описать эти отложения.

Ленточные глины являются породами, сформировавшимися под воздействием таяния ледника в разные времена года. Осаждение продуктов таяния в прилежащих водоемах протекает неодинаково в летний и зимний период, в результате чего образуется слоистая структура с чередованием песчаных (летних) и тонкодисперсных глинистых (зимних) прослоев. Как отмечает Н.Н. Матинян [26], окраска глины связана с влиянием подстилающих пород: серая или светло-коричневая – в районах распространения кембрийских глин, красновато-коричневая – в полосе выхода пестроцветных девонских пород, и характеризует их следующими свойствами:

- 1) компактное сложение частиц и агрегатов;
- 2) уплощенная форма и высокая степень сцепления;
- 3) щелевидный характер пор между агрегатами;
- 4) горизонтальная и вертикальная трещиноватость;
- 5) влагопроводность вдоль слоев намного превышает водопроницаемость в вертикальном направлении.

2.3.5. Растительность

Исследуемая территория расположена в пределах двух геоботанических зон: таёжной, представленной подзонами средней и южной тайги, и зоной хвойно-широколиственных лесов [26].

Растительность на немелиорированном участке имеет следующие признаки (рис. 10):



Рисунок 10. Растительность немелиорированного участка

- формула древостоя выглядит следующим образом: 4СЗЕЗО, то есть видна конкуренция между древесными породами;
- в подлеске встречается рябина;

—напочвенный покров представлен черникой, брусникой, сфагновыми мхами, папоротниками.

В целом территория занята типичной ацидофильной растительностью.

На мелиорированном участке же растительность следующая:

—формула древостоя: 6С1Е2Б1О;

—подрост: ель, осина;

—напочвенный покров: брусника, черника, сфагновые мхи, кукушкин лен, папоротники.

Видно, что здесь есть разбавление хвойных пород мелколиственными, появляются другие мхи – менее влаголюбивые.

Для данных территорий также характерны ветровалы.

3. Объекты и методы

Объектами моего исследования являются два участка на территории 2-ого и 3-его кварталов Лисинского лесничества – мелиорированный (3-ий квартал) и немелиорированный (2-ой квартал) (рис. 11).



Рисунок 11. Расположение участков (пустой кружок – осушенный участок; кружок с точкой – целинный). (Снимок с сервиса «Яндекс.Карты»)

Почвенный покров неосушенного участка представлен на рис. 12.

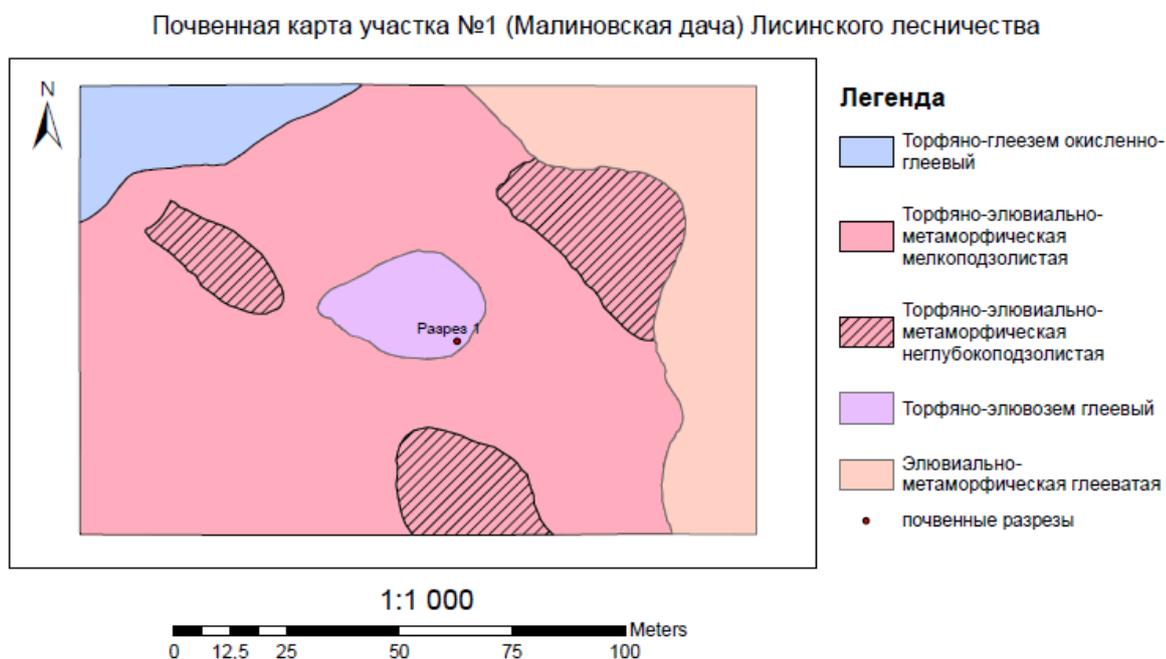


Рисунок 12. Почвенная карта немелиорированного участка (Масштаб 1: 1000). Составители: автор.

Для более удобного восприятия дальнейшей информации каждой почве будет присвоен свой индекс.

На немелиорированном участке взяты две почвы:

1) Элювиально-метаморфическая глееватая потёчно-гумусовая легкосуглинистая на ленточных глинах (разрез № 1 — Эм^{г, пгу}) (рис. 13).



Рисунок 13. Элювиально-метаморфическая глееватая потёчно-гумусовая легкосуглинистая на ленточных глинах (разрез № 1 — Эм^{г, пгу}).

Описание профиля:

O (0-7 (11) см) – свежий; светло-бурый; рыхлый; встречаются остатки древесных растений; переход ясный по плотности и цвету; граница слабоволнистая.

ELhi (7(11) – 11(17) см) – свежий; белесовато-серый; легкосуглинистый, структура неясно пластинчатая; уплотненный; встречаются единичные корни растений; переход ясный по цвету; граница слабоволнистая.

ELg (11 (17) – 26(36) см) – свежий; белесый с оттенком сизоватости; в нижней части охристые пятна; среднесуглинистый; структура слоистая; уплотненный; встречаются единичные тонкие корни, стяжения; переход ясный; граница слабоволнистая.

VMt,g (26(36) – 47 см) – свежий; сизый холодный фон с рыжими пятнами; при препарировании сизый оттенок преобладает; среднесуглинистый; структура слоистая; уплотненный; встречаются редкие пленочки, стяжения и конкреции; переход ясный по окраске; граница слабоволнистая.

VMg (47-72 см) – влажный; бурый с сизыми пятнами; среднесуглинистый; структура глыбистая; плотный (сверху плотнее); встречаются железисто-марганцевые конкреции; переход ясный по плотности; граница слабоволнистая.

BCg (72-102 см) – влажный; коричневато-палевый с сизыми пятнами; тяжелосуглинистый (ближе к глине); структура глыбистая; плотный; встречаются железисто-марганцевые конкреции; переход постепенный.

Cg (102-136 см – дно ямы) – увлажненный; красновато-сизо-коричневый; структура плитчатая; плотный; встречаются корневинны.

2) Торфяно-элювозём глеевый глинисто-иллювирированный среднесуглинистый на ленточных глинах (разрез № 2 — Эл_{тг}^{гн}) (рис. 14).



Рисунок 14. Торфяно-элювозём глеевый глинисто-иллювирированный среднесуглинистый на ленточных глинах (разрез № 2 — Эл_{тг}^{гн})

Описание профиля:

O (0-3 см) – свежий; сфагновый моховой очес; рыхлый; встречаются разложившиеся растительные остатки, корни растений, листовые пластинки, хвоя; переход ясный по степени разложенности; граница ровная.

T (3-10(17) см) – свежий; темно-коричневый; рыхлый; состоит из среднеразложившейся коры деревьев, остатков мха, веток; встречаются толстые корни растений; переход заметный по плотности; граница неровная.

H (10(17)-25 см) – свежий; темно-серый (почти черный); с 10 см до 16 см вытянутое охристое пятно; рыхлый (плотнее предыдущего); встречаются корни растений; переход ясный по плотности; граница неровная.

ELhi (25-32 см) – свежий; неоднородно окрашенный (светло-серый с охристыми пятнами); средний суглинок; непрочно комковатая структура; уплотненный; встречаются корни растений; переход ясный; граница волнистая.

ELg (32-51 см) – свежий; светло-сизый с охристыми пятнами (количество увеличивается к низу); тяжелый суглинок до глины; структура слоистая (стремление к горизонтальной делимости); плотный; переход ясный; граница волнистая.

BCt,g (51-87 см) – свежий; неоднородно окрашенный (с сизыми, охристыми пятнами); тяжелый суглинок; глыбисто-призматическая структура; плотный; встречаются редкие корни растений; переход ясный, граница неровная.

BCG (51-121 см – дно ямы) – влажный; неоднородно окрашенный (буро-сизый, охристых пятен меньше, чем в предыдущем горизонте); глина; глыбисто-призматическая структура; плотный; встречаются Fe-Mn конкреции, стяжения.

Мелиорация на втором исследуемом участке проводилась сетью открытых канав с нормой осушения 55 см по разработанному плану (рис. 4). Карта почвенного покрова представлена на рис. 15. Участок делится на минеральные и органогенные почвы (в красной рамке).

Почвенная карта участка Лисинского лесничества

«Малиновская дача»

масштаб 1:500

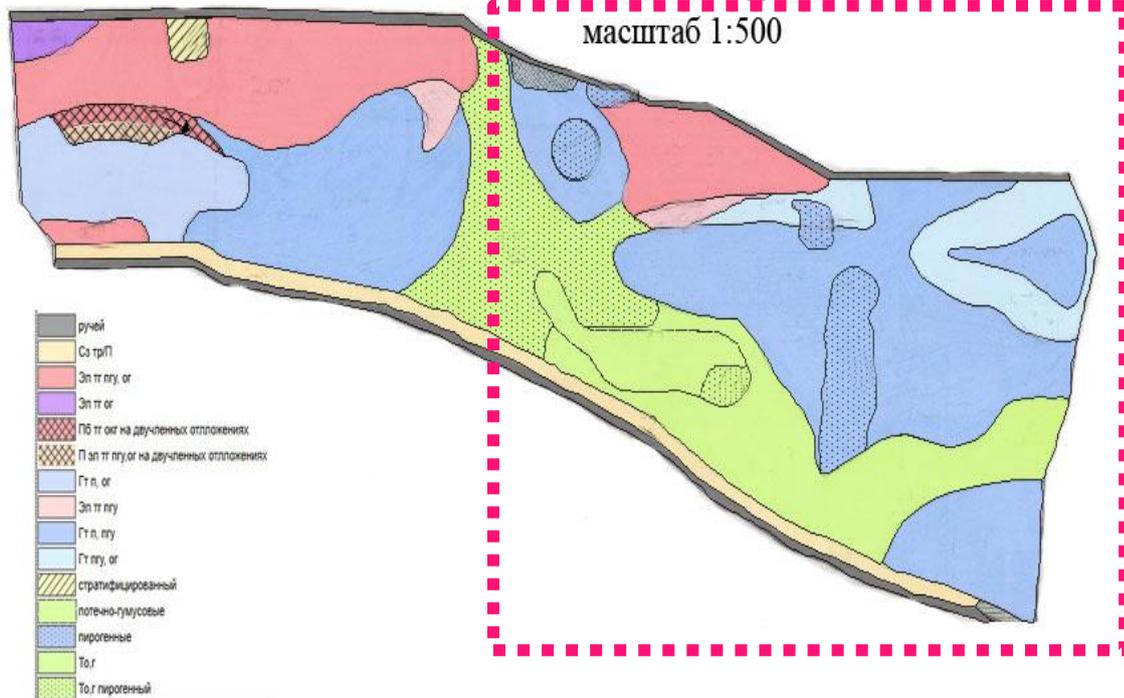


Рисунок 15. Почвенная карта мелиорированного участка, 2017 г.

(Масштаб 1:500). Составители: 3 курс 2014 г. поступления.

Почвенные карты были составлены в 2017 (рис. 6) и 2018 (рис. 3) гг. студентами 3 курса бакалавриата. Картирование производилось методом квадратов.

На мелиорированном участке была отобрана почва:

Торфяно-элювиально-метаморфическая окисленно-глеевая глинисто-иллювирированная потёчно-гумусовая легкосуглинистая на ленточных глинах (разрез №4 — Эм_т^{ог, ги, пгу}) (рис. 16).



Рисунок 16. Торфяно-элювиально-метаморфическая окисленно-глеевая глинисто-иллювирированная потечно-гумусовая легкосуглинистая на ленточных глинах (разрез № 4 — Э_т^{ог, ги, пгу})

Описание профиля:

Подстилка (0-3 см) – представлена мхом (сфагнумом).

T (3-14(16) см) – сухой; вниз по профилю степень разложенности меняется; сверху буровато-коричневый, внизу до черного; рыхлый; встречаются остатки мхов, корни кустарничков и древесных растений (от 0,5 до 1 см в диаметре); переход ясный по цвету и плотности; граница волнистая.

EL_{hi} (14(16)-31(36) см) – свежий; вверху сильно прокрашен гумусом, ниже светлеет до серого; уплотнённый; структура неясно ореховато-чешуйчатая; лёгкий суглинок; встречаются тонкие корни; переход ясный по цвету; граница волнистая, есть языки гумуса в следующем горизонте по трещинам.

EL (31(36)-41 см) – свежий; белесый с охристыми пятнами внизу; плотный; структура чешуйчатая; лёгкий суглинок; есть пленки оглеения по ходам корней; встречаются железистые конкреции; переход ясный по цвету; граница слабоволнистая.

ВМt,ox (41-64 см) – свежий; неравномерно окрашен (охристый с редкими сизыми пятнами); плотный; средний суглинок; неясно призматический; есть конкреции; переход ясный по цвету; граница волнистая.

ВМox (68-88 см) – свежий; неоднородно окрашен (охристо-бурый и редкими сизыми пятнами); уплотнённый (менее плотный, чем предыдущий); глыбистая структура; ближе к среднему суглинку; есть единичные корни, конкреции; переход постепенный.

ВСоx (88-100 см – дно ямы) – схож с предыдущим; стал менее пластичным; распадается на пластинки и маленькие глыбы.

Методы:

- 1) Гигроскопическая влажность (ГВ) весовым методом [39];
- 2) Определение потери при прокаливании (ППП) [39];
- 3) pH_{KCl} и pH_{H_2O} [39];
- 4) Трилометрическое определение обменных оснований [39];
- 5) Гидролитическая кислотность [39];
- 6) Гранулометрический состав методом лазерной дифрактометрии на Shimadzu SALD 2201;
- 7) Определение общего углерода по методу И.В. Тюрина в модификации кафедры Почвоведения [39];
- 8) Непосредственная вытяжка методом Пономаревой-Плотниковой [28];
- 9) Экспресс-метод Кононовой-Бельчиковой [28];
- 10) Метод хемодеструкционного фракционирования Попова-Цыпленкова [36];
- 11) Картографический метод [1];
- 12) Составление почвенных карт с использованием пакета ArcGIS.

4. Результаты и обсуждения

4.1. Анализ почвенных карт

Во-первых, стоит описать почвенный покров выбранных участков.

Территория мелиорированного участка представлена следующими типами почв: торфяно-подзол-элювозем глеевый окисленно-глеевый потечно-гумусовый, торфяно-подбур глеевый иллювиально-железисто-гумусовый, торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый потечно-гумусовый, торфяно-элювозем глеевый потечно-гумусовый, торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый, торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый, торфяно-глеезем окисленно-глеевый перегнойно-торфяный, торфяно-глеезем потечно-гумусовый перегнойно-торфяный, стратозем турбированный на погребенной почве, торфяные олиготрофные глеевые.

Почвенный покров мелиорированного участка (рис. 15) характеризуется следующим распределением почв:

1) торфяно-подзол-элювозем глеевый окисленно-глеевый потечно-гумусовый и торфяно-подбур глеевый иллювиально-железисто-гумусовый располагаются на выравненном участке и приурочены к двучленным отложениям;

2) торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый потечно-гумусовый, торфяно-элювозем глеевый потечно-гумусовый, торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый приурочены к западной части карты и расположены в самых низинных участках рельефа;

3) торфяно-элювозем глеевый окисленно-глеевый, торфяно-глеезем окисленно-глеевый перегнойно-торфяный, торфяно-глеезем потечно-гумусовый перегнойно-торфяный располагаются в срединных частях участков на выравненных поверхностях;

4) стратозем турбированный на погребенной почве располагается на кавальере вдоль восточной канавы.

5) торфяные олиготрофные глеевые приурочены к выравненной поверхности возвышенных участков рельефа, где не наблюдается сильного воздействия мелиоративной системы, а идет аккумуляция и консервация органического материала.

Элювоземы окисленно-глеевые приурочены ближе к дренажным канавам, а другие почвы подвержены меньшему влиянию дренажной системы.

Территория немелиорированного участка представлена следующими типами почв: торфяно-элювиально метаморфическая мелкоподзолистая, торфяно-элювиально метаморфическая неглубокоподзолистая, торфяно-элювозем глеевый, элювиально-метаморфическая, глеезем.

Немелиорированный участок характеризуется (рис. 12) преобладанием торфяно-элювиально метаморфических мелкоподзолистых почв (59%), находящихся в верхней части микросклонов; плоские участки и микроложбины занимают торфяно-элювиально метаморфические неглубокоподзолистые (10%); блюдцеобразные понижения - торфяно-элювоземы глеевые (4%); повышенные участки и крутые склоны занимают элювиально-метаморфические почвы (21%); в самых отрицательных формах рельефа – глееземы (6%).

Гидроморных почв здесь меньше, чем на другом участке, но и на осушенном, и на заболоченном участках большие площади почвенного покрова занимают элювиально-метаморфические почвы. Разница в том, что на мелиорированном это окисленно-глеевые подтипы, а на немелиорированном - глееватые.

4.2. Анализ морфологических свойств почв

Сочетание факторов влияет на морфологию почвенного профиля и отражает все процессы, которые происходят в почве.

«Морфология почв является одним из основополагающих разделов почвоведения, в концентрированном виде отражающим историю почвообразования в процессе трансформации почв и их эволюции из горных пород. Детальное исследование морфологических свойств почв дает ключ к

познанию многообразия почвенных характеристик, представляя собой важнейший этап изучения генезиса почв», – как говорил Б.Г. Розанов [41].

4.2.1. Анализ морфологии горизонтов

Все почвы сформированы примерно в одинаковых условиях – выровненная поверхность, растительность, одна и та же порода – ленточные глины (см. раздел «Факторы почвообразования»). Действительно, строение почвенного профиля во многом схоже (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение морфологических признаков почвенных профилей

Горизонты	Разрез №1	Разрез №2	Разрез №4
<i>O</i>	O (0-7 (11)) – свежий, светло-бурый, рыхлый, встречаются остатки древесных растений, переход ясный по плотности и цвету, граница слабоволнистая	O (0-3) – свежий; сфагновый моховой очес; рыхлый; разложившиеся растительные остатки, корни растений, листовые пластинки, хвоя; переход ясный по степени разложенности, граница ровная	Подстилка (0-3) - Представлена мхом (сфагнумом)
<i>T</i>		T (3-10(17)) – свежий; темно-коричневый; рыхлый; среднеразложившаяся кора деревьев, остатки мха, веток, встречаются толстые корни растений; переход заметный по плотности, граница неровная	T (3-14(16)) - сухой, вниз по профилю степень разложенности меняется, сверху буровато-коричневый, внизу до черного, Рыхлый, встречаются остатки мхов, корни кустарничков, корни древесных растений (от 0,5 до 1 см), переход ясный по цвету и плотности, граница волнистая
<i>H</i>		H (10(17)-25) – свежий; темно-серый (почти черный), с 10 см до 16 см вытянутое охристое пятно; рыхлый, плотнее предыдущего; встречаются корни растений; переход ясный по плотности, граница неровная	

<i>ELhi</i>	ELhi (7(11) – 11(17)) – свежий, белесовато-серый, легкосуглинистый, структура неясно пластинчатая, уплотненный, встречаются единичные корни растений, переход ясный по цвету, граница слабоволнистая	ELhi (25-32) – свежий; неоднородно окрашенный: белесовато-серый с охристыми пятнами; средний суглинок; непрочная комковатая структура; уплотненный; встречаются корни растений; переход ясный, граница волнистая	ELhi (14(16)-31(36)) - свежий, вверху сильно прокрашен гумусом, ниже светлеет до серого, уплотнённый, структура неясно ореховато-чешуйчатая, лёгкий суглинок, встречаются тонкие корни, переход ясный по цвету, граница волнистая, есть языки гумуса в следующем горизонте по трещинам
<i>EL</i>	ELg (11 (17) – 26(36)) – свежий, белесый с оттенком сизоватости, в нижней части охристые пятна, среднесуглинистый, структура слоистая, уплотненный, встречаются единичные тонкие корни, железистые стяжения, переход ясный, граница слабоволнистая	ELg (32-51) – свежий; светло-сизый с охристыми пятнами (количество увеличивается к низу); тяжелый суглинок до глины; структура слоистая (стремление к горизонтальной делимости); плотный; переход ясный, граница волнистая	EL (31(36)-41) - Свежий, белесый с охристыми пятнами внизу, плотный, структура чешуйчатая, есть трещины, лёгкий суглинок, есть пленки оглеения по ходам корней, много железистых конкреций, переход ясный по цвету, граница слабоволнистая
<i>BMt</i>	BMt,g (26(36) – 47) – свежий, сизый холодный фон с рыжими пятнами, при препарировании сизый оттенок преобладает, среднесуглинистый, структура слоистая, уплотненный, встречаются редкие пленочки, стяжения и конкреции, переход ясный по окраске, граница слабоволнистая		BMt,ox (41-64) - свежий, неравномерно окрашен, охристый с редкими сизыми пятнами, плотный, средний суглинок, неясно призматический, есть трещины, есть конкреции, переход ясный по цвету, граница волнистая

<p><i>BM</i></p>	<p>BMg (47-72) – влажный, бурый с сизыми пятнами, среднесуглинистый, структура глыбистая, плотный, сверху плотнее, встречаются железисто-марганцевые конкреции, переход ясный по плотности, граница слабоволнистая</p>		<p>ВМох (68-88) - Свежий, неоднородно окрашен, охристо-бурый с редкими сизыми пятнами хорошо видными при препарировании, уплотнённый (менее плотный, чем предыдущий), глыбистая структура, ближе к среднему суглинку, есть единичные корни, конкреции, Переход постепенный</p>
<p><i>BC</i></p>	<p>BCg (72-102) – влажный, коричневатопалевый с сизыми пятнами, тяжелосуглинистый, ближе к глине, структура глыбистая, плотный, встречаются железисто-марганцевые конкреции, переход постепенный</p>	<p>BCt,g (51-87) – свежий; неоднородно окрашенный: с сизыми, охристыми пятнами; тяжелый суглинок; глыбисто-призматическая структура; плотный; встречаются редкие корни растений; переход ясный, граница неровная</p>	<p>BCох (88-100 (дно)) - схож с предыдущим, стал менее пластичным,. Распадается на пластинки и маленькие глыбы</p>
<p><i>BCG</i></p>		<p>BCG (51-121 (дно)) - влажный; неоднородно окрашенный: буросизый, охристых пятне меньше, чем в предыдущем горизонте; глина; глыбистая призматическая; плотный; встречаются Fe-Mn конкреции, стяжения</p>	
<p><i>Cg</i></p>	<p>C (102-136) – увлажненный, красновато-сизокоричневый, структура плитчатая, плотный, встречаются корневины</p>		

Растительность же немного отличается на разных участках (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение растительного покрова на исследованных участках

Ярус	Разрез №1	Разрез №2	Разрез №4
I	осина и сосна.	сосна, береза	сосна, ель, береза, осина
II	ель	ель	-
Подрост	-	ель	ель, осина
Подлесок	рябина	рябина	-
Кустарнички	черника, брусника	черника, брусника	черника, брусника
Напочвенный покров	мертвопокровник	мох, папоротники	кукушкин лен и сфагновые мхи, папоротники

Как видно из табл. 2, на мелиорированном участке (разрез №4) в составе древостоя увеличивается доля лиственных пород. В напочвенном покрове помимо сфагновых мхов появляется менее влаголюбивый мох – кукушкин лен, что свидетельствует о сложившихся менее гидроморфных условиях на этом участке.

Анализ морфологических признаков показывает, что во всех профилях наблюдается элювиальный процесс, т. е. выраженность горизонта ЕL – это самый светлый горизонт в профиле, имеющий белесую окраску, но в разрезе №2 ($Э_{гг}^{гг}$) эта окраска приобретает сизоватый оттенок. Разрезы №1 ($Э_{гг}^{гг, пгу}$) и №4 ($Э_{гг}^{ог, гг, пгу}$) имеют горизонт ВМ, характеризующийся буроватой окраской, но в немелиорированной почве (разрез №1 - $Э_{гг}^{гг, пгу}$) сизый оттенок выражен ярче, а в мелиорированной (разрез №4 - $Э_{гг}^{ог, гг, пгу}$) преобладает охристый цвет.

В осушенной почве наблюдается уплотнение элювиального горизонта, этот горизонт имеет более белесую окраску из всех изученных (сизоватости в ЕL в мелиорированной почве не наблюдается) и в нем появляется чешуйчатая структура. Все эти изменения скорее всего связаны с большей сухостью этого горизонта в течение всего года, а появление более тонкой структуры является следствием меньшей пластичности, т. е. липкости между глинистыми минералами. Также в осушенной почве наблюдаются трещины. В сухой

(летний) период эти почвы больше подвержены растрескиванию, а зимой — наоборот, потому что нет насыщенности горизонта водой. В заболоченных же почвах возможно появление трещин, но весной они заплывают и исчезают.

Все почвы характеризуются наличием потечно-гумусового горизонта, но в мелиорированной почве (разрез №4 - Э_Т^{ог, ги, пгу}) отмечается большая прокрашенность верхней части элювиального горизонта подвижным органическим веществом, а так же затеки (языки) гумуса по трещинам в нижележащий горизонт.

Структура срединных горизонтов мелиорированной почвы характеризуется уменьшением пластичности и распадом на более мелкие отдельности.

Наблюдается изменение общего цветового облика профиля – в более охристую и пятнистую окраску в мелиорированной почве. Происходит трансформация глеевого процесса в окисленно-глеевый, поэтому данный признак служит основанием для выделения подтипа окисленно-глеевых почв, что мы и отразили в названии почвы и ее индексах.

Анализ морфологических признаков показал, что в формировании целинных почв важную роль играют следующие процессы: подзолообразование, оглеение и торфонакопление, а в формировании осушенной почвы – подзолообразование, торфонакопление и минерализация органического вещества, окислительная сегрегация Fe и Mn [20].

4.2.2. Анализ карт мощности органогенных горизонтов

По данным Б.В. Бабикова [7] ранее на мелиорированном участке были торфяно-подзолисто-глеевые почвы с мощностью 20-40 см и торфяные с мощностью горизонта 60-80 см (рис. 17) [13].

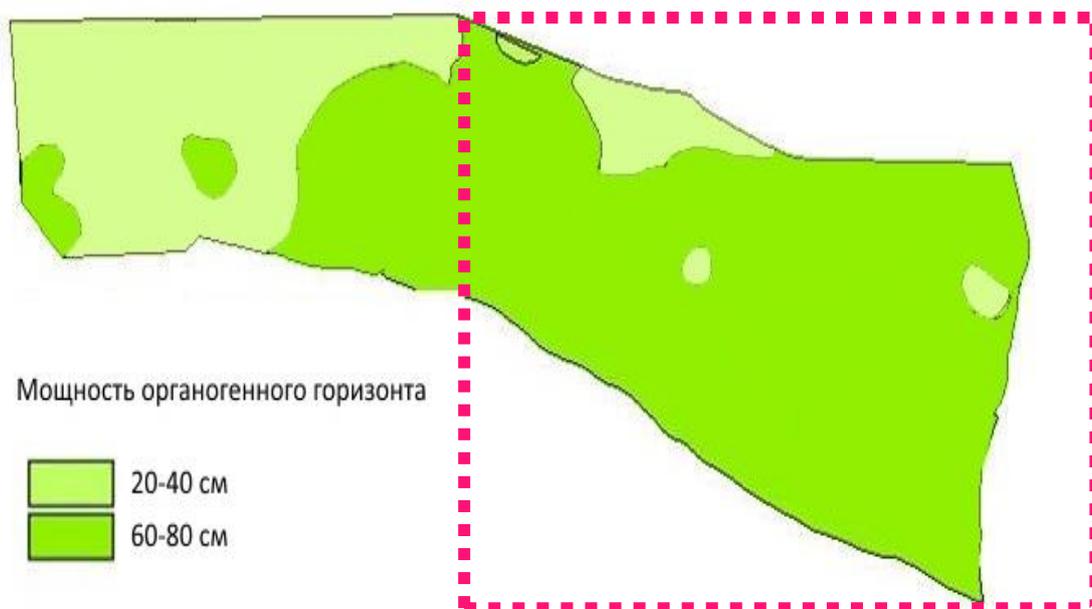


Рисунок 17. Карта мощности органогенных горизонтов, 1973 г.
(Масштаб 1:500). Составлена автором по данным Б.В. Бабикова.

Как мы видим, до начала мелиоративных работ мощность органогенных горизонтов минеральных почв составляла в среднем 20-40 см, а органогенных – 60-80 см.

Через 44 года в ходе проведенного картирования наблюдается сработка торфяных горизонтов (рис. 18) и большее разнообразие мощностей, что связано с влиянием дренажа. Как мы видим, почвы, которые находятся ближе к дренажной канаве, характеризуются меньшей мощностью органогенных горизонтов.

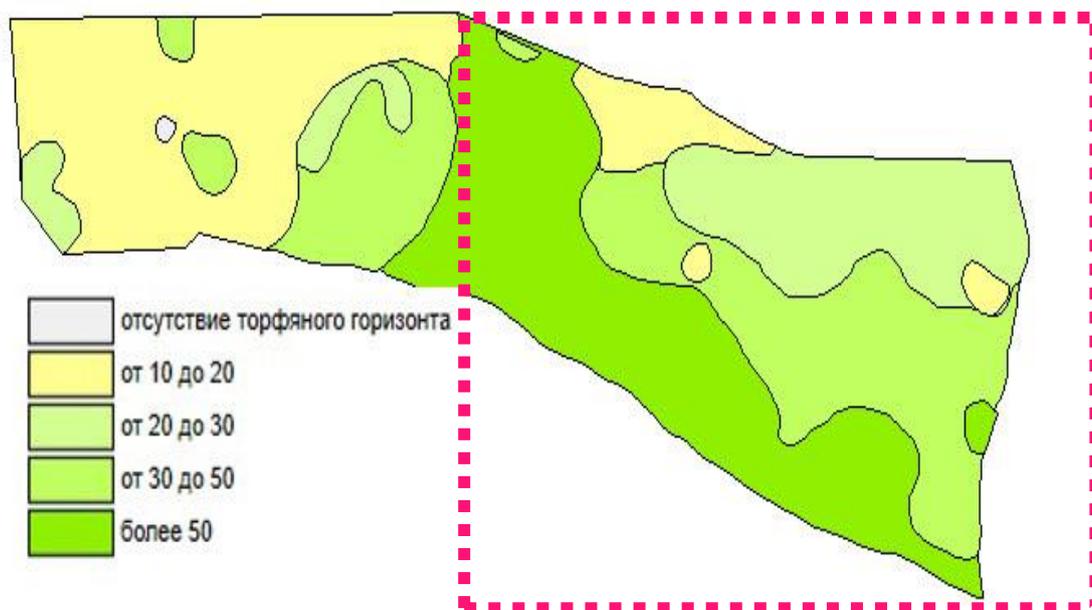


Рисунок 18. Карта мощности органогенных горизонтов, 2017 г.
(Масштаб 1:500). Составители: студенты 3 курса бакалавриата 2014 г.
поступления

Таким образом, осушительная мелиорация оказывает значительное влияние на почвенный покров, освобождая почвенный профиль от избыточной влаги, что ведет к смене аккумулятивных процессов в гидроморфных условиях на процессы разложения (минерализации).

Как видно, эволюция привела почвы к новому квазистационарному состоянию. В почвах на мелиорированном участке снижение уровня грунтовых вод способствовало усилению окислительных условий, смене растительности, что привело к образованию элювиально-метаморфических почв.

4.3. Физико-химические свойства почв и их анализ

По физико-химическим свойствам мы можем судить о процессах. Каждый показатель тесно связан с процессами почвообразования, а также они взаимосвязаны между собой [9, 39].

Данные по всем разрезам представлены в таблице 3.

Таблица 3. Физико-химические свойства

Горизонты	ГВ, %	ППП, %	рН		С, %	мЭКВ/100 г		V, %
			H ₂ O	KCl		Hг	Σ(Ca+Mg)	
Разрез №1. Элювиально-метаморфическая глееватая потечно-гумусовая (*)								
<i>O</i> 0-7 (11)	7,35	-	3,75	3,32	-	-	-	-
<i>ELhi</i> 7(11)–11(17)	1,47	21,30	4,09	3,72	8,97	19,4	30,0	60,8
<i>ELg</i> 11 (17)– 26(36)	1,54	4,30	4,59	3,82	1,17	6,4	20,0	75,8
<i>BMt,g</i> 26(36)–47	2,05	3,50	4,77	3,81	0,25	3,7	11,0	74,7
<i>BMg</i> 47-72	1,95	2,50	5,39	4,64	0,13	3,6	9,5	72,7
<i>BCg</i> 72-102	1,94	2,80	6,43	5,45	0,18	1,0	11,5	91,7
<i>Cg</i> 102-136	7,35	3,10	6,38	5,30	0,29	0,9	15,0	94,3

*данные предоставлены А. Устюжаниной

Разрез №2. Торфяно-элювозём глеевый глинисто-иллювирированный								
<i>O</i> 0-3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T</i> 3-10(17)	12,13	32,87	3,63	3,24	27,89	76,9	35,0	31,3
<i>H</i> 10(17)-25	7,68	11,825	3,64	3,43	6,98	35,0	20,0	36,4
<i>ELhi</i> 25-32	3,84	5,626	3,67	3,61	1,28	11,2	3,0	21,0
<i>ELg</i> 32-51	1,75	1,529	4,25	3,63	0,33	6,2	3,3	34,2
<i>BCt,g</i> 51-87	1,86	0,64	4,72	3,86	0,26	1,2	10,0	88,9
<i>BCG</i> 51-121	1,80	0,37	5,41	5,04	0,32	1,8	12,0	87,3
Разрез №4. Торфяно-элювиально-метаморфическая окисленно-глеевая глинисто-иллювирированная потечно-гумусовая								
<i>T</i> 3-14(16)	5,58	9,16	3,75	3,38	9,27	37,5	35,0	48,3
<i>ELhi</i> 14(16)- 31(36)	1,45	2,15	4,34	3,3	2,44	8,5	2,0	19,0
<i>EL</i> 31(36)-41	1,22	0,81	4,72	3,63	0,66	5,5	2,5	31,2
<i>BMt,ox</i> 41-64	1,50	0,71	4,78	3,57	0,39	4,1	6,5	61,2
<i>BMox</i> 68-88	1,99	0,66	5,43	3,94	0,34	1,5	13,0	89,7
<i>BCox</i> 88-100	1,89	0,39	6,00	4,05	0,24	1,25	15,5	92,54

Все эти показатели связаны с катионообменной и поглотительной способностями данных почв, которые отражают, прежде всего, процессы почвообразования, изменение гранулометрического состава, а также влияние на содержание и состав органического вещества.

4.3.1. Анализ показателя гигроскопической влажности (ГВ)

Этот показатель указывает на количество адсорбированной влаги (а также части кристаллизованной воды) как минеральной частью, так и в составе органического вещества, потерянной при 105°C. В почвах, подверженных гидроморфизму, ГВ выше, чем в автоморфных почвах, но в них может происходить занижение показателя ГВ за счет идущего при сушке окисления недоокисленных соединений, содержащих Fe²⁺, и не полностью окисленных органических соединений торфяных горизонтов [39]. Во всех почвах ГВ зависит от количества тонких частиц и содержания органического вещества.

В почвах обоих участков мы наблюдаем одинаковые тенденции в распределении ГВ. Максимальные количества характерны для верхних органогенных горизонтов, вниз по профилю ГВ уменьшается, увеличиваясь затем в почвообразующей породе, что связано с ее глинистым составом (рис. 19). Так, в органогенных горизонтах наблюдается наибольшая гигроскопическая влажность за счет преобладания растительных остатков сфагнома, которые являются очень гигроскопичными. Но как видно на нижнем графике, все же в осушенной почве показатель ГВ меньше, что указывает на значительное снижение протекания процессов оглеения в данной почве.

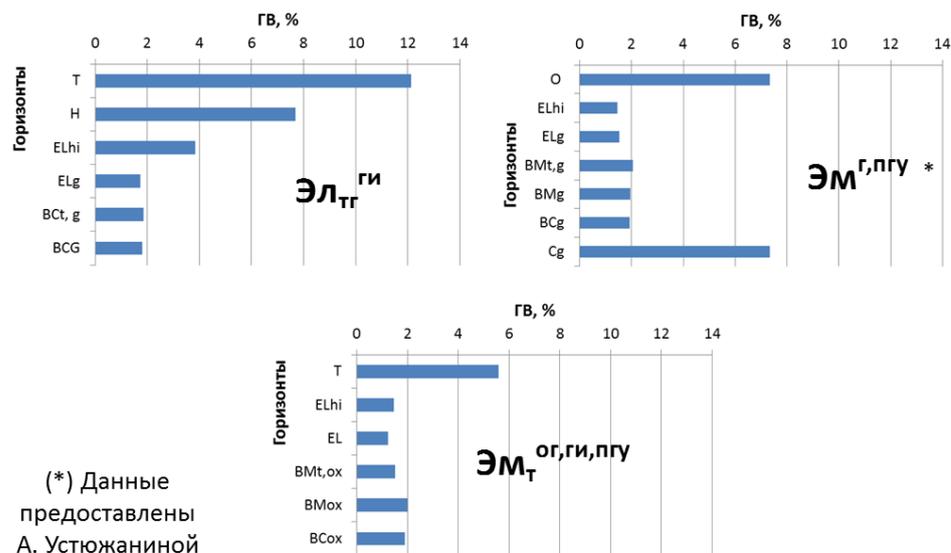


Рисунок 19. Графики распределения гигроскопической влажности (%) по почвенным профилям

4.3.2. Анализ потери при прокаливании (ППП)

Показатель, определяющий потери, как связанной воды, так и конституционной, а так же при разложении органического вещества и некоторых минеральных соединений, при 900°C. Наибольшее значение наблюдается в торфяных горизонтах и лесной подстилке. ППП является четким критерием, показывающим профильную дифференциацию.

Результаты сравнимы с распределением ГВ (рис. 20) – наибольшее значение в торфяных горизонтах, в осушенной почве ППП характеризуется также меньшими значениями, что коррелирует и с содержанием органического вещества.

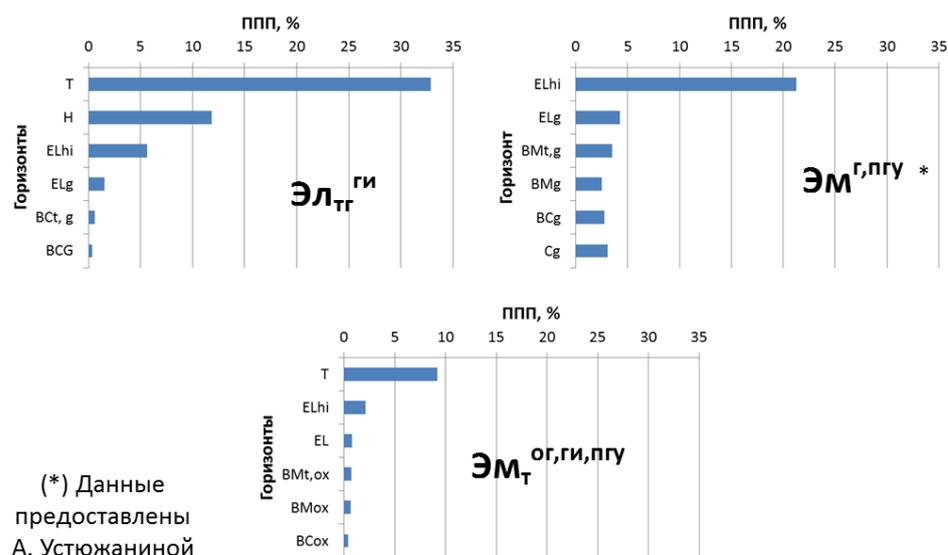


Рисунок 20. Графики распределения показателей потери при прокаливании (%) по почвенным профилям

4.3.3. Анализ показателей кислотности почв

4.3.3.1. рН

рН является вспомогательной характеристикой поглотительной способности почв, который показывает активность ионов водорода (гидроксония) в обменных позициях почвенно-поглощающего комплекса (ППК). От кислотности почв зависят многие процессы и свойства.

Анализ приведенных графиков (рис. 21) показывает, что наиболее кислыми являются верхние горизонты (рН_{сол} и рН_{водн}) всех почв, вниз по профилю кислотность постепенно понижается, рН_{водн} больше рН_{сол}. Наименее кислыми оказываются почвообразующие породы. Такое распределение характерно для почв, сформированных на ленточных глинах [26]. Самая гидроморфная почва (разрез №2 - Эл_{тг}^{гн}) является и самой кислой, что, по-видимому, обусловлено наличием сфагнома в напочвенном покрове этой почвы, а почвы одинакового типа, находящиеся на разных участках имеют идентичные показатели рН, и эти показатели соответствуют описанию, приведенному в классификации 2004 г [48].

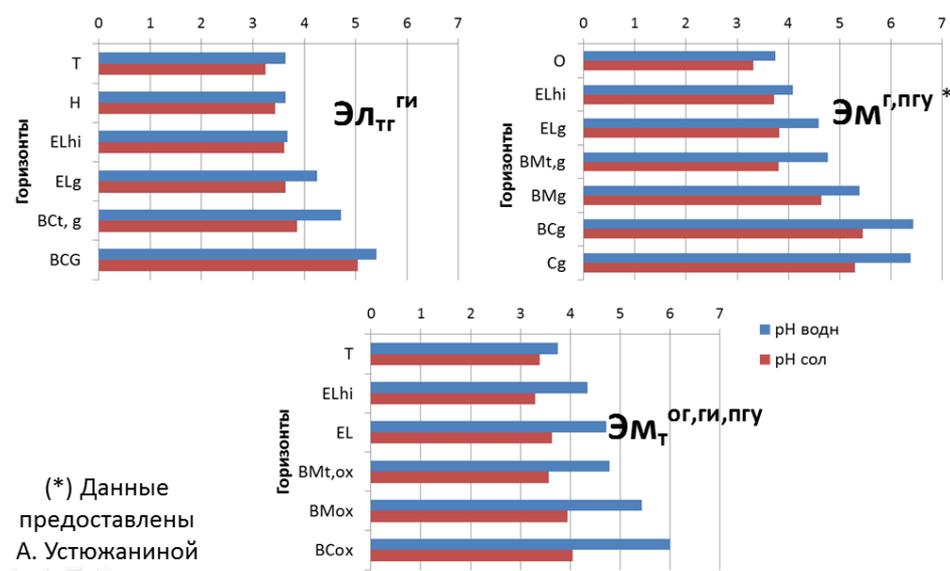


Рисунок 21. Графики распределения значений рНводн и рНсол по почвенным профилям

4.3.3.2. Гидролитическая кислотность (Нг)

Гидролитическая кислотность показывает максимально возможную кислотность обусловленную не только ионами H^+ , находящимися в обменном состоянии, но и ионами водорода, ассоциированными с коллоидами, т.е. она охватывает более широкий диапазон в отличие от обменной [39].

В основном, как мы видим (рис. 22), данный показатель характерен для торфяных горизонтов, где происходят процессы преобразования органической массы и образуются фульвокислоты фракции 1а – самые агрессивные, и другие неспецифические кислые органические продукты разложения. В минеральных горизонтах наблюдается резкое уменьшение этого показателя, что коррелирует с перераспределением органического вещества в данных почвах. Таким образом, влияние мелиорации на этом показателе не отразилось.

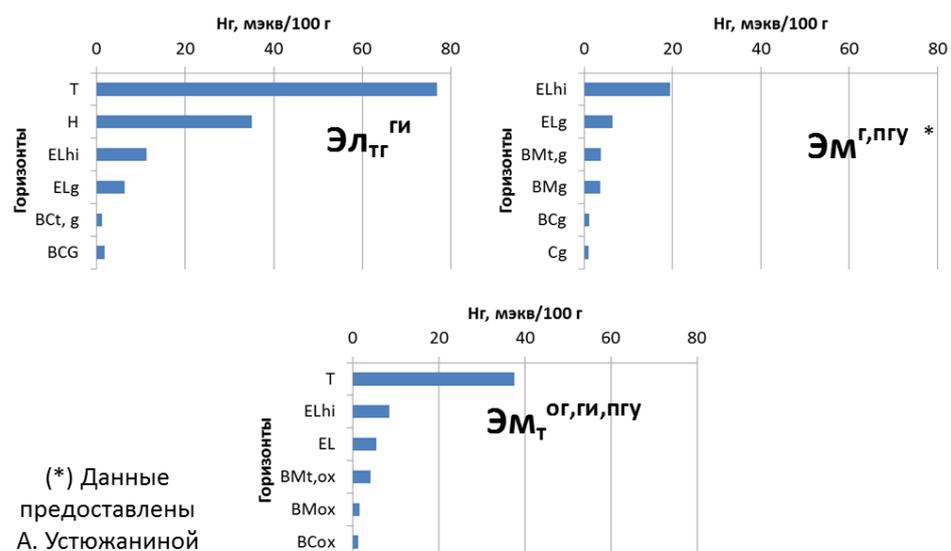


Рисунок 22. Графики распределения гидролитической кислотности (мэкв/100 г) по почвенным профилям

4.3.4. Сумма обменных оснований

Является одним из важных показателей катионообменной способности почв в Нечерноземье, от него так же зависит кислотность. В частности с Ca^{2+} ассоциирована ценная фракция ГК2.

Особых изменений не наблюдается (рис. 23). Перераспределение кальция и магния в исследованных почвах имеет элювиально-иллювиальный характер. Во всех горизонтах кальций преобладает над магнием. В верхних горизонтах накапливается за счет биогенной аккумуляции. Наименьшее содержание характерно для элювиальных горизонтов, затем вниз по профилю количество кальция и магния увеличивается. Таким образом можно заключить, что характер распределения поглощенных оснований в мелиорированной и немелиорированной почвах одинаков.

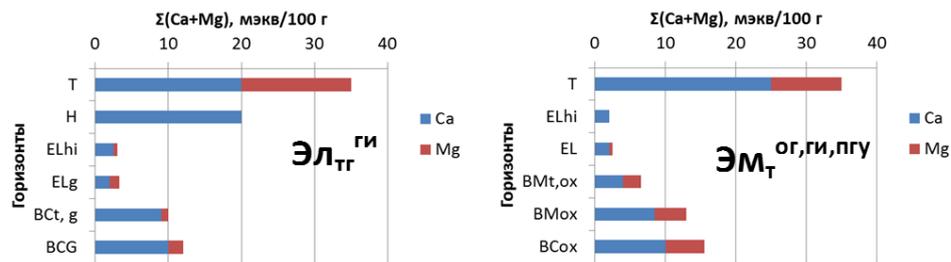


Рисунок 23. Графики распределения суммы обменных оснований (мэкв/100 г) по почвенным профилям

4.3.5. Степень насыщенности основаниями (V)

Степень насыщенности показывает, какая часть общей емкости приходится на поглощенные основания, и какая — на гидролитическую кислотность, что может говорить о многих окислительно-восстановительных условиях в почве.

По представленным данным (рис. 24) можно сказать, что характер распределения одинаков во всех почвах. Меньше всего оснований наблюдается в элювиальных горизонтах, так как в них происходит наиболее интенсивный процесс разрушения минералов, почвенных агрегатов и вынос продуктов разрушения (кроме кремнезема) в нижележащие горизонты. Наиболее насыщенными являются нижние горизонты.

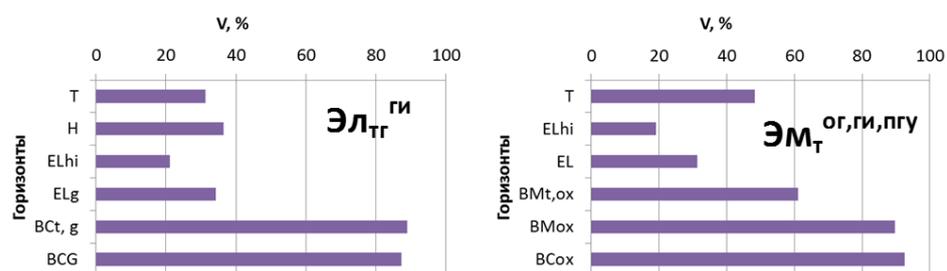


Рисунок 24. Графики степени насыщенности основаниями (%) по почвенным профилям

Таким образом по рассмотренным выше показателям можно сказать, что все почвы кислые, гидролитически кислые, имеют элювиально-иллювиальный

тип распределения катионов. В основном влияние мелиорации отразилось на более интенсивном выносе Ca и Mg и на уменьшении показателей ГВ и ППП.

4.4. Физические свойства

4.4.1. Анализ гранулометрического состава исследованных почв

Как говорил Е.В. Шеин [47]:

«Гранулометрический состав почвы, или ее текстура, — это уровень «Базовой структуры». Базовой — потому что именно на этом уровне изучения почвы формируются основные, базовые, свойства почвы. От того, в какой степени в почве представлены крупные или мелкие частицы, будут зависеть все фундаментальные свойства, ее поведение в отношении поглощения и проведения веществ и энергии, их трансформация, т.е. все основные процессы, которые определяют облик, свойства, внутреннюю жизнь почвы и ее функции в биосфере».

Поэтому механический состав почв является очень важным показателем для диагностики изменений. Данные представлены в табл. 4. Так же проведена статистическая обработка (приложение А — табл.А.1).

Таблица 4. Гранулометрический состав

Название горизонта	>0.25 мм	0.25–0.05 мм	0.05-0.01 мм	0.01-0.005 мм	0.005–0.001 мм	<0.001 мм	<0.01 мм
Разрез №1. Элювиально-метаморфическая глееватая потечно-гумусовая супесчаная мелкопесчаная (*)							
<i>ELhi</i> 7(11)– 11(17)	4,83	51,84	28,5	6,66	7,38	0,78	14,82
<i>ELg</i> 11 (17)– 26(36)	1,88	39,21	32,46	10,67	13,38	2,41	26,46
<i>BMt,g</i> 26(36)–47	1,79	23,16	32,39	15,29	23,26	4,11	42,66
<i>BMg</i> 47-72	3,17	25,17	28,44	14,6	24,13	4,49	43,22
<i>BCg</i> 72-102	2,27	20,0	27,61	15,69	29,01	5,42	50,12
<i>Cg</i> 102-136	0,71	12,32	24,72	18,13	37,73	6,39	62,49
Разрез №2. Торфяно-элювозём глеевый глинисто-иллювиированный легкосуглинистый мелкопесчано-крупнопылеватый							
<i>ELhi</i> 25-32	16,86	29,60	30,86	9,93	10,87	1,88	22,68
<i>ELg</i> 32-51	1,05	35,07	35,74	12,21	13,79	2,15	28,15
<i>BCt,g</i> 51-87	1,15	20,64	31,08	17,65	25,18	4,31	47,14
<i>BCG</i> 51-121	1,40	24,20	32,62	15,06	22,93	3,79	41,78

Разрез №4. Торфяно-элювиально-метаморфическая окисленно-глеевая глинисто-иллювирированная потечно-гумусовая супесчаная крупно-пылевато-мелкопесчаная							
<i>ELhi</i> 14(16)- 31(36)	4,13	49,09	29,66	7,09	8,51	1,52	14,12
<i>EL</i> 31(36)-41	2,19	34,26	29,48	13,14	18,21	2,71	34,06
<i>Bm,t,ox</i> 41-64	1,33	27,73	29,34	14,85	22,93	3,81	41,59
<i>BMox</i> 68-88	1,90	13,90	27,64	16,31	34,54	5,72	56,57
<i>BCox</i> 88-100	0,45	8,29	24,07	19,47	41,26	6,46	67,19

*данные предоставлены А. Устюжаниной

С помощью гранулометрического состава можно проследить множество изменений, происходящих с почвой, и даже определить ее генезис. Разрушение или синтез минеральных частиц происходят по разному, в зависимости от соотношения этих процессов, интенсивнее разрушаются тонкие частицы <0,25 мм. В результате процессов почвообразования изменяется гранулометрический состав.

По полученным данным (рис. 25) можно сказать, что во всех почвах идет постепенное увеличение глинистых частиц (<0,01 мм) с глубиной, отвечающих за процессы почвообразования, и наблюдается облегчение верхней части за счет преобладания двух фракций – мелкого песка (0,25-0,05 мм) и крупной пыли (0,05-0,01 мм). В почвах немелиорированного участка ведущими процессами являются элювиальный и глеевый, а на мелиорированном – только элювиальный. Судя по содержанию и распределению илистой фракции во всех почвах, мы не можем однозначно заключить, что мелиорация влияет на облегчение, т. к. мы наблюдаем его во всех трех профилях. Учитывая то, что на

мелиорированном участке были выделены почвы, сформированные на двучленных отложениях (рис. 15) можно сделать вывод, что облегчение верхней части всех профилей происходило не только за счет подзолистого и глеевого процессов, которые протекают в этих почвах, но и литологической неоднородности, обусловленной тем, что данная территория находится в краевой части озерно-ледниковой равнины.

Все почвы сформированы на тяжелой почвообразующей породе – на обоих участках они сформированы на легкой глине. Во всех случаях мы наблюдаем увеличение глинистой фракции вниз по профилю, преобладающими являются фракции мелкого песка и крупной пыли.

Элювиально-иллювиальный процесс на немелиорированном участке выражен интенсивнее, чем на мелиорированном, и это отражается на разности глинистых частиц в элювиальном и срединных горизонтах, что связано с наличием более агрессивных кислот в немелиорированных почвах и со значительным участием в формировании этих почв процесса оглеения.

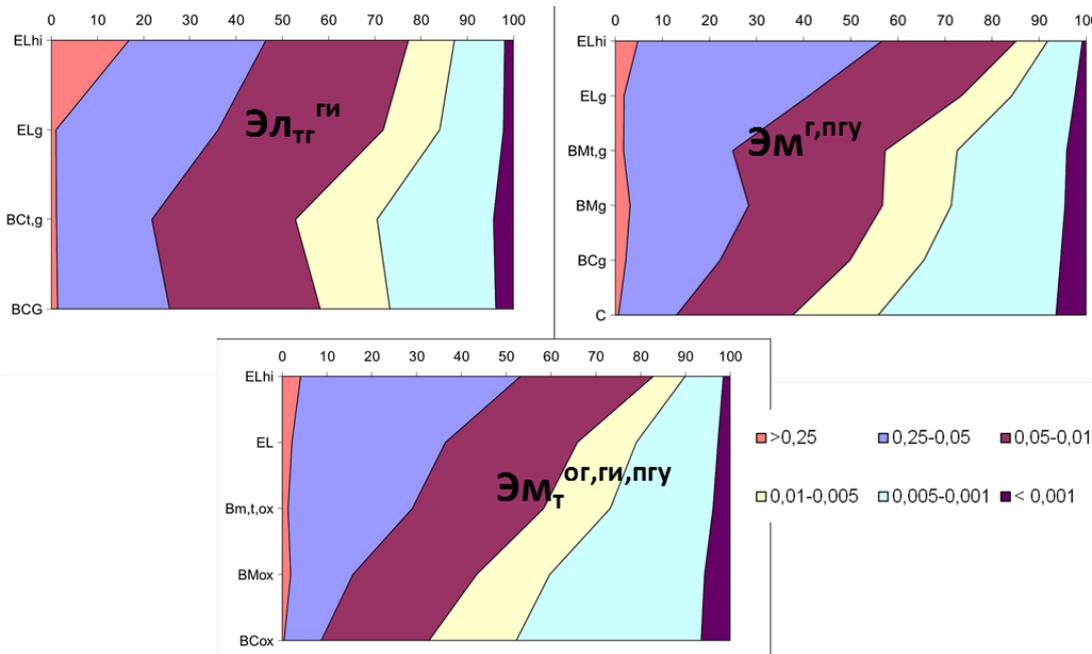


Рисунок 25. Графики распределения гранулометрических фракций в исследованных почвах

4.5. Содержание и состав органического вещества почв

4.5.1. Анализ содержания общего углерода (С)

Наибольшее содержание органического вещества (рис. 26), как и было сказано в литературном обзоре, приурочено к гидроморфным условиям (разрез №2 - Эл_{тг}^{гн}). В целом в минеральных горизонтах происходит резкое снижение содержания органического вещества. Верхняя часть профиля в разрезе №1 (Эм^г, пгу) представлена подстильно-торфяным материалом. Законсервированное органическое вещество представлено во всех почвах, степень разложенности очень низкая. Везде обнаружена потечность гумуса (горизонт ELhi). Как было сказано при анализе морфологических признаков (см. 4.2), в мелиорированной почве потечный гумус затекает по трещинам и горизонт больше прокрашен.

В основном органическое вещество накапливается в органогенных горизонтах.

Данные также были статистически обработаны однофакторным дисперсионным анализом (приложение Б – табл. Б.1, табл. Б.2, табл. Б.3).

Мы не можем говорить про изменение в содержании органического вещества, сравнивая разные участки, так как хоть они и изначально формировались почти при одинаковых факторах почвообразования, потому что мы не знаем, какое содержание общего углерода было перед началом осушения на мелиорированном участке.

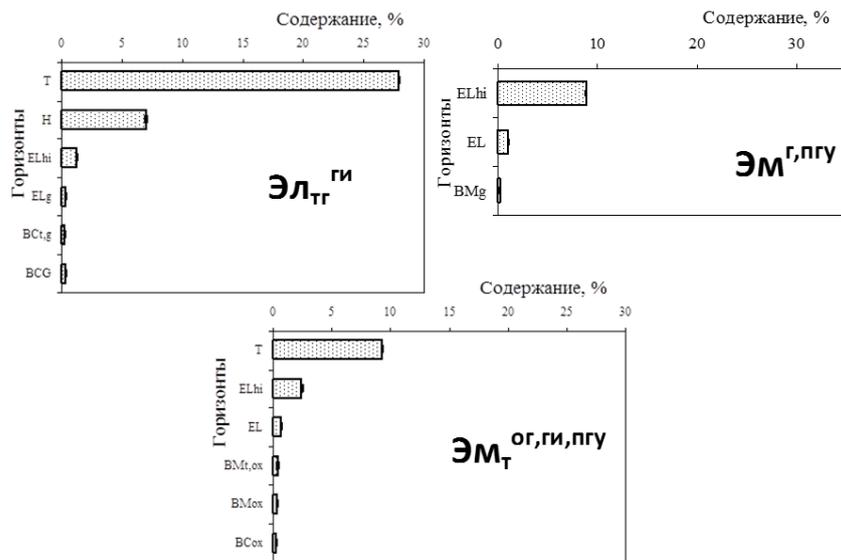


Рисунок 26. Графики распределения содержания общего углерода по почвенным профилям

4.5.2. Анализ состава почвенного органического вещества (ПОВ)

Состав органического вещества был определен как классическими методами, так и современным – методом хемодеструкционного фракционирования.

4.5.2.1. Результаты классических методов определения ПОВ

По результатам группового состава гумуса (табл. 5, 6, 7, 8), полученного разными вытяжками, видно, что распределение ФК и ГК однотипно, преобладают ФК, тип гумуса – фуватно-гуматный, ГК2 отсутствует, ФК несколько выше в немелиорированных почвах (рис. 27), то есть групповой состав гумуса указывает на то, что процессы разрушения выражены в гидроморфных почвах сильнее, и это отразилось на морфологических свойствах этих почв и выразилось в более интенсивной элювиально-иллювиальной дифференциации в гранулометрическом составе, что связано с важной ролью процесса оглеения в этих почвах помимо подзолистого процесса в разрушении минеральной части профиля.

Существует положение, что если из Сгк, определенного по методу Кононовой-Бельчиковой, вычесть Сгк, определенного по методу

Пономаревой-Плотниковой, то мы получим вторую фракцию ГК. Так как по Коновой-Бельчиковой в вытяжку переходит как ГК1, так и ГК2, а в непосредственную только первая фракция. В наших почвах наличие второй фракции оказалось минимально по этому показателю (<0,1 %).

Таблица 5. Результаты вытяжки Коновой-Бельчиковой
(разрез №2 Эл_т^{ГН}) (чертой подчеркнуты абсолютные значения,
без – относительные)

Горизонт	С, %	Общий С (перешедший в вытяжку)	С(ГК), %	С(ФК), %
<i>T</i>	<u>27,89</u>	<u>19,85</u>	<u>7,94</u>	<u>11,91</u>
3-10(17)	100	71,2	28,5	42,7
<i>H</i>	<u>6,98</u>	<u>4,79</u>	<u>1,87</u>	<u>2,91</u>
10(17)-25	100	68,6	26,8	41,7
<i>ELhi</i>	<u>1,28</u>	<u>0,84</u>	<u>0,31</u>	<u>0,53</u>
25-32	100	65,2	24,3	40,9
<i>ELg</i>	<u>0,33</u>	<u>0,21</u>	<u>0,08</u>	<u>0,13</u>
32-51	100	63,4	23,6	39,8
<i>BCt,g</i>	<u>0,26</u>	<u>0,09</u>	<u>0,04</u>	<u>0,05</u>
51-87	100	35,6	15,0	20,6
<i>BCG</i>	<u>0,32</u>	<u>0,09</u>	<u>0,04</u>	<u>0,05</u>
51-121	100	27,2	12,2	15,0

Таблица 6. Результаты вытяжки Кононовой-Бельчиковой
(разрез №4 Э_т^{ог, ги, пгу}) (чертой подчеркнуты абсолютные значения,
без – относительные)

Горизонт	С, %	Общий С (перешедший в вытяжку)	С(ГК), %	С(ФК), %
<i>T</i>	<u>9,27</u>	<u>5,95</u>	<u>2,55</u>	<u>3,40</u>
3-14(16)	100	64,2	27,5	36,7
<i>ELhi</i>	<u>2,44</u>	<u>1,39</u>	<u>0,57</u>	<u>0,82</u>
14(16)-31(36)	100	56,8	23,2	33,6
<i>EL</i>	<u>0,66</u>	<u>0,31</u>	<u>0,12</u>	<u>0,19</u>
31(36)-41	100	47,0	17,7	29,3
<i>Bm,t,ox</i>	<u>0,39</u>	<u>0,18</u>	<u>0,06</u>	<u>0,12</u>
41-64	100	45,7	15,9	29,3
<i>BMox</i>	<u>0,34</u>	<u>0,10</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>
68-88	100	28,2	11,5	16,7
<i>BCox</i>	<u>0,24</u>	<u>0,05</u>	<u>0,02</u>	<u>0,03</u>
88-100	100	22,1	6,4	15,7

Таблица 7. Результаты вытяжки Пономаревой-Плотниковой
(разрез №2 Эл_{тг}^{тн}) (чертой подчеркнуты абсолютные значения,
без – относительные)

Горизонт	С, %	Общий С (перешедший в вытяжку)	С(ГК), %	С(ФК), %
<i>T</i>	<u>27,89</u>	<u>18,43</u>	<u>7,37</u>	<u>11,06</u>
3-10(17)	100	66,1	26,4	39,7
<i>H</i>	<u>6,98</u>	<u>4,39</u>	<u>1,70</u>	<u>2,69</u>
10(17)-25	100	62,9	24,4	38,5
<i>ELhi</i>	<u>1,28</u>	<u>0,74</u>	<u>0,27</u>	<u>0,47</u>
25-32	100	57,8	21,1	36,7
<i>ELg</i>	<u>0,33</u>	<u>0,19</u>	<u>0,07</u>	<u>0,12</u>
32-51	100	57,6	21,2	36,4
<i>BCt,g</i>	<u>0,26</u>	<u>0,07</u>	<u>0,03</u>	<u>0,04</u>
51-87	100	25,1	10,9	14,2
<i>BCG</i>	<u>0,32</u>	<u>0,07</u>	<u>0,03</u>	<u>0,04</u>
51-121	100	22,1	8,9	13,3

Таблица 8. Результаты вытяжки Пономаревой-Плотниковой
(разрез №4 ЭМ_Т^{ог, ги, пгу}) (чертой подчеркнуты абсолютные значения,
без – относительные)

Горизонт	С, %	Общий С (перешедший в вытяжку)	С(ГК), %	С(ФК), %
<i>T</i> 3-14(16)	<u>9,27</u> 100	<u>5,67</u> 61,2	<u>2,27</u> 24,5	<u>3,40</u> 36,7
<i>ELhi</i> 14(16)-31(36)	<u>2,44</u> 100	<u>1,17</u> 47,8	<u>0,43</u> 17,4	<u>0,74</u> 30,4
<i>EL</i> 31(36)-41	<u>0,66</u> 100	<u>0,23</u> 35,4	<u>0,11</u> 16,1	<u>0,13</u> 19,3
<i>Bm,t,ox</i> 41-64	<u>0,39</u> 100	<u>0,12</u> 29,8	<u>0,06</u> 14,4	<u>0,06</u> 15,3
<i>BMox</i> 68-88	<u>0,34</u> 100	<u>0,07</u> 20,5	<u>0,03</u> 8,4	<u>0,04</u> 12,1
<i>BCox</i> 88-100	<u>0,24</u> 100	<u>0,04</u> 17,4	<u>0,01</u> 5,8	<u>0,03</u> 11,6

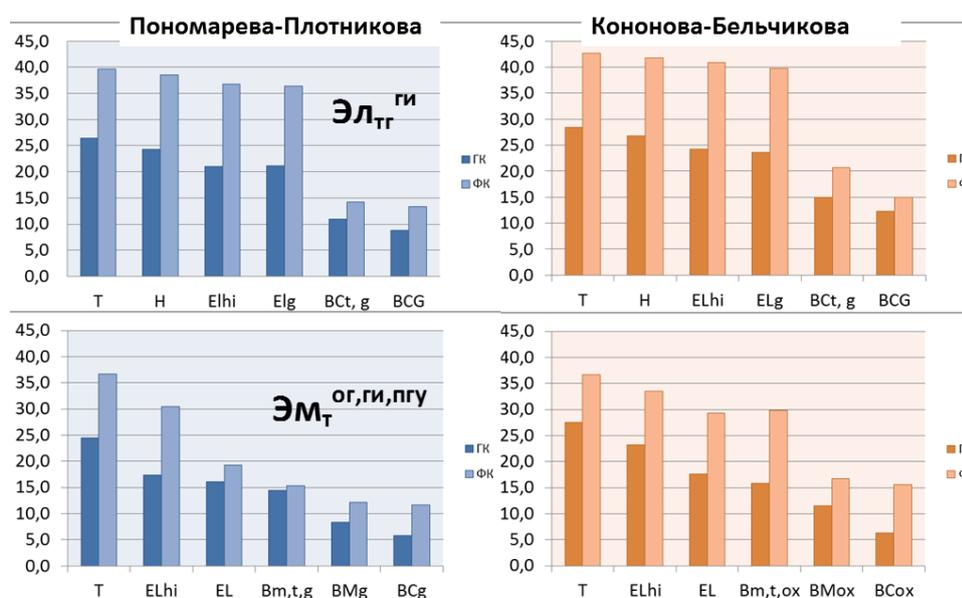


Рисунок 27. Графики результатов вытяжек, показывающие соотношение Сгк и Сфк (в относительных величинах)

Как видно по графикам, ФК больше в заболоченных почвах.

4.5.2.2. Результаты современного метода определения ПОВ

«Наиболее важная характеристика ПОВ — содержание лабильных и стабильных частей. Как известно, разнообразные компоненты ПОВ и различные части органических макромолекул имеют стабильные) и легкоразлагаемые (стабильные и лабильные, соответственно) органические соединения выполняют разную роль в экологическом функционировании и в проявлении некоторых свойств почв. Так, легко окисляемые органические соединения активно принимают участие в трофическом цикле почвенной биоты как резервный источник веществ и энергии. Эта часть ПОВ связана с биохимическими свойствами почвы. В свою очередь трудно окисляемый органический материал влияет на физические и физико-химические свойства почвы (пластичность, сопротивление пенетрации, вязкость, оструктуренность, ионный обмен и др.).

В этой связи оценка качественного состава ПОВ на основе определения устойчивости к окислению разных органических молекул или их частей является весьма важной», — как отмечает один из авторов метода А.И. Попов [36].

Он вводит сокращения для фракций:

- 1) ЛО – легкоокисляемое органическое вещество;
- 2) СО – среднеокисляемое органическое вещество;
- 3) ТО – трудноокисляемое органическое вещество.

Этот метод более четко показал влияние окислительно-восстановительных условий на формирование и распределение органического вещества в почвенном профиле (рис. 28, 29, 30). Так уменьшается доля ЛО и увеличивается СО и ТО, что коррелирует с морфологией почв – увеличение доли охристых пятен в мелиорированной почве, и это соответствует усилению окислительных условий в связи со снижением уровня грунтовых вод.

Как видно, в осушенной почве (рис. 30) резко начинает преобладать доля ТО, особенно в нижних горизонтах, скорее всего это вызвано не только минерализацией ЛО, но и переходом соединений ПОВ, ассоциированных с Fe^{+2} , в нерастворимые комплексы с Fe^{+3} .

Данные обработаны статистически с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (приложение В – табл. В.1, табл. В.2, табл. В.3, и рис. В.1, рис. В.2, рис. В.3).

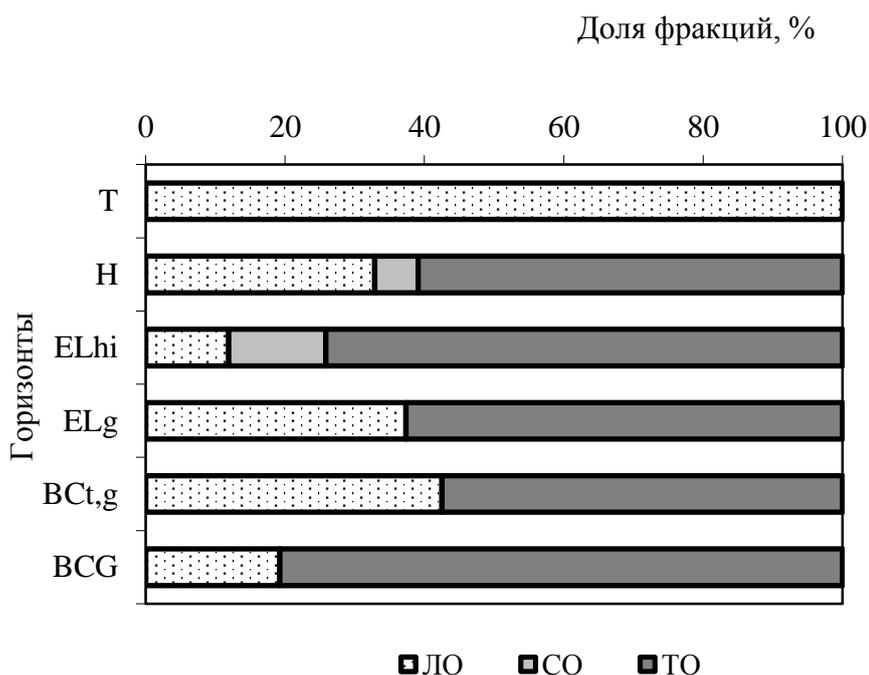


Рисунок 28. Распределение фракций по окисляемости в торфяно-элювозёме глеевом глинисто-иллювирированном (разрез №2) (ЛО – легкоокисляемое ПОВ, СО – среднеокисляемое ПОВ, ТО – трудноокисляемое ПОВ)

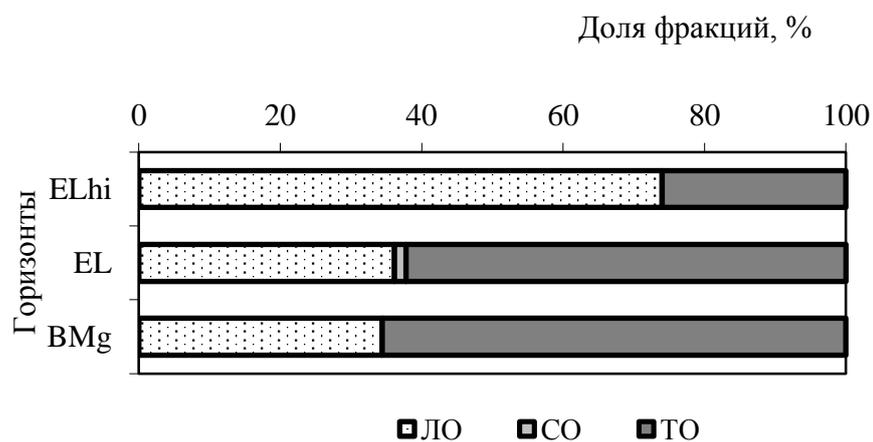


Рисунок 29. Распределение фракций по окисляемости в элювиально-метаморфической глееватой потечно-гумусовой почве (разрез №1) (ЛО – легкоокисляемое ПОВ, СО – среднеокисляемое ПОВ, ТО – трудноокисляемое ПОВ)

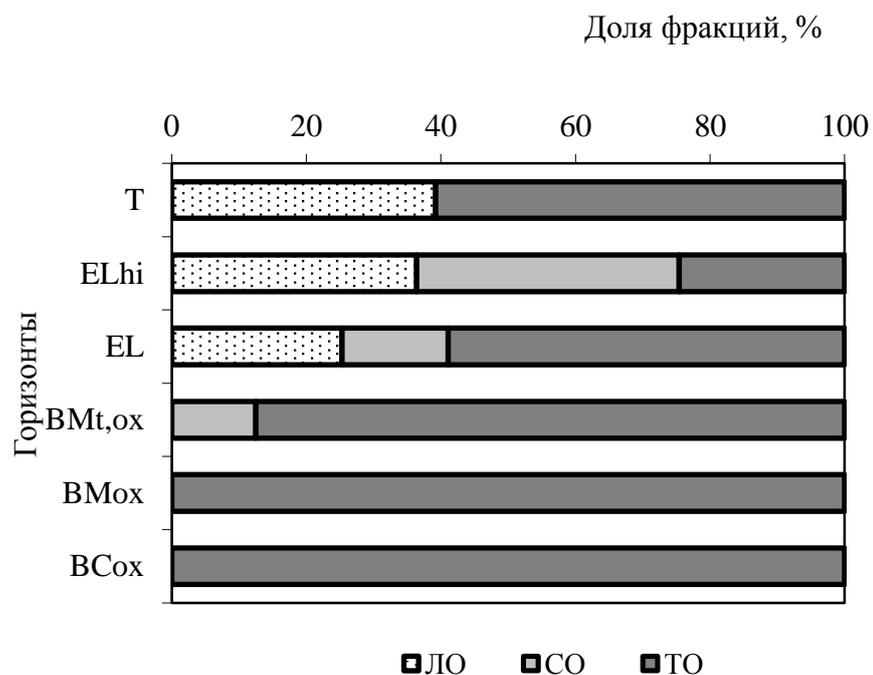


Рисунок 30. Распределение фракций по окисляемости в элювиально-метаморфической глееватой потечно-гумусовой почве (разрез №1) (ЛО – легкоокисляемое ПОВ, СО – среднеокисляемое ПОВ, ТО – трудноокисляемое ПОВ)

Таким образом, с помощью метода хемодеструкционного фракционирования ПОВ было выявлено, что трансформация почвенного

органического вещества при осушении почв была связана не только с минерализацией ЛО фракций, но и с образованием (в большей степени) ТО органоминеральных комплексов.

При изучении качественного состава ПОВ в почвах, подвергшихся мелиорации, следует применять и метод хемодеструкционного фракционирования ПОВ, так как он более точно показывает влияние окислительно-восстановительных условий на формирование и распределение различных фракций органического вещества в почвенном профиле.

5. Выводы

1) мелиорация повлияла на изменение мощности органогенного горизонта, что произошло в результате процесса минерализации органического вещества в осушенных почвах;

2) в основном органическое вещество аккумулируется в верхней органогенной части почвенного профиля, резко снижаясь в минеральных горизонтах, что является характерным для почв, в которых протекают процессы подзолообразования и оглеения

3) тип гумуса исследованных почв характеризовался как гуматно-фульватный, относительная доля фульвокислот в составе гумуса была ниже в почвах, подвергнутых осушительной мелиорации;

с помощью метода хемодеструкционного фракционирования почвенного органического вещества было выявлено, что его трансформация при осушении почв была связана не только с минерализацией легкоокисляемых фракций, но и с образованием (в большей степени) трудноокисляемых органоминеральных комплексов;

4) Наравне с общепризнанными методами для характеристики качественного состава ПОВ, в почвах, подвергшихся мелиорации, следует применять и метод хемодеструкционного фракционирования ПОВ, так как он более точно показывает влияние окислительно-восстановительных условий на формирование и распределение различных фракций органического вещества в почвенном профиле;

5) в целом физико-химические свойства и гранулометрический состав почв соответствуют показателям характерным для данных типов почв

Влияние мелиорации сказалось в основном на уменьшении дифференциации в гранулометрическом составе и в уменьшении ГВ и ППП

6. Заключение

Исходя из вышесказанного, становится понятно, что мелиорация представляет собой путь по улучшению почв для целей жизнедеятельности человека. Так в сельском хозяйстве проведение различных видов мелиорации способствует увеличению как площадей, занятых пригодными сельхозугодиями, так и урожайности культур. В лесном хозяйстве применение гидротехнических мелиораций, как было показано на примере Лисинского лесничества, приводит к достоверному улучшению бонитета и увеличению запасов древесины. Но если, например, обратиться к книгам Ф.Р. Зайдельмана [15], то можно увидеть, что на самом деле в некоторых условиях оглеение может даже давать большие урожаи по сравнению с автоморфными условиями. Поэтому важно понимать целесообразность того же самого осушения. Здесь и возникают вопросы – является ли это положительным эффектом для самой почвы, и так долгов ли этот «положительный эффект»? Ведь с экологической точки зрения, почва переходит в весьма неустойчивое состояние. Все эти усилия, прилагаемые человеком к избавлению почв от «неудобных» нам свойств, приводят почву в стрессовое состояние, когда профиль, формировавшийся не одно столетие, вынужден меняться.

Так что если уж мы взялись «подгонять» природу под себя, то должны нести своего рода ответственность за то, чтобы плодородный участок поверхности земли, так нужный нам (и не только нам) для многих целей, копивший в себе энергию долгое время, не превратился бы в простой и заброшенный, непригодный ни для чего участок. Земля (почва) – ограниченный ресурс, который мы не сможем воспроизвести, по крайней мере, на данном этапе развития человечества.

К сожалению, как видно по результатам работы, выбранного диапазона анализов и методов, по-видимому, недостаточно для характеристики влияния

мелиорации на почвенные свойства. Именно поэтому стоит проводить более детальное и доскональное изучение измененных и целинных почв.

Что касается наших объектов исследования, можно заметить, что если не восполнять запасы ПОВ и ряд других элементов, то это приведет к следующему очень вероятному сценарию: через какое-то время все доступное органическое вещество израсходуется или же перейдет в недоступное состояние, что повлечет за собой недостаток питательных элементов для растений, и в частности для деревьев, что, как следствие, может привести к потерям ценного класса бонитета, качества и запасов древесины.

Список литературы:

1. Абакумов Е.В., Матинян Н.Н., Русаков А.В., Рюмин А.Г. и др. Почвенное картирование (ред. Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А.). Изд-во: СПбГУ, 2012 г. – 132 с.
2. Анциферова О.А. Железистые окисленные горизонты в осушенных почвах калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. — с. 110—113.
3. Апарин Б.Ф., Бабилов Б.В., Касаткина Г.А., Сухачева Е.Ю. Лисинское лесничество как уникальный полигон почвенно-экологического мониторинга. // Бюллетень Почв. инс-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 83. — с. 140-158.
4. Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю. Красная книга почв Ленинградской области. СПб.: Аэроплан, 2007. — 320 с.
5. Ахтырцев А.Б. Влияние поверхностного оглеения на гумусное состояние почв в лесостепи // Почвоведение. 1985. №4. — с. 17-23.
6. Бабилов Б.В., Алексеев А.С., Никифоров А.Г. Лисино. 200 лет служения лесам России / Под ред. Селиховкина А.В. СПб., 2009. — 224 с.
7. Бабилов Б.В., Шурыгин С.Г. Почвенно-гидрологические исследования в Лисинском учебно-опытном лесхозе. СПб.: СПбГЛТА, 2006 г. — 60 с. +прил. 12 с. (Сер. «Из Лисинских лесов»).
8. Большаков В.А., Орлова Л.П., Симакова М.С., Муромцев Н.А., Кахнович З.Н., Резников И.В. Влияние осушения и агротехники на химические свойства дерново-подзолистых глееватых почв, дренажных и почвенных вод // Почвоведение. 1995. №4. — с. 438-445.
9. Воробьева Л.А. Теория и методы химического анализа почв. Изд-во: МГУ, 1995 г. – 139 с.
10. Гагарина Э.И., Матинян Н.Н., Счастливая Л.С., Касаткина Г.А. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1995 г. – 236 с.

11. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. Изд-во: МГУ, 2004 г. – 460 с.
12. Дьяков И.П. Влияние дренажа на почвенные процессы и плодородие осушаемых земель // Интенсификация земледелия и растениеводства Дальнего Востока. Новосибирск, 1988 г. — с. 9-16.
13. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др. Классификация и диагностика почв СССР. Изд-во: Колос, 1977 г. – 221 с.
14. Емельянова И.М., Башарина Н.Е. Изменение содержания и качественного состава гумуса мелиорируемых почв под действием удобрений // Почвоведение. 1989. №4. — с. 133-137.
15. Зайдельман Ф. Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР: Справочная книга.— М.: Колос, 1981.— 168 с, ил.
16. Зайдельман Ф.Р., Ковалев И.В. Гумус светло-серых оглеенных почв и его изменение под влиянием заболачивания и дренажа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1994. №4. — с. 27-35.
17. Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф., Свирновский Л.Я. Основные направления изменения свойств мелиорированных почв и их последствия. // Почвенные исследования и применение удобрений. Минск: Ураджай, 1988. Вып. 19. — с. 11-21.
18. Земляков Б.Ф. Геологический очерк Лисинской лесной дачи.// Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств. М., 1928. – с. 241-270
19. Капилевич Ж.А., Целищева Л.К., Высоченко А.В. Трансформация почв, развитых на озерно-ледниковых глинах под влиянием дренажа // Почвоведение. 1991. № 2. — с. 13-23.
20. Караваева Н.А., Таргульян В.О., Черкинский А.Е., Целищева Л.К. и др. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. (ред. Караваева Н.А., Зонн С.В.). Изд-во: Наука, 1992 г. – 186 с.

21. Кауричев И.С., Александрова Л.Н., Панов Н.П. и др. Почвоведение — М.: Колос, 1982. — 496 с.
22. Климатическая карта // Учебный географический атлас Ленинградской области и Санкт-Петербурга. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1997. — с. 10.
23. Кравчинский Д.М. Из области научного лесоводства. // Сб. статей. — 1876-1915.-Петроград, 1916.-214 с.
24. Лисинское учебное лесничество. СПб., 2005. — 76 с.
25. Малаховский Д.Б. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская, Новгородская области). Изд-во Наука., Л. 1969 г.
26. Матинян Н.Н. Почвообразование на ленточных глинах озерно-ледниковых равнин Северо-Запада России. Изд-во СПбГУ, 2003 г. - 199, с.
27. Матинян Н.Н., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Счастливая Л.С. Почвенный покров мелиорированных участков Волхов-Ильменской низины // Почв. ин-т им. В. В. Докучаева // Генет. особенности осушенных почв Нечерноземья и их эволюция. - М., 1992. - с. 154-164 .
28. Орлова Н.Е., Бакина Л.Г., Орлова Е.Н. Методы изучения содержания и состава гумуса. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2007. - 145 с.
29. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ поверхностно-глееватой дерново-подзолистой почвы при длительном осушении в условиях выраженного микрорельефа и разной агрогенной нагрузки // Почвоведение, 2016, № 8. — с. 932-941.
30. Паас А.Ю. Изменение запаса гумуса в заболоченных почвах при осушении и освоении // Почвоведение. 1985. № 5. — с. 91-97.
31. Пестряков В.К. Почвы Ленинградской области. — Изд-во: Лениздат, 1973 г. — 345 с.
32. Пестряков В.К., Литвинович А.В. Семенов А.А. Влияние мелиоративного освоения на почвообразование в дерново-подзолистых полугидроморфных почвах // Гумус и почвообразование. Л., 1985. — с. 67-78.

33. Петров В.Б. Влияние дренажа на дерново-подзолистые оглеенные почвы Ленинградской области. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева // Генет. особенности осушенных почв Нечерноземья и их эволюция. - М., 1992. - с. 133-143 .
34. Плотникова Т.А., Орлова Н.Е., Митина О.Ж., Бакина Л.Г. Органическое вещество мелиорируемых тяжелосуглинистых почв Ленинградской области Почв. ин-т им. В. В. Докучаева // Генет. особенности осушенных почв Нечерноземья и их эволюция. - М., 1992. - с. 143-154 .
35. Полынов Б.Б. Роль географии почв и учения о ландшафтах в тактике и оперативном искусстве. Изд-во: АН СССР, 1944 г. – 33 с.
36. Попов А.И., Русаков А.В. Хемодеструкционное фракционирование органического вещества почв // Почвоведение. 2016. № 6. — с. 663–670.
37. Постановление Правительства Ленинградской области от 26.12.1996 г. N 494 “О приведении в соответствие с новым природоохранным законодательством РФ существующей сети ООПТ Ленинградской области”.
38. Путеводитель экскурсий второго съезда Общества почвоведов России. СПб., 1996. — 132 с.
39. Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Федорова Н.Н. Химический анализ почв. Изд-во: Санкт-Петербургского ун-та, 1995 г. – 263 с.
40. Роде А.А. Материалы к изучению почвенного покрова Лисинского учебного леспромхоза. Природа и хозяйство учебных леспромхозов лесотехнической академии. В. III. М., 1931. — с. 94–162.
41. Розанов Б.Г. Морфология почв. Изд-во: Академический проект, 2004 г. – 432 с.
42. Смагин В.Н. Типы леса Лисинского лесхоза: Дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1936.
43. Тетюхин С.В., Шубина М.А., Павская М.В. Электронные карты как современный инструмент для анализа пространственно-временной динамики земель лесного фонда (на примере Лисинской части учебно-

опытного лесничества ленинградской области). // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 225. — с. 17-27.

44. Федоров А. С., Суханов П. А., Касаткина Г. А., Федорова Н. Н. О новой классификации почв России (2004) // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2014. Вып. 1. — с.95-113

45. Федоров А.С., Шлейкина Г.Н. Распределение углерода и азота по гранулометрическим фракциям мелиорированных почв // Неоднородность свойств почв и урожайность сельскохозяйственных культур в Северо-Западной зоне РСФСР. Л., 1985. — с. 62-68.

46. Филон В.И., Стрелец С.В. Гумусовое состояние мелиорированных дерново-подзолистых почв Предкарпатья // Плодородие почв при интенсивном земледелии. Харьков, 1989. — с. 16-22.

47. Шеин Е.В. Курс физики почв. Изд-во: МГУ, 2005 г. – 432 с.

48. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России - Смоленск: Ойкумена, 2004. - 342 с.

49. Buyanovsky G.A., Wagner G.H. Carbon cycling in cultivated land and its global significalis in global change // Biology. 1998. P. 101-111.

50. Clet O. Vliv drodneni no zmeny rezimu vıhkosti hydromornich pud v oblasti jihoceskeho Krysaliniku // Meliorace. 1980. V. 16. 1. C. 11-28.

51. Trumbore S.E., Harden J.W. Accumulation and turnover of carbon in organic and mineral soils of the BOREAS northern study area. // Journal of geophysical research, vol. 102, No. D24, 1997. p. 817-830.

Приложения

Приложение А

Таблица А.1. Статистически обработанные данные гранулометрического состава (при 5% уровне значимости критерия Стьюдента)

Название горизонта	>0.25 мм	0.25–0.05 мм	0.05-0.01 мм	0.01-0.005 мм	0.005–0.001 мм	<0.001 мм
Разрез №2. Торфяно-элювозём глеевый глинисто-иллювирированный легкосуглинистый мелкопесчано-крупнопылеватый						
<i>ELhi</i> 25-32	16,86±0,38	29,60±1,92	30,86±1,39	9,93±0,41	10,87±0,5	1,88±0,11
<i>ELg</i> 32-51	1,05±0,11	35,07±1,56	35,74±0,59	12,21±0,3	13,79±0,6	2,15±0,07
<i>BCt,g</i> 51-87	1,15±0,00	20,64±2,18	31,08±1,26	17,65±0,3	25,18±0,5	4,31±0,25
<i>BCG</i> 51-121	1,40±0,00	24,20±2,63	32,62±0,69	15,06±0,9	22,93±1,4	3,79±0,56
Разрез №4. Торфяно-элювиально-метаморфическая окисленно-глеевая глинисто-иллювирированная потечно-гумусовая супесчаная крупно-пылевато-мелкопесчаная						
<i>ELhi</i> 14(16)-31(36)	4,13±1,16	49,09±2,65	29,66±2,66	7,09±0,76	8,51±1,21	1,52±0,55
<i>EL</i> 31(36)-41	2,19±0,09	34,26±0,91	29,48±0,93	13,14±0,6	18,21±0,2	2,71±0,27
<i>Bm,t,ox</i> 41-64	1,33±0,00	27,73±1,90	29,34±1,23	14,85±0,3	22,93±0,4	3,81±0,33
<i>BMox</i> 68-88	1,90±0,00	13,90±1,86	27,64±1,46	16,31±0,4	34,54±1,1	5,72±0,62
<i>BCox</i> 88-100	0,45±0,00	8,29±0,51	24,07±0,60	19,47±0,1	41,26±0,6	6,46±0,10

Приложение Б

Таблица Б.1. Содержание углерода органических соединений
(разрез №1).

Объект	Содержание, %
ELhi	8,86
EL	0,98
BMg	0,19
F _{факт.}	13006,68
F ₀₅	6,94
НСР ₀₅	0,0055

Таблица Б.2. Содержание углерода органических соединений
(разрез №2)

Объект	Содержание, %
T	27,89
H	6,98
ELhi	1,28
ELg	0,31
BCt,g	0,26
BCG	0,32
F _{факт.}	22466,20
F ₀₅	4,10
НСР ₀₅	0,006

Таблица Б.3. Содержание углерода органических соединений
(разрез №4).

Объект	Содержание, %
T	9,27
ELhi	2,45
EL	0,66
BMt,ox	0,39
BMox	0,34
BCox	0,24
$F_{\text{факт.}}$	2891,50
F_{05}	4,10
HCP_{05}	0,011

Приложение В

Таблица В.1. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №1)

Объект	Доля фракций, %		
	Легкоокисляемая часть ПОВ (ЛО)	Среднеокисляемая часть ПОВ (СО)	Трудноокисляемая часть ПОВ (ТО)
ELhi	74,0	0,0	26,0
EL	36,2	1,6	62,2
BMg	34,4	0,0	65,6
Общее варьирование			
F _{факт.}	159,43		
F ₀₅	2,00		
НСР ₀₅	3,14		
Влияние фактора А (горизонтов)			
F _{факт.}	0,34		
F ₀₅	3,55		
НСР ₀₅	Нет		
Влияние фактора В (фракций)			
F _{факт.}	537,21		
F ₀₅	3,55		
НСР ₀₅	1,37		
Влияние факторов АВ			
F _{факт.}	50,09		
F ₀₅	2,09		
НСР ₀₅	2,93		

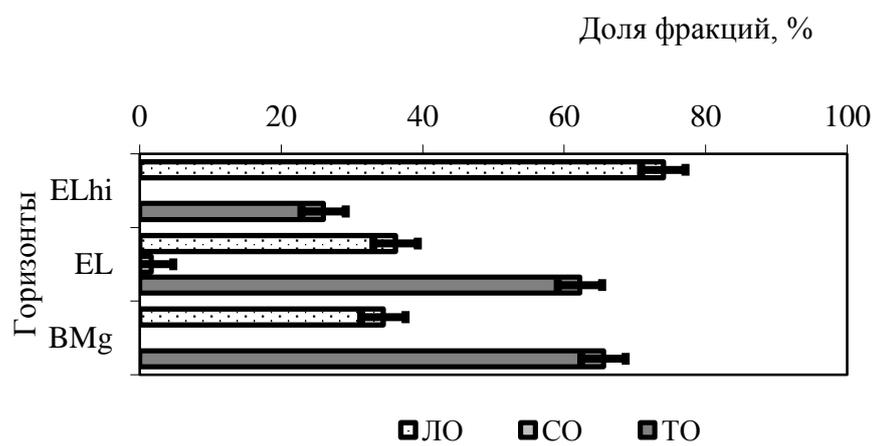


Рисунок В.1. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №1)

Таблица В.2. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №2)

Объект	Доля фракций, %		
	Легкоокисляемая часть ПОВ (ЛО)	Среднеокисляемая часть ПОВ (СО)	Трудноокисляемая часть ПОВ (ТО)
Т	100,0	0	0
Н	32,9	6,3	60,8
ELhi	11,9	13,9	74,2
ELg	37,3	0	62,7
BCt,g	42,5	0	57,5
BCG	19,3	0	80,7
Общее варьирование			
F _{факт.}	184,28		
F ₀₅	2,00		
НСР ₀₅	3,345		
Влияние фактора А (горизонтов)			
F _{факт.}	2,30		
F ₀₅	2,49		
НСР ₀₅	Нет		
Влияние фактора В (фракций)			
F _{факт.}	760,64		
F ₀₅	2,81		
НСР ₀₅	1,37		

Влияние факторов АВ	
$F_{\text{факт.}}$	159,99
F_{05}	2,09
$НСП_{05}$	0,79

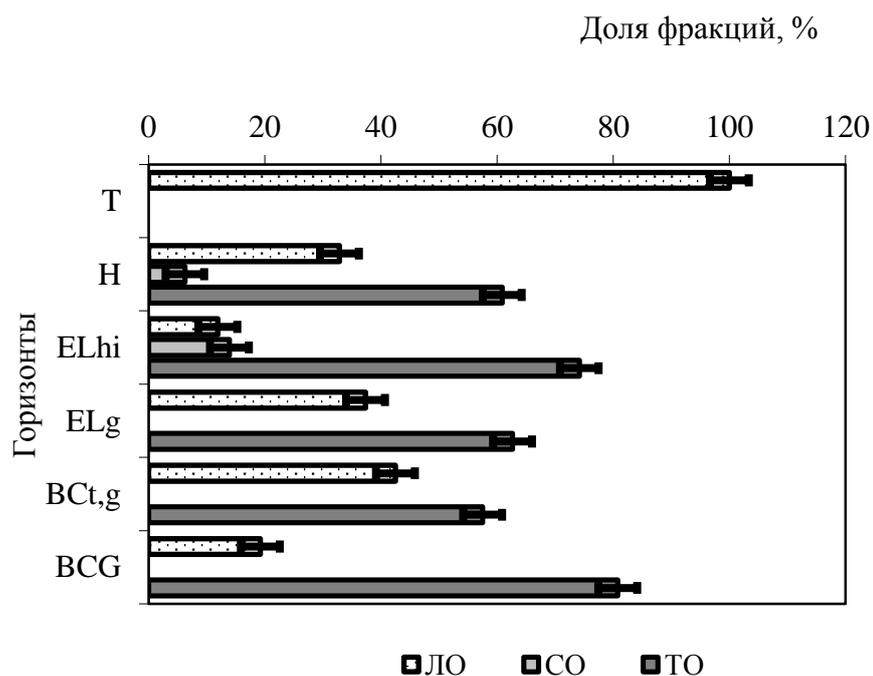


Рисунок В.2. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №2)

Таблица В.3. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №4)

Объект	Доля фракций, %		
	Легкоокисляемая часть ПОВ (ЛО)	Среднеокисляемая часть ПОВ (СО)	Трудноокисляемая часть ПОВ (ТО)
Т	39,2	0	60,8
Elhi	36,4	39,0	24,6
EL	25,3	15,8	58,9
ВМт,ох	0	12,5	87,5
ВМох	0	0	100,0
ВСоx	0	0	100,0
Общее варьирование			
F _{факт.}	51,62		
F ₀₅	2,00		
НСР ₀₅	13,64		
Влияние фактора А (горизонтов)			
F _{факт.}	1,02		
F ₀₅	2,49		
НСР ₀₅	Нет		
Влияние фактора В (фракций)			
F _{факт.}	269,85		
F ₀₅	2,81		
НСР ₀₅	5,57		
Влияние факторов АВ			
F _{факт.}	33,28		
F ₀₅	2,09		
НСР ₀₅	3,22		

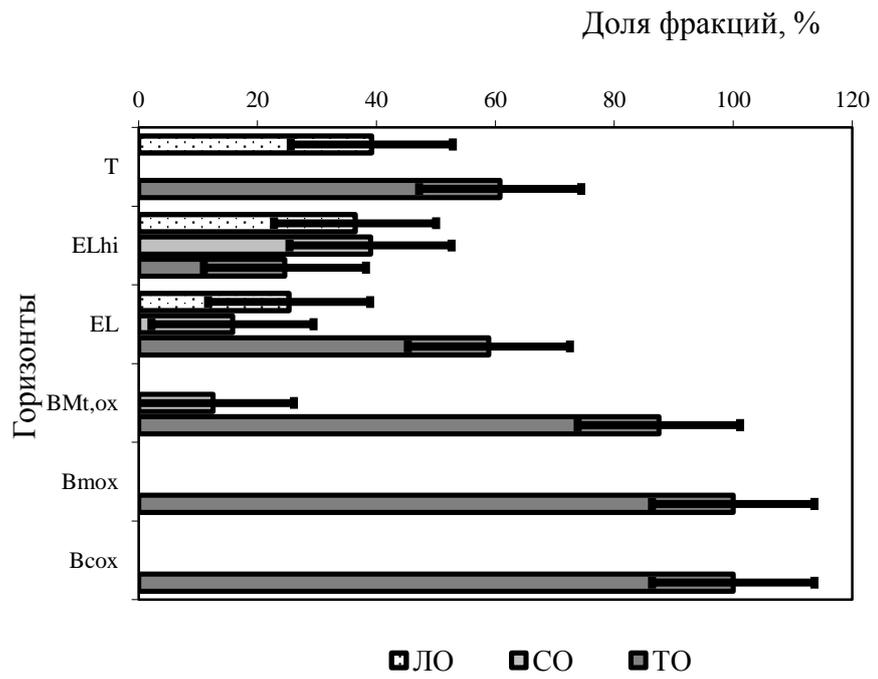


Рисунок В.3. Доля фракций ПОВ по степени окисляемости (разрез №4)