

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт наук о Земле

Кафедра почвоведения и экологии почв

Медович Екатерина Станиславовна

Гумусное состояние почв сельгового ландшафта Карельского перешейка

Выпускная квалификационная работа бакалавра

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:
доц., к.б.н. Н. Н. Федорова

_____ 2016
« _ » _____

Зав. кафедрой почвоведения
и экологии почв:
проф. Б. Ф. Апарин

_____ 2016
« _ » _____

Санкт-Петербург

2016

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Современные представления о гумусном состоянии почв сельгового ландшафта Карельского перешейка.....	5
Глава 2. Объекты и методы исследования.....	9
2.1 Район исследования и характеристика почвообразующих факторов на его территории	9
2.2 Объекты исследования.....	13
2.3 Методы исследования.....	16
Глава 3. Общая характеристика свойств почв, параметры гумусного состояния и биологической активности.....	18
3.1 Общая физико-химическая характеристика исследуемых почв..	18
3.2 Групповой и фракционный состав гумуса.....	24
3.2.1 Состав гумуса подбура (разрез№3)	25
3.2.2 Состав гумуса подбура (разрез№5).....	27
3.2.3 Состав гумуса дерново-подзола (разрез№4).....	28
3.2.4 Состав гумуса серогумусовой почвы (разрез№8).....	29
3.2.5 Заключение о составе гумуса исследуемых почв	30
3.3 Элементный состав органического вещества почвы.....	31
3.4 Базальное и субстрат-индуцированное дыхание.....	33
3.5 Гумусное состояние.....	36
Заключение	40
Выводы.....	43
Список использованной литературы.....	45
Приложения.....	47

Введение

Гумус – квинтэссенция плодородия почв, однако его для оценки необходимо знать не только количественную, но и качественную его характеристику. Гумус отражает существующее состояние биогеоценозов, он тесно связан с деятельностью растений, микроорганизмов и почвенной мезофауны. Изучение группового и фракционного состава гумуса – не только химическая цель, так как этот состав отражает в большей степени генетические особенности почв, направленность процессов почвообразования. (Пономарева В. В., 1980г)

Гумусное состояние почв – комплексная оценка, позволяющая судить о почвенном плодородии и о реализации факторов почвообразования. При помощи параметров гумусного состояния возможно выявить разницу в реализации совокупности факторов почвообразования. Обыкновенно такой оценкой пользуются для определения состояния плодородных почв, особенно при высокой многолетней антропогенной нагрузке на них, чтобы вовремя выявить деграционные процессы, вызванные таким воздействием, а также при исследованиях целинного почвенного покрова для уточнения его генезиса.

Цель: изучить гумусное состояние почв сельгового ландшафта на примере катен, заложенных в Выборгской и Приладожской частях Карельского перешейка

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Изучить изменение параметров гумусного состояния почв в пределах катены, заложенной в Выборгской части Карельского перешейка.
- Изучить изменение параметров гумусного состояния почв в пределах катены, заложенной в Приладожской части Карельского перешейка
- Дать сравнительную характеристику гумусного состояния почв, развитых в пределах сельгового ландшафта Выборгской и Приладожской частей Карельского перешейка
- Выявить влияние расчлененности рельефа, почвообразующих пород и растительности на гумусное состояние почв сельгового ландшафта Карельского перешейка.

Данная работа позволяет оценить выбранную систему критериев с точки зрения выявления различий между близкими по генезису и свойствам почвами в пределах небольшой географической зоны.

Кроме того, новизна работы кроется в самом анализе таких различий, так как изучение и сравнение состава и свойств гумусовых веществ в почвах разных частей сельгового ландшафта ранее не проводилась.

Глава 1

Современные представления о гумусном состоянии почв сельг Карельского перешейка

Оценка гумусного состояния необходима при характеристике зональных особенностей почвенного покрова, а также для выявления роли гуминовых веществ в генезисе конкретных типов почв каждой зоны. Так, Д.С. Орлов и Л.А. Гришина, основываясь на результатах исследований И.В. Тюрина, М.М. Кононовой, В.Р. Волобуева, В.В. Пономаревой, С.А. Алиева и Д. С. Орлова, использовали параметры гумусного состояния для определения черт гумуса различных природных зон, ведь состав и свойства гумуса связаны с факторами почвообразования и географическим положением. Этими же авторами вводится понятие глубины гумификации, тесно связанное с характером преобразования растительного опада и отпада, а значит и с биологической активностью почв (Орлов Д.С., 1981).

Оценивание зональных особенностей гумусного состояния дает очень четкое представление о том, как отличаются почвы в различных климатических условиях, дает характеристику направленности процессов почвообразования в масштабе всей земной поверхности, способной образовать почвенный покров, но не акцентирует внимания на условиях ландшафта и многообразии в пределах каждой из зон.

Другой подход к параметрам гумусного состояния – сравнение почв в естественных условиях и в условиях антропогенного пресса. Это направление перспективно, так как дает возможность проводить мониторинговые исследования, результат которых – однозначная оценка степени деградации ландшафтов или эффективности ремедиации нарушенных почв, а также контроль состояния почв заповедников и других ООПТ (Онищенко Л.М, 2013, Широких Е.В., 2015, Комачкова И.В, 2012).

Среди особенностей почвообразования Карельского перешейка В.В. Пономаревой (1964г) выявлены мобилизация железа в процессе почвообразования. Карельский перешеек относится к «железистой» геохимической провинции, в кислых условиях железо легко выходит из первичных минералов в процессе выветривания, концентрируясь в почвенных горизонтах и участвуя в связывании гумусовых веществ. Кислотность в подобных почвах высока, очень широко развиты процессы иллювиирования и осаждения соединений железа, кальций же накапливается слабо.

Характер почвообразования на выходах массивно-кристаллических пород исследован в работах В.О. Таргульяна, Г.А.Касаткиной, Н.Н.Матинян, однако изучению гумусного состояния и состава гумуса почв сельгового ландшафта в научных

трудах уделено недостаточно внимания. Работа Таргульяна В.О. состояла в генетическом исследовании подбуров, формирующихся в условиях свободного дренажа на любых породах в гумидных областях и не образующих оподзоленных горизонтов, выявлении причин их возникновения и уточнение классификационного положения (1971г). Подбуры - почвы водораздельных пространств - основные объекты этого исследования, их выделение в отдельный тип произошло не так давно, а состав и свойств гумуса в условиях севера Ленинградской области изучены недостаточно.

Песчаные грубозернистые породы на склонах в условиях Кольского полуострова формируют иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые почвы, подзолы, с высокой интенсивностью выноса продуктов гумификации. Такие почвы отличаются низкой степенью насыщенности гумуса азотом, низким содержанием зольных элементов. В подзолах, как и в подбурах, фульвокислоты, разрушая минералы, образуют большое количество фульватов железа и алюминия, а интенсивный процесс иллювиирования гумусовых веществ не позволяет формировать гумусовых горизонтов. Почвы, формирующиеся при избыточном увлажнении, находятся в пониженных, равнинных участках, это болотные почвы (Переверзев В.Н., 1987г).

В почвах тундры и лесной зоны наибольшая численность микроорганизмов характерна для органогенного горизонта с высоким содержанием доступными формами элементов питания. Именно здесь интенсивнее всего протекают процессы разложения и гумификации растительного опада. Изменение биологической активности по профилю почв обуславливает разный состав органического вещества в разных горизонтах почв.

Разложение растительного опада активнее всего происходит в подстилочном горизонте, состоящем из наиболее свежего растительного опада, и имеющим максимальное содержание корней растений. Скорость разложения зависит от температуры в вегетационный период, количества осадков, а также от интенсивности процессов иллювиирования, наиболее быстрая минерализация происходит в лесной зоне (Переверзев В.Н., 1987г).

На основании этих сведений можно предположить различия между почвами водоразделов и понижений в пределах Карельского перешейка: для почв понижений, сформированных под южнотаежными растительными сообществами, будут характерны более интенсивная микробиологическая активность, скорость разложения органических остатков и высокая обогащенность гумуса азотом по сравнению с почвами вершин сельговых гряд.

Г.А.Касаткина, Н.Н. Федорова, А.С. Федоров (2002) обобщили данные о почвенном покрове и составе почвообразующих пород, физико-химическим свойствам почв, высказали суждения о формировании почв Карельского перешейка и отметили их ключевые особенности. Наибольшее внимание было уделено почвенному покрову и выделению преобладающих на территории типов почв, подчеркнуто преобладание на изученной территории почв с развитыми процессами оглеения, а также подбуров и буроземов на вершинах и склонах сельговых гряд.

Вершины сельг, в зависимости от характера увлажнения, создают условия для развития подбуров типичных и оподзоленных, то есть диагностируемые почвы обладают слабо дифференцированным профилем, окрашенным соединениями железа и гумусовыми веществами.

В центральных частях межсельговых понижений этими авторами выделяются дерново-глеевые почвы тяжелые по гранулометрическому составу, весь профиль которых имеет признаки оглеения разной выраженности. В них формируется серогумусовый горизонт с хорошей структурой, прокрашенный гумусовыми веществами. В нижней части склонов формируются дерново- и торфянисто-подзолистые почвы с признаками оглеения, в верхних частях профиля которых в зависимости от микроклиматических условий формируется оторфованная толща или серогумусовый горизонт.

Схожие по генезису почвы исследованы Урусевской И.С. и Матинян Н.Н. (2005). Состав гумуса в подбурах и подзолах, сформированных на основных породах, характеризуется миграцией подвижных фульвокислот вниз по профилю, $S_{гк}/S_{фк}$ снижается от 1,5 в органогенных горизонтах до 0,2 в почвообразующей породе, также как и в сходных почвах на кислых кристаллических породах.

Изменение типа гумуса по профилю подбуров и «гуматность» его в верхних почвенных горизонтах объясняется, по мнению Пономаревой и Плотниковой (1980г), тем, что такие горизонты отмыты от всех подвижных соединений, и из гумусовых кислот в них остаются лишь малоподвижные гуминовые кислоты.

Данному исследованию предшествуют работы по определению особенностей почв сельгового ландшафта Карельского перешейка (Касаткина Г.А., 1993г). В диссертации Касаткиной Г.А. исследуются особенности почвообразовательного процесса в сельговом ландшафте Карельского перешейка, в ней представлены результаты группового и фракционного состава гумуса для подбуров. По результатам исследований, состав гумуса подбуров изменяется вниз по профилю, происходит миграция подвижных кислот и изменение типа гумуса по сравнению с верхними

минеральными горизонтами в сторону все большего преобладания фульвокислот. Преобладающие фракции гуминовых кислот (ГК) - 1 фракция (50-70% от общего содержания ГК). Несколько меньше в этих почвах ГК 3 фракции, а 2 фракция либо отсутствует, либо содержится в незначительных количествах. Состав гумуса охарактеризован для подбуров оподзоленных и типичных, однако в этой работе не охвачены почвы межсельговых понижений, исследование которых включено в нашу работу.

В последующих публикациях Касаткиной Г.А. и Федоровой Н.Н. характеризуется состав гумуса подбуров сельг на территории Приладожской учебно-научной станции (Г.А.Касаткина, 1999г). В этой работе сравнивается состав гумуса разных типов подбуров и буроземов, выявляются закономерности накопления и миграции кислот в иллювиальные горизонты.

По мнению авторов, свободные фульвокислоты(ФК) образуются в подбурах в огромных количествах, из-за высокого содержания соединений железа и алюминия в почвах, они связываются этими металлами и, перемещаясь по профилю, закрепляются в иллювиальных горизонтах. Исследователями отмечается также высокое содержание ГК 1 фракции в иллювиальных горизонтах подбуров, которое связывается с миграцией их в комплексах с фульвокислотами 1 фракции. Выявляется сходство в составе гумуса подбуров и буроземов, гумус характеризуется как грубый, кислый, подвижный, агрессивный.

Несмотря на обширность проведенных исследований, составу гумуса почв сельгового ландшафта в разных его частях и в межсельговых понижениях уделено мало внимания, вопрос остается малоизученным по сей день.

Глава 2.

Объекты и методы исследования

2.1 Район исследования и характеристика условий почвообразования на его территории

География, геология и рельеф

Карельский перешеек — территория между Финским заливом и Ладожским озером (южная граница Карельского перешейка - река Нева, а северная проходит по прямой между Выборгом и северной границей Ленинградской области).

Территория района исследования расположена вдоль Северной границы Карельского перешейка: в г. Выборге (парк Монрепо) и п. Кузнечное Приозерского района Ленинградской области, на стыке Русской платформы и Балтийского кристаллического щита, где на поверхность выходят древние породы: граниты, гнейсы, диабазы, кристаллических сланцы. Большая часть перешейка занята холмами и грядами, меж которыми находятся озера и болота.

Современный рельеф Карельского перешейка связывается в основном с последним оледенением, когда действие ледников происходило одновременно с влиянием водно-ледниковых бассейнов. Наследие бывших водных бассейнов в настоящее время - многочисленная сеть ложбинных озер (Геология СССР, 1971г).

Господствующие формы рельефа - узкие кристаллические гряды (сельги), высотой 20-30 метров: на вершинах и на склонах выступают гранитные породы. При чередовании сельговых холмов и межсельговых понижений, занятых болотами и озерами, образуется сельговый ландшафт. Пологие склоны возвышенностей покрыты супесчаной мореной, мощность которой растет к подножию склонов, на контакте с озерно-ледниковыми отложениями она может достигать нескольких метров. Межгрядовые ложбины устланы тяжелыми ленточными суглинками и глинами.

Северо-западную часть перешейка слагают протерозойские сильно трещиноватые граниты – рапакиви, описанные под названием выборгитов (Великославенский, 1953), их возраст оценивается в 1600-1800 млн. лет. Это биотитово-роговообманковые или биотитовые граниты с крупной порфировой структурой, они богаты железосодержащими минералами и легко разрушаются, высвобождая соединения железа. Такие коренные породы слагают большую часть

возвышенностей, а промежутки между ними заняты четвертичными отложениями.

Приладожская часть сложена микроклиновыми гранитами, сформировавшимися в архее (3500-3600 млн. лет назад). Такие граниты содержат меньше железосодержащих минералов, чем граниты-рапакиви и в них больше плагиоклазов и кальциевой роговой обманки (Саранчина Г.М, 1972г).

Рельеф района исследования представлен сельгами, ложбинами, равнинами с преобладанием более пологих и широких форм. Преобладают здесь плосковершинные гряды до 1 – 1,5 км в основании и высотой 15-30 м. Такие гряды имеют террасированные уступы, а между ними находятся озеровидные понижения. Рельеф повышается в направлении на северо-запад. Моренные наносы на сельгах отличаются малой мощностью и грубым песчаным составом, иногда они абрадированы и представляют собой скопления валунов. На выходах гранитов рапакиви широко развит элювий в виде рыхлой рассыпающейся дресвы.

Среди понижений основную площадь занимают террасированные низины, сложенные тяжелыми суглинками и глинами, и на побережьях залива они протягиваются сравнительно узкими и пологими полосами. Их перекрывают озовые гряды и выходы гранитов. Для этой местности характерен быстрый сток влаги со склонов и внутрипочвенный сток. Вода поступает в низины, сложенные тяжелыми слабопроницаемыми для воды породами, и если ложбина не имеет уклона, то идет поверхностное заболачивание. (Рожнова. 1963)

В качестве почвообразующих пород в исследованном районе выступают кристаллическая плита и элюво-делювий магматических пород и метаморфических пород, а также породы ледникового происхождения: морены, озерно-ледниковые пески и супеси, ленточные глины. Почвообразующие породы склонов сельг Приладожья обогащены тонкодисперсными частицами вследствие послеледниковых трансгрессий Ладожского озера, по сравнению с Выборгской частью перешейка, где создаются менее благоприятные условия для почвообразования.

Растительность

По составу растительных сообществ район относится к карельской провинции среднетаежной подзоны, но из-за неоднородности рельефа, здесь можно встретить черты южнотаежных сообществ. Наибольшую часть севера Карельского перешейка занимает лес. В Приладожской части преобладают сосновые леса, а в Выборгской -

ельники (на тяжелых породах). Также встречаются сосново-березовые, березовые, осиновые леса, сероольшаники и ивняки. Изменение флористического состава коренных лесов обязано вырубкам и пожарам, которые вытеснили из смешанных сосново-еловых лесов ель, препятствующую возобновлению сосны, и создали благоприятную среду с достаточной освещенностью и удобренную золой, что вызвало появление соснового молодняка. Это подтверждается многочисленными исследованиями лесов районов севера (Ткаченко, Тюрин, Мелехова и др. по Марченко, 1962). Болота редки (5-6% территории), луга занимают 10-12% площади.

Опад хвойных лесов содержит мало зольных элементов, что вместе с температурным режимом и малым вегетационным периодом приводит к низкой микробиологической активности, преобладанию грибного кислотообразующего разложения растительных остатков, и к сохранению лесного опада - образованию лесной подстилки, а также образованию в подстилке и вымыванию из нее водорастворимых кислот (фульвокислот и простых органических кислот). Образование гуминовых кислот выражено слабо. (Пономарева В. В., 1980г)

Климат

Карельский перешеек входит в зону лесного таежного климата северных широт. Он находится под влиянием Атлантики, омывается водами Финского залива и Ладожского озера. Зима здесь сравнительно мягкая, лето довольно прохладное. Атмосферные осадки в течении всего года обусловлен интенсивной циклонической деятельностью. Коэффициент увлажнения составляет 1.5 (по Н.Н. Иванову). Большая часть осадков выпадает в теплый период, минимум выпадения – весной. Весь район характеризуется высокой относительной влажностью воздуха, которая достигает 90 % в ноябре-январе. (Агроклиматический справочник, 1959 г).

В целом, климат на этой территории морской – то есть мягкий, по сравнению с удаленными от побережий частями Ленинградской области (температура зимы ниже по сравнению со средней по Ленинградской области на 3-4°С, а лето более прохладное), сумма осадков составляет 550-800 мм в год. Из-за буферности климата, самый холодный период наступает позже - в феврале, а вегетационный период длительный — 5 месяцев.

Выборгская часть Карельского перешейка относится к северо-восточному (холодному) агроклиматическому району, где сумма осадков при температуре выше

10°C составляет 250-275 мм, сумма положительных температур – 1400-1500°C , а количество дней с температурой выше 10°C – 105-115. Приладожская же часть находится в северном районе, где сумма осадков в теплый период меньше – 200-250мм, и в котором при той же сумме положительных температур количество дней с температурой выше 10°C меньше – 100-110. (Пестряков В. К., 1973)

2.2 Объекты исследования

Основные объекты нашего исследования – четыре почвы, заложенные в пределах двух катен в Приладожской и Выборгской части Карельского перешейка в разных участках сельг: подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви (разрез 3), дерново-подзол иллювиально-

Катены в парке Монрепо и на территории УНС "Приладожская"

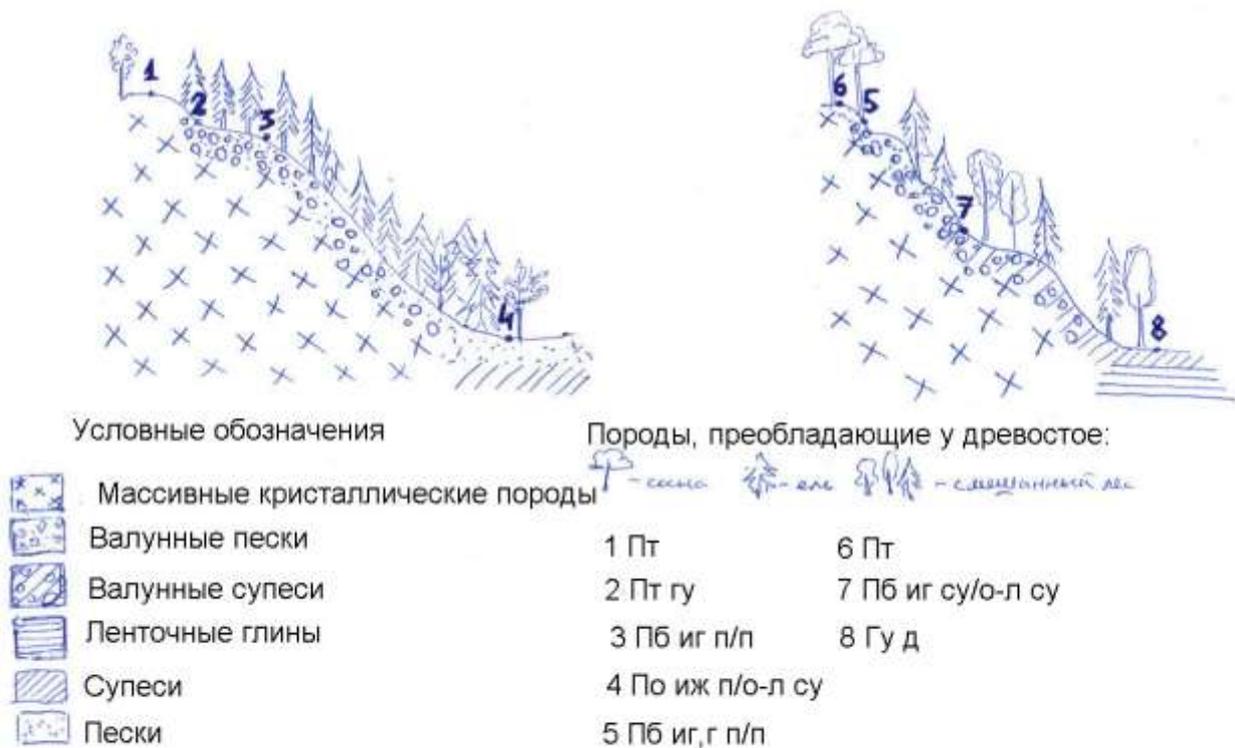


Рисунок 1, Схема расположения разрезов

железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком (разрез 4), подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита (разрез 5), серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная почва на ленточных глинах (разрез 8). Всего катены состоят из восьми разрезов (рис. 1).

Вершины сельг сложены легким по гранулометрическому составу материалом

и почвы здесь получают влагу только с атмосферными осадками. Это наиболее сухие участки ландшафта, так как вода быстро уходит вниз по склону, увлекая за собой продукты выветривания минералов, и просачивается вглубь трещиноватой гранитной толщи. Некоторое количество воды может сохраняться лишь в органогенных горизонтах. На вершинах и в верхних частях склонов сельг заложены разрезы петроземов и подбуров. Если эти почвы лежат на поверхности гранитного массива – формируются петрозёмы (разрез 1 и 6), маломощные почвы, иллюстрирующие первые стадии почвообразования, когда почвенный профиль сложен обломками кристаллических пород и опадом мхов и лишайников, а покрыт их живой биомассой.

Если почвообразующая порода представляет собой более мощные отложения, песчаную щебнистую или завалуненную толщу, образуются почвы альфегумусового отдела с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля, то есть происходит миграция глинистых частиц, полуторных оксидов и гумусовых веществ с накоплением и осаждением их в средней части профиля, и образованием характерного, окрашенного кофейными и охристыми тонами профиля. Образующиеся в таких условиях типы почв – подбуры (разрезы 3 и 5) с мощными подстилками и торфяными горизонтами. Разрезы 3 и 5 – основные объекты нашего исследования, .

Средняя часть склона также имеет легкий гранулометрический состав, а сохранение влаги обеспечивается органогенными горизонтами подбуров с высокой влагоемкостью (разрез 7). Здесь создается переходная зона, между наиболее жесткими условиями вершин сельг и мягкими условиями межсельговых понижений, в Приладожье фитоценоз имеет черты переходного между мелколиственным и хвойным лесом.

Серогумусовая почва межсельгового понижения в Кузнечном имеет явные признаки застойного увлажнения, это объясняется свойствами почвообразующей породы (ленточных глин) и накоплением влаги, поступающей с осадками, а также затрудненным стоком воды (разрез 8). Процессы оглеения обеспечиваются слабой водопроницаемостью почвы и образованием окислительно-восстановительного геохимического барьера в нижней части профиля. Черты растительного сообщества южнотаежные, преобладают мелколиственные породы деревьев, развит травяно-кустарничковый ярус.

В Монрепо в межсельговом понижении находится дерново-подзол на двучлене, здесь влага и глинистые частицы накапливаются на контакте двух почвообразующих

пород (разрез 4). В межсельговых понижениях происходит наиболее полная трансформация органического вещества, образуется серогумусовый горизонт, формируются фитоценозы, наиболее богатые зольными веществами и содержащие в своем опаде меньше кислот.

В Приладожской части нижняя часть склона сельги и межсельговое понижение были преобразованы поднятием уровня вод Ладожского озера, почвы, формирующиеся здесь, имеют супесчано-суглинистый состав (подбур и серогумусовая почва) и могут дольше обеспечивать растения влагой и элементами питания, что сильно сказывается на фитоценозе, позволяет развиваться наиболее требовательным к условиям увлажнения и питания растениям (разрез 7, 8). Преобладающие процессы в вышеописанных почвах – гумусово-аккумулятивный процесс, глеевый и альфегумусовый процессы.

2.3 Методы исследования

Для каждого из химических и физико-химических исследований анализ проводился в трехкратной повторности, относительная ошибка определения не превышает 5% . Однократное проведение анализа допущено при изучении проб на анализаторе С,Н,N, так как точность такого метода намного выше, чем для других использованных методов, а также ввиду высокой стоимости проводимого анализа.

-Для изучения почв использовались общепринятые методы исследования гранулометрического состава и физико-химических свойств почв (Химический анализ почв, 1995г).

-Для характеристики содержания и состава гумуса почв применялся метод Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой (Практикум по химии гумуса, 1981г)

-Расчет параметров гумусного состояния почв проводился по методике Л.А. Гришиной и Д.С. Орлову (1978г).

-Вычисление степени внутримолекулярной окисленности органического вещества, атомарных соотношений проводилось согласно расчетам, приведенным в «Практикуме по химии гумуса» (1981г).

-Анализ гранулометрического состава проводился на лазерном дифрактометре Shimadzu SALD-2201, с последующей обработкой результатов для характеристики почв по классификации Н.А. Качинского (1958г).

-Определение содержания С,Н,N на элементном анализаторе углерода, азота и водорода американской фирмы LECO (СНN-628). Проводилось определение содержания каждого из элементов путем сжигания и отгонки выделяющихся газов с последующим анализом их концентрации и пересчетом на содержание элементов в органическом веществе.

-Методы определения базального и субстрат-индуцированного дыхания использовались для характеристики глубины гумификации органического вещества почв. Микробиологическую (дыхательную) активность почв (V_{basal}) измеряли в лабораторных условиях по интенсивности выделения CO_2 из почвы при увлажнении, соответствующем 65-70% от ППВ, и температуре 24°C в 3-х кратной повторности. С этой целью навеску воздушно-сухой почвы (10 г) тщательно освобождали от корней и

помещали во флаконы, увлажняя до момента образования агрегатов. Каждую навеску помещали в отдельную герметично закрывающуюся емкость вместе с стаканчиком, куда приливали щелочь. Углекислый газ, фиксируясь щелочью в виде соли слабой кислоты, переходил в стакан со щелочью. Количество CO_2 определяли титриметрически в присутствии двух индикаторов, титруя щелочь в стаканчике сначала по фенолфталеину, а после исчезновения окраски - по бромкрезолу. Количество CO_2 вычисляют по разности объемов, пошедших на титрование. Субстрат-индуцированное дыхание измерялось тем же методом, однако в инкубируемую почву прибавляли раствор сахарозы (по 1 мг на каждый грамм навески)

-Метаболический коэффициент $q\text{CO}_2$ рассчитывали как соотношение скоростей выделения CO_2 из небогатенной почвы и почвы, в которую вносили избыток доступного субстрата - сахарозы (Anderson, Domsch, 1993; Благодатская и др., 1995).

-Применялись методы статистической обработки данных (Е.В. Абакумов, А.И. Попов, 2010г), на основании которых произведен расчет основных параметров, характеризующих каждую выборку.

Глава 3. Общая характеристика свойств почв, параметры гумусного состояния и биологической активности

3.1 Общая физико-химическая характеристика исследуемых почв

Изучение основных химических и физических свойств необходимо, оно дает представление о классификационном положении, о генезисе и особенностях изучаемых почв.

Содержание общего углерода падает вниз по профилю во всех разрезах (Табл. 1). Наибольшим количеством углерода обладают подбур (разрез 3), содержание колеблется от 22,51% в торфяном горизонте до 3,25% в горизонте ВС.

Таблица 1, Физико-химическая характеристика почв

Горизонт	Мощность, см	С, %	рН		мэкв/100г почвы					V, %
			H2O	KCl	Ca	Mg	H ⁺	Hг	ЕКО	
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на морене, подстилаемой гранитной плитой										
T	7-14	22,51±0,96	3,8	3,4	2,93±0,03	0,82±0,04	12,60±0,28	68,19±1,05	72,88±2,15	5,15
BH1	14-35	11,89±0,25	4,1	3,6	1,70±0,08	0,70±0,03	1,18±0,04	10,34±0,26	14,43±0,69	16,63
BH2	35-51	4,05±0,09	4,1	3,3	1,30±0,06	0,20±0,01	1,06±0,04	6,75±0,17	9,24±0,45	16,24
BC	51-57	3,25±0,10	4,4	4,1	1,40±0,01	0,25±0,01	0,76±0,03	6,63±0,05	8,63±0,42	19,12
Монрепо №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый супесчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком										
O	0-5	16,71±0,82	3,9	3,6	5,25±0,03	1,36±0,01	6,19±0,01	47,72±0,71	63,00±3,10	10,49
AУ	5-15	2,56±0,19	4,6	4,1	1,96±0,10	1,08±0,03	2,23±0,02	19,82±0,09	24,87±0,77	12,22
E	15-17	2,51±0,12	4,4	3,9	1,32±0,05	0,40±0,01	1,71±0,03	12,82±0,07	15,28±0,43	11,26
BF	17-35	0,49±0,02	4,6	4,0	1,50±0,07	0,20±0,00	1,19±0,01	10,42±0,35	12,70±0,54	13,38
BF2	35-47	0,25±0,04	4,6	3,9	0,50±0,02	0,30±0,01	0,27±0,00	2,39±0,10	4,77±0,19	16,76
BC1g	47-83	-	4,5	3,7	1,60±0,03	0,54±0,01	0,63±0,03	5,54±0,04	11,12±0,24	19,24
C2	83-95	-	4,8	4,3	2,10±0,01	0,80±0,02	0,36±0,01	3,16±0,04	6,36±0,25	45,63
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый связно-песчаный на щебнистой морене										
BH1	4-25	7,29±0,19	4,0	3,3	2,19±0,07	0,89±0,03	1,29±0,04	11,29±0,06	16,61±0,32	18,54
BH2	25-38	3,89±0,06	4,1	3,6	1,78±0,06	0,60±0,06	0,80±0,02	7,06±0,08	11,60±0,23	20,52
BHF	38-58	2,33±0,08	4,1	3,7	1,06±0,03	0,50±0,04	0,44±0,03	3,79±0,02	6,76±0,32	23,06
Cg	58-76	0,89±0,02	4,2	4,0	0,90±0,02	0,20±0,01	0,14±0,02	1,48±0,04	2,77±0,32	39,75
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах										
AУ	0-20	3,01±0,04	4,4	3,9	3,43±0,05	1,07±	1,05±0,04	9,34±0,09	29,98±0,68	24,10
G ox	20-55	0,06±0,0	6,1	6,1	5,11±0,03	3,73±	0,86±0,01	7,65±0,11	26,35±0,07	57,60

(Данные пересчитаны на абсолютно сухую навеску почвы.)

Меньшее содержание наблюдается в подбуре глееватом (разрез 5): от 7,29% до 0,89%, максимум углерода наблюдается в иллювиальных горизонтах. При сравнении иллювиальных горизонтов двух подбуров, почва разреза 3 оказывается более гумусированной. Наименьшим содержанием общего углерода обладают почвы нижних частей склонов: серогумусовая почва и дерново-подзол. В серогумусовой почве

количество органического вещества изменяется очень резко: от 3,01% до 0,06%. Эта почва сложена тяжелым по гранулометрическому составу материалом, поэтому миграция органического вещества вниз по профилю происходит не так активно, как в почвах на песчаных отложениях. Дерново-подзол характеризуется большей мощностью профиля, поэтому наблюдается более глубокое прокрашивание гумусом, количество органического углерода изменяется от 16,71% в оторфованной подстилке до 2,56-0,25% в минеральных горизонтах.

Изменение pH в профиле для всех почв одинаковое: от сильнокислой в органогенных горизонтах до кислой в минеральных (табл. 1). Самые кислые горизонты – органогенные, O(3,90) и T(3,76). Некоторое снижение кислотности в профиле связано с частичной нейтрализацией кислых гуминовых веществ катионами оснований почвенного поглощающего комплекса (ППК), наиболее четкое проявление этой закономерности происходит в подбурах: величина pH растет вниз по профилю почти на единицу. Изменение кислотности в межсельговых понижениях более плавное. Дерново-подзол имеет более кислый профиль, чем серогумусовая почва. Профиль серогумусовой почвы меняет реакцию среды от кислой к слабокислой, здесь сказывается относительное богатство почвообразующей породы основаниями.

Содержание обменных кальция и магния в почвенном поглощающем комплексе возрастает к породе, аналогично растет и степень насыщенности основаниями (V). По составу обменных катионов наиболее насыщенные почвы расположены в Приладожской части перешейка, это обусловлено богатством почвообразующих пород и относительным обогащением почв глинистыми частицами по сравнению с почвами в Выборгской части (табл. 1). Внутри катен насыщенность неоднородна: в верхней части склона в Монрепо она составляет от 5% до 19%, а в нижней части – от 10% до 46%. В Кузнечном насыщенность в верхней части сельги 19-40%, в нижней ее части – от 24% до 58%.

Среди обменных оснований кальций преобладает над магнием. По степени насыщенности основаниями выделяется серогумусовая глеевая почва, она характеризуется максимальным содержанием обменных кальция и магния, что объясняется богатством почвообразующей породы (ленточная глина) этими катионами.

Обменная кислотность и гидролитическая кислотность ведут себя противоположным образом – снижаются к нижней части профиля. Это объясняется нейтрализацией кислых продуктов гумификации опада основаниями ППК.

Наибольшими величинами гидролитической кислотности в аналогичных горизонтах обладают подбуры, особенно развитые на гранитах рапакиви (п. Монрепо): органогенный горизонт Т содержит 94% ионов Н от емкости катионного обмена (ЕКО), а иллювиальный горизонт ВН1 – уже 84%, горизонт О в дерново-подзоле – 89% от ЕКО, нижележащий – 87%. В иллювиальных горизонтах подбура, сформированного на микроклиновых гранитах, эта величина составляет 77-80%. В серогумусовой почве – 76% для дернового горизонта и 43% для окислено-глеевого.

Обменная кислотность очень резко снижается при переходе от органогенных горизонтов к минеральным. Максимальна она в органогенных горизонтах подбура и дерново-подзола, расположенных в парке Монрепо. Иллювиальные горизонты этих почв имеют примерно равное содержание обменного водорода.

Емкость катионного обмена зависит от гранулометрического состава почв и почвообразующих пород и наличия в горизонтах органического вещества. Емкость катионного обмена максимальна в органогенных горизонтах подбура и дерново-подзола из парка Монрепо, к нижней части профиля в легких по гранулометрическому составу почвах она снижается. Аналогичные минеральные горизонты подбуров обладают практически равной емкостью катионного обмена.

Серогумусовый и элювиальный горизонты дерново-подзола характеризуются меньшей емкостью катионного обмена, по сравнению с аккумулятивно-гумусовым горизонтом серогумусовой почвы, это объясняется ее более тяжелым гранулометрическим составом.

Изученные почвы на легких породах (подбуры и дерново-подзол) проявляют характерные для гумидной зоны черты: низкая степень насыщенности основаниями, преобладание в ППК водорода, кислая реакция среды и низкие значения емкости катионного обмена. Серогумусовая почва формируется на тяжелых по гранулометрическому составу отложениях с высокой емкостью катионного обмена, более богатых кальцием и магнием.

Гранулометрический состав

Гранулометрический состав почв – незаменимая их характеристика, на ее основе можно судить о богатстве почвообразующих пород и о водно-физических свойствах профиля.

Подбуры, развитые в верхних частях склонов сельг, обладают высоким содержанием скелета, так как формируются на элювии массивных кристаллических пород. Количество скелета в разрезах 3 и 5 колеблется от 40 до 90% массы горизонта, повышаясь вниз по профилю (табл. 2). Нижние части склонов сложены отложениями водно-ледниковой природы, поэтому в сформированных на них почвах скелет отсутствует.

Таблица 2, Гранулометрический состав почв по Качинскому Н. А.(1958)

Горизонт	Мощность, см	Фракции, мм								
		Крупный и средний песок	Мелкий песок	Крупная пыль	Средняя пыль	Мелкая пыль	Ил	Физ. песок	Физ. глина	Скелет
		1.00-0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	<0.001	>0.01 мм	<0.01 мм	>1.00 мм
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви										
ВН1	14-35	57	36	7	0	0	0	100	0	40
ВН2	35-51	68	26	6	0	0	0	100	0	90
ВС	51-57	74	19	6	1	0	0	99	1	75
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой микроклинового гранита с признаками гнейсовидности										
ВН1	4-25	45	38	15	2	1	0	97	3	39
ВН2	25-38	31	47	19	1	1	1	97	3	43
ВНF	38-58	34	45	19	1	1	1	98	2	69
Сg	58-76	32	37	23	4	4	1	92	8	88
Монрепо №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком										
АУ	5-15	9	64	24	2	1	0	97	3	0
Е	15-17	12	70	17	1	0	0	99	1	0
ВF	17-35	8	60	22	5	4	1	90	10	0
ВF ₂	35-47	8	52	24	7	7	2	83	16	0
ВC _{1g}	47-83	3	44	36	7	8	2	83	17	0
С ₂	83-95	6	34	28	7	8	2	68	17	0
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах										
АУ	0-20	7	48	29	8	7	1	84	16	0
Gox	20-55	1	22	36	16	20	5	59	41	0

(Содержание фракций 1,00-0,25 мм -<0,001мм - в % ко всей пробе, содержание фракции > 1,00 мм – в % к массе горизонта)

Гранулометрический состав мелкозема неодинаков для изученных почв: содержание физической глины в верхних минеральных горизонтах колеблется от 0% до 16%, то есть от рыхлого песка до супеси. Наиболее легкий по гранулометрическому

составу - подбур (разрез 3). В горизонте ВН1 фракция физического песка максимальна: 100%, что соответствует рыхлому песку. Во всем профиле преобладают фракции крупного и среднего песка, доля глинистых частиц возрастает к нижней части профиля в два раза, однако все еще составляет ничтожную величину: 1%. Скелетная фракция распределена по профилю неравномерно: наибольшее её содержание в горизонте ВН2, наименьшее – в горизонте ВН1.

Подбур в Приладожской части Карельского перешейка (разрез 5) по гранулометрическому составу также относится к рыхлому песку, однако он более обогащён пылеватыми частицами и илом. Доля физической глины в профиле колеблется от 3% до 8%. Увеличение содержания тонкодисперсных частиц происходит скачкообразно при переходе от иллювиальных горизонтов к горизонту ВС. Такой скачок обусловлен особенностями почвообразующей породы, наиболее обогащенной глинистыми частицами. В верхней части профиля преобладают фракции крупного и среднего песка, в нижележащих горизонтах - мелкого песка. Во всем профиле обнаруживается довольно высокое содержание крупной пыли (15-23%). Доля скелетной фракции растет к почвообразующей породе от 39% до 88%.

Дерново-подзол имеет характерное элювиально-иллювиальное распределение частиц физической глины: ее количество резко снижается в оподзоленном горизонте Е (от 3% до 1%) и затем резко возрастает вниз по профилю до 17% в горизонте С₂. Рост содержания тонкодисперсных частиц происходит скачкообразно: под элювиальным горизонтом повышается содержание физической глины на 10%, оно продолжает расти в нижележащих горизонтах. Двучленность отложений диагностируется по высокому содержанию мелкого песка в верхней части профиля и относительному повышению содержания фракций крупной пыли после горизонта ВF₂. По гранулометрическому составу дерново-подзол также относится к рыхлому песку. Преобладающая во всех горизонтах почвы – фракция крупного и среднего песка, ее содержание снижается к нижней части профиля.

В серогумусовой почве доминантные фракции меняются: в горизонте АУ наблюдается накопление мелкого песка, а в глеевом горизонте – крупной пыли. Глеевый горизонт обогащен также фракциями средней и мелкой пыли. По содержанию физической глины горизонт АУ серогумусовой почвы является супесчаным, а глеевый горизонт - тяжелосуглинистым.

Для почв изученных катен прослеживаются единые черты изменения

гранулометрического состава. Почвы катены в Выборгской части перешейка богаты песчаными фракциями: крупным и средним песком - в подбуре, мелким – в дерново-подзоле, это говорит о миграции выветренных частиц вниз по склону сельги, таким образом верхняя часть профиля обогащается мелким песком и в нижней части склонов образуются двучленные отложения.

Почвы катены в Приладожской части Карельского перешейка характеризуются преобладанием фракций мелкого песка и крупной пыли. Вероятно, это последствия наступления Ладожского озера и аккумуляции более тонкого материала на поверхности сельговых холмов. В почвах этой катены также происходит миграция песчаной фракции вниз по склону: в серогумусовой почве (горизонт АУ) происходит рост содержания фракции мелкого песка на 25% по сравнению с глеевым горизонтом.

3.2 Групповой и фракционный состав гумуса

Для оценки гумусного состояния объектов необходимо получить сведения о составе гумуса почв. Результаты, приведенные в таблице 3, характеризуют содержание и фракционно-групповой состав гумуса, определенный методом Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой, а также дают представление о типе гумуса.

Деление гуминовых веществ на группы и фракции позволяет судить о характере и о направленности гумусообразования и преобладающих почвенных процессах,

Таблица 3, Состав гумуса объектов

Горизонт	С общ.	Гуминовые кислоты (ГК)				Фульвокислоты (ФК)					Негидролиз. остаток	С ГК/С ФК
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви												
Т	23,05	3,13	0,25	3,19	6,57	0,76	6,26	0,54	1,56	9,12	7,36	0,72
	100,0	13,6	1,1	18,2	32,8	3,3	27,2	2,3	2,4	35,2	31,9	
ВН1	11,91	1,15	0	0,54	1,69	1,14	1,05	0,25	0,9	3,34	6,88	0,51
	100,0	9,7	0,0	4,5	14,2	9,6	8,8	2,1	7,6	28,0	57,8	
ВН2	4,07	0,26	0,02	0,27	0,55	0,4	0,87	0,34	0,67	2,28	1,24	0,24
	100,0	6,4	0,5	6,6	13,5	9,8	21,4	8,4	16,5	56,0	30,5	
ВС	3,25	0,1	0,07	0,24	0,41	0,35	0,64	0,47	0,55	2,01	0,83	0,20
	100,0	3,1	2,2	7,4	12,6	10,8	19,7	14,5	16,9	61,8	25,5	
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита												
ВН1	7,34	0,8	0,05	0,58	1,43	0,39	0,57	0,58	0,5	2,04	3,87	0,70
	100,0	10,9	0,7	7,9	19,5	5,3	7,8	7,9	6,8	27,8	52,7	
ВН2	3,91	0,22	0,07	0,21	0,5	0,52	0,52	0,75	0,15	1,94	1,47	0,26
	100,0	5,6	1,8	5,4	12,8	13,3	13,3	19,2	3,8	49,6	37,6	
ВНФ	2,34	0,14	0,03	0,22	0,39	0,36	0,42	0,33	0,26	1,37	0,58	0,28
	100,0	6,0	1,3	9,4	16,7	15,4	17,9	14,1	11,1	58,5	24,8	
СГ	0,89	0,04	0,01	0,1	0,15	0,14	0,12	0,08	0,24	0,58	0,16	0,14
	100,0	4,5	1,1	11,2	16,9	15,7	13,5	9,0	27,0	65,2	18,0	
Монрепо №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком												
АУ	2,61	0,37	0,03	0,22	0,62	0,27	0,51	0,04	0,1	0,92	1,07	0,67
	100,0	14,2	1,1	8,4	23,8	10,3	19,5	1,5	3,8	35,2	41,0	
Е	2,53	0,35	0,12	0,18	0,65	0,22	0,52	0,12	0,19	1,05	0,83	0,62
	100,0	13,8	4,7	7,1	25,7	8,7	20,6	4,7	7,5	41,5	32,8	
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах												
АУ	3,09	0,21	0,16	0,36	0,73	0,13	0,45	0,1	0,29	0,97	1,39	0,75
	100,0	6,8	5,2	11,7	23,6	4,2	14,6	3,2	9,4	31,4	45,0	

(Расчет: в процентах от массы навески, в процентах от общего содержания углерода.)

а эта информация в свою очередь позволяет сделать вывод о состоянии исследуемых почвенных разностей.

Для почв таежной зоны, сформированных на кислых почвообразующих породах свойственно преобладание в составе гумуса группы фульвокислот, а среди фракций гуминовых кислот и фульвокислот – наиболее подвижных 1 и 1а, а также связанных с силикатами и полуторными оксидами и глинистыми минералами (3 фракция). Содержание негидролизуемого остатка динамично: оно максимально в средней части профиля и значительно снижается в нижележащих горизонтах (Таргульян В.О., 1971г).

Несмотря на общность таких черт, каждая почва обладает индивидуальным составом гумуса, типом гумуса и глубиной преобразования органического вещества.

3.2.1 Состав гумуса подбура иллювиально-гумусового песчаного на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви (разрез 3)

Содержание общего углерода резко снижается вниз по профилю подбура (от 23,05% до 3,25%), особенно при переходе от горизонта Т к горизонту ВН2.(рис. 2, табл.3) Органогенный горизонт Т сложен растительными остатками, находящимися на разных этапах разложения, но в основном – слабо преобразованными, богат органическими соединениями неспецифического характера. Горизонты ВН1 и ВН2 - гумусово-иллювиальные, в них накапливается органическое вещество, мигрирующее из органогенных горизонтов. В горизонте ВС обнаруживается высокое содержание органического углерода (3,25%), что можно объяснить накоплением гумусовых кислот над гранитной плитой, в том числе фракций, связанных с силикатными полуторными оксидами и глинистыми минералами, так как здесь задерживаются тонкодисперсные частицы, перемещающиеся из верхней части профиля в процессе партлювации.



Рисунок 2, распределение содержания углерода в почвах

Доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, минимальна во всем профиле подбура, что связано с дефицитом обменного кальция в ППК. Происходит увеличение содержания этой фракции в органогенном горизонте (вследствие биогенного накопления кальция) и в горизонте ВС, в ППК которого снижается количество обменного водорода и возрастает относительное содержание обменных кальция и магния.

Фульвокислоты 1а-фракции в силу своей высокой подвижности мигрируют вниз по профилю, их содержание увеличивается от 3,3% до 10,8%. Таким же распределением обладают фульвокислоты, связанные с несиликатными полуторными оксидами, исключение составляет горизонт Т, где содержание фульвокислот 1 фракции достигает максимума (27,2%). Доля фульвокислот, связанных с силикатными полуторными оксидами и глинистыми минералами, растет сверху вниз, что объясняется накоплением пылеватых частиц над гранитной плитой. Для фульвокислот, связанных с кальцием, характерно пониженное содержание во всем профиле, их количество относительно увеличивается с глубиной (от 2,3% до 14,5%).

Содержание негидролизующего остатка в минеральной части профиля с глубиной снижается (от 57,8% до 25,5%).

Тип гумуса изменяется вниз по профилю: от гуматно-фульватного к фульватному (от 0,72 до 0,20). Горизонт Т отличается по составу гумуса от нижележащих минеральных горизонтов, он содержит примерно равные доли групп гуминовых веществ (32,5% ГК, 35,2% ФК, 31,9% негидролизующего остатка) и имеет гуматно-фульватный тип гумуса. Далее в профиле проявляется элювиально-иллювиальная дифференциация: вниз мигрируют подвижные фульвокислоты, они начинают преобладать в составе гумуса минеральной части профиля над гуминовыми кислотами, создавая значительный перевес и изменяя с глубиной тип гумуса на более и более фульватный.

Подбур характеризуется агрессивным составом гумуса, в котором преобладают фульвокислоты, особенно подвижные их фракции. Доля фракций гуминовых кислот, связанных с кальцием ничтожна, однако проявляется повышение содержания фульвокислот 2 фракции в горизонте ВС. Гуминовые кислоты закрепляются в верхней части профиля, фульвокислоты мигрируют по профилю, аккумулируясь над гранитной плитой. Содержание негидролизующего остатка – 40-50%, снижается по профилю.

3.2.2 Состав гумуса подбура иллювиально-гумусовый глееватого связно-песчаного на элювии микроклинового гранита (разрез 5)

Содержание общего углерода в разрезе №5 колеблется от 7,34%-0,89%, а его распределение такое же, как и в предыдущем разрезе – резко убывающее по профилю. Этот подбур менее гумусированный по сравнению с почвой разреза 3: в аналогичных горизонтах содержание общего углерода ниже (табл. 3).

В составе гумуса преобладают 1 и 3 фракции гуминовых кислот, однако, содержание свободных гуминовых кислот и связанных с несиликатными полуторными оксидами в подбуре, сформированном в Приладожской части сельгового ландшафта, выше, чем в аналогичных горизонтах подбура, расположенного в парке Монрепо на 1-3%. Несколько возрастает и количество гуминовых кислот, связанных с кальцием, до 0,7-1,8% , что, вероятно, обусловлено наличием плагиоклазов в минералогическом составе почвообразующей и подстилающей пород. Содержание гуминовых кислот 3 фракции возрастает с глубиной от 5,4% до 11,2%.

В составе гумуса подбура, сформированного в Приладожской части, содержание фульвокислот ниже на 0,2-7%, однако количество наиболее агрессивной 1а фракций фульвокислот больше, особенно в нижней части профиля, по сравнению с разрезом 3, то есть аккумуляция гумусовых кислот с глубиной происходит активнее. Это обусловлено утяжелением гранулометрического состава в горизонте СG и близостью к дневной поверхности массива кристаллических пород, создающих препятствие для перемещения тонких частиц, влаги и переносимых ею веществ. По этой же причине содержание фульвокислот, связанных с силикатными полуторными оксидами и глинистыми минералами, значительно возрастает в горизонте СG (на 16% по сравнению с горизонтом ВНF). Доля фульвокислот, связанных с кальцием, составляет значительную величину, их количество возрастает в горизонте ВН2 до 19,2%, следуя за повышением содержания обменного кальция в ППК

Величина негидролизуемого остатка падает с глубиной и количественно практически не отличается от содержания негидролизуемого остатка в составе гумуса подбура в Выборгской части Карельского перешейка (разница в 5-7%).

Тип гумуса изменяется с глубиной от гуматно-фульватного к фульватному (от 0,70 до 0,14). В целом подбур, расположенный в парке Монрепо, характеризуется более фульватным типом гумуса, по сравнению с подбуром, сформированным в Приладожской части сельгового ландшафта.

Подбуры (разрезы 3, 5) характеризуются в целом схожим составом гумуса. Тип гумуса меняется вниз по профилю в связи с закреплением в верхних горизонтах профиля гуминовых кислот и миграции фульвокислот от гуматно-фульватного к фульватному. Преобладающие фракции: 1 и 3 фракции гумусовых кислот, высока доля 1а фракции фульвокислот. Количество негидролизуемого остатка высокое, относительно снижающееся по профилю (57%-18%). Отличительной чертой состава гумуса подбура, сформированного на элюво-делювии микроклиновых гранитов служит более высокое содержание гумусовых кислот, связанных с кальцием (до 1,8-19,2 % от Собщ.), обусловленное особенностями выветривания плагиоклазов.

3.2.3 Состав гумуса дерново-подзола глееватого иллювиально-железистого супесчаного на двучленных отложениях (разрез 4)

Содержание общего углерода в дерново-подзоле гораздо меньше, чем в подбурах (2,61% в горизонте АУ), однако эта почва формируется при участии процесса

биогенной аккумуляции, что приводит к образованию полноценного органоминерального серогумусового горизонта, органическое вещество которого характеризуется более высокой степенью гумификации, по сравнению с грубогумусовыми горизонтами подбуров.

В составе гумуса преобладают 1 и 3 фракции гуминовых кислот, количество которых в профиле остается стабильным. Содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, невелико, возрастает вниз по профилю от 1,1% до 4,7%, что согласуется с увеличением содержания обменного кальция.

Содержание фульвокислот растет с глубиной. На долю наиболее подвижных и агрессивных фракций (ФК1 и ФК1а) приходится около 30% углерода, что составляет более 70% от суммы фульвокислот. Количество фульвокислот 2 и 3 фракций невелико, с глубиной несколько растет.

Содержание негидролизующего остатка составляет 41,0-32,8%, что связано с наличием негумифицированного органического вещества, количество которого снижается с глубиной. Тип гумуса гуматно-фульватный, незначительно изменяется с глубиной.

В дерново-подзоле отмечается снижение содержания органического вещества по сравнению с подбурами. Состав гумуса имеет те же особенности, что и гумус подбуров: велико содержание фульвокислот 1 и 1а фракции, отмечается низкое содержание гумусовых веществ, связанных с кальцием. Негидролизующий остаток составляет 30-40% органического вещества почвы.

3.2.4 Состав гумуса серогумусовой окисленно-глеевой супесчаной почвы на ленточных глинах (разрез 8)

В серогумусовой почве также протекает процесс биогенной аккумуляции и образуется серогумусовый горизонт с содержанием общего углерода 3,09% (табл. 3). Тип гумуса также гуматно-фульватный, но с относительно меньшим участием фульвокислот. Это связано с богатством почвообразующей породы (ленточной глины), положением в рельефе (верхняя часть межсельгового понижения), относительным постоянством увлажнения и температурного режима, развитием травянистой растительности и, как следствие, с относительным увеличением глубины гумификации органических остатков.

Гумус также богат 1 и 3 фракциями фульвокислот, они составляют 25% всего органического вещества. Доля фульвокислот 1а фракции сравнительно мала – 4,2% (на 6,1% меньше, чем в АУ дерново-подбура). Среди гуминовых кислот преобладает 3 фракция(11,2%). Гуминовые кислоты 1 и 2 фракции количественно практически равны, однако их очень мало - в сумме 12%. Негидролиземый остаток, как и в дерново-подзоле, составляет около 40% органического вещества почвы.

Серогумусовая почва обладает низким содержанием углерода, меньшим содержанием в составе гумуса фульвокислот 1а и 1 фракции по сравнению с подбурами и дерново-подзолом. $S_{гк}/C_{фк}=0,75$, это максимальное значение для всех изученных почв.

3.2.5 Заключение о составе гумуса исследуемых почв

Гумус подбуров, дерново-подзола и серогумусовой почвы обладает следующими свойствами: он кислый, в нем преобладают агрессивные фракции, мало связанных с кальцием гумусовых веществ.

Почвы верхних частей склонов – подбуры, отличаются от почв межсельговых понижений характером миграции гумусовых кислот: гуминовые кислоты закрепляются в органогенных горизонтах, а в нижележащие горизонты мигрируют фульвокислоты – перемещение мощное и отчетливое, тип гумуса становится в нижних горизонтах фульватным. Кроме того, само содержание фульвокислот в подбурах больше. Для почв разрезов 3 и 5 характерно формирование грубогумусовых оторфованных горизонтов, что вызвано очень суровыми условиями гумификации растительных остатков.

Почвы межсельговых понижений – дерново-подзол и серогумусовая почва, менее подвержены влиянию резких перепадов обеспеченности теплом и влагой, формируются на более богатых почвообразующих породах с участием травянистой растительности, в таких условиях возрастает глубина гумификации органических остатков и относительная доля гуминовых кислот в составе гумуса, формируется полноценный серогумусовый горизонт. Наблюдается снижение содержания агрессивных фульвокислот относительно гумуса подбуров.

По катенам, заложенным в Выборгской и Приозерской частях сельгового ландшафта, проявляется четкая зависимость изменения типа гумуса от фульватного в подбурах до гуматно-фульватного в почвах межсельговых понижений, где создаются условия для относительно более активного образования гуминовых кислот.

3.3 Элементный состав органического вещества почвы

Результат изучения атомного состава органического вещества почвы на CNH-анализаторе показал убывание содержания углерода, N и H в составе органического вещества почвы вниз по профилю (табл. 4).

Таблица 4, Элементный состав органического вещества объектов

Горизонт	Мощность, см	N, %	C, %	H, %	Сорг.,% (Методом Тюрина)	C/N	H/C	Степень внутримолекулярной окисленности, (C абс.- Sox)/C абс*100%
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви								
T	7-14	1,52	40,67	5,11	23,05	31,29	1,51	41,95
BH1	14-35	0,99	17,34	3,86	11,91	20,41	2,67	31,18
BH2	35-51	0,52	8,11	1,98	4,07	18,35	2,93	49,59
Монрепо №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком								
AУ	5-15	0,20	3,13	0,55	2,61	18,52	2,11	7,87
E	15-17	0,21	3,54	0,60	2,53	19,48	2,03	27,01
BF	17-35	0,06	0,68	0,22	0,49	12,26	3,88	27,36
BF ₂	35-47	0,04	0,36	0,08	-	11,46	2,67	-
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита								
BH1	4-25	0,39	10,10	1,74	7,34	30,22	2,07	26,82
BH2	25-38	0,29	5,23	1,38	3,91	20,80	3,17	24,79
BHF	38-58	0,17	3,07	0,8	2,34	20,83	3,13	23,38
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах								
AУ	0-20	0,27	3,34	0,76	3,09	14,29	2,73	4,89
G _{ох}	20-55	0,06	0,47	0,15	0,06	9,75	3,83	86,69

Отношение C:N свидетельствует об обогащенности гумуса азотом и, косвенно, о глубине гумификации органического вещества. Обогащенность гумуса азотом в исследуемых почвах колеблется от 31 до 10, то есть от средней до очень низкой (Л.А. Гришина, Д.С.Орлов, 1978г). C/N изменяется по профилю почв, снижаясь сверху вниз, вероятно, в среднюю часть профиля попадает органическое вещество, характеризующееся большей глубиной гумификации.

Это соотношение схоже для вершин сельг: в подбурах оно составляет 31-30 в верхних горизонтах, сужаясь вниз по профилю до 18-21, то есть содержание азота низко, а процесс гумификации заторможен. При этом обогащенность гумуса азотом относительно нарастает с глубиной.

В почвах межсельговых понижений создаются более благоприятные условия гумусообразования, растет содержание азота, отношение C:N сужается до 12-14, что свидетельствует о некотором повышении глубины гумификации.

Отношение Н:С косвенно показывает соотношение между соединениями алифатической и ароматической природы в составе гумуса почв. Во всех изученных почвах отношение Н:С больше 2, что характеризует низкое содержание соединений ароматической природы в составе гумуса, а следовательно и невысокую глубину гумификации органического вещества.

Соотношение окисляемой части органического вещества и общего его содержания дает информацию о многолетних условиях увлажнения, создавшихся в почве, чем меньше это соотношение, тем больше в горизонте удерживается влаги, что приводит, например, к развитию глеевого процесса. Наименьшие величины данного соотношения характерны для аккумулятивно-гумусовых горизонтов почв нижних частей склонов и межсельговых понижений, особенно для серогумусовой почвы – 4,89. В этих горизонтах создаются условия для накопления и даже застоя влаги, особенно в серогумусовой глеевой почве, в то же время, в окислено-глеевом горизонте этой почвы отношение максимально (86,69). максимально (46,81), что, вероятно, обусловлено методической ошибкой при определении содержания углерода по окисляемости.

Подбуры характеризуются высокими значениями внутримолекулярной окисленности органического вещества – от 23,38 до 49,82, следовательно, эти почвы формируются в условиях неустойчивого увлажнения, даже в торфяном горизонте (41,95). Действительно, подбуры образуются при провальном типе водного режима и часто испытывают недостаток влаги, что замедляет процесс гумификации органических остатков, а преобладание окислительной обстановки способствует их минерализации.

Результаты изучения атомного состава органического вещества подтверждают развитие в почвах сельгового ландшафта процессов торфонакопления и гумусообразования. Наиболее контрастные условия проявляются на вершинах сельг, наиболее благоприятные – в межсельговых понижениях.

Из вышесказанного следует, что в подбурах разложение органических остатков заторможено, процесс гумификации подавлен, что приводит к формированию оторфованного грубого кислого гумуса, отличающегося крайне низкой глубиной гумификации. Дерново-подбур и особенно серогумусовая почва характеризуются более благоприятными условиями разложения органических остатков, растет интенсивность процесса гумификации, образуется гумус гуматно-фульватного типа, относительно возрастает и его глубина гумификации.

3.4 Базальное и субстрат-индуцированное дыхание.

Биологическая активность почв контролирует процессы минерализации и гумификации органических веществ, попадающих в почву. В таблице 5 приведены результаты измерения эмиссии почвами углекислого газа, на основании которых делается вывод о состоянии микробоценоза.

Таблица 5, Базальное и субстрат-индуцированное дыхание

Горизонт	Дыхание, мг CO ₂ /100г в сутки		qCO ₂ (V _{basal} /V _{sir})	V _{basal} /C, мг CO ₂ /г С почвы/ сутки
	Базальное	Субстрат- индуцированное		
Кузнечное №5 Подбур иллювиально-гумусовый глееватый песчаный на элювии микроклинового гранита				
ВН1	3,67±0,12	9,17±0,31	0,36	0,36
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви				
Т	9,72±0,12	22,92±0,61	0,42	0,24
Монрепо №4 Дерново-подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком				
АУ	2,20±0	8,25±0,31	0,27	0,70
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах				
АУ	4,95±0,11	13,75±0,53	0,36	1,48

Для изучаемых почв была измерена эмиссия углекислого газа в верхних горизонтах. Значения базального дыхания ниже, чем значения субстрат-индуцированного дыхания, так как во втором случае к почве добавлялся раствор сахарозы, создающий дополнительный источник питания и стимулирующий микробиологическую деятельность. Показатель qCO₂ (метаболический коэффициент), позволяет оценить, как соотносится скачок микробиологической активности в каждой из почв с условиями питания в них. V_{basal}/C – отношение скорости базального дыхания (мг/сутки) к общему содержанию углерода в изучаемом горизонте. Удельная скорость базального дыхания – показатель, описывающий скорость минерализации органического вещества почвы, то есть чем ниже значения V_{basal}/C, тем менее активно микробоценозом разлагается органическое вещество.

Во всех разрезах различия между базальным и субстрат-индуцированным дыханием очень велик, что говорит о негативном воздействии на микроорганизмов, о дефиците доступных для них питательных веществ.

Среди изученных почвенных горизонтов торфяной горизонт подбура Выборгской части перешейка выделяется максимальной величиной базального и субстрат-индуцированного дыхания. Вероятно, это объясняется природой горизонта, ведь он сложен органическим веществом, пронизан корнями и должен содержать гораздо больше микроорганизмов, которые и активизируются при благоприятных лабораторных условиях. В разрезе №3 наблюдается наибольший qCO_2 , то есть обстановка для деятельности микроорганизмов самая суровая. Величина удельной скорости базального дыхания позволяет заключить, что в подбуре разложение органического вещества почвы происходит крайне медленно.

Подбур в Приладожье также обладают высоким метаболическим коэффициентом, то есть при большом потенциале микробоценоза, условия для развития микроорганизмов в почве неблагоприятные. Удельная скорость дыхания выше в этом подбуре относительно предыдущего.

Разница между подбурами минимальна, почвы на вершинах сельговых гряд хоть и характеризуются высокой интенсивностью дыхания микроорганизмов, однако обуславливается это исключительно высоким содержанием органических остатков. Показатели qCO_2 и V_{basal}/C показывают, что микроорганизмы в этих почвах испытывают сильнейший стресс.

Аккумулятивно-гумусовый горизонт дерново-подзола «дышит» менее интенсивно, чем горизонты подбуров, но метаболический коэффициент в нем ниже, что говорит о более благоприятной среде для жизни микроорганизмов. Удельная скорость базального дыхания подтверждает это суждение, по сравнению с подбурами она вырастает в 2-3 раза.

Горизонт АУ в серогумусовой почве также отличается от подбуров более низкими значениями базального и субстрат-индуцированного дыхания, однако удельная скорость базального дыхания в 1,5-2 раза выше по сравнению с другими почвами. Это свидетельствует о наиболее благоприятных условиях развития почвенных микроорганизмов.

Серогумусовая почва и дерново-подзол отличаются по своим метаболическим коэффициентам, факторы почвообразования в Выборгской части Карельского перешейка, вероятно, более стабильны в течение теплого периода года, поэтому хоть

коэффициент в дерново-подзоле все еще очень высок, он минимальный среди изученных почв. Этот результат интересен тем, что хотя интенсивность дыхания выше в серогумусовой почве, микробоценоз дерново-подзола наиболее адаптирован к сложившимся условиям и более полно реализует свой потенциал относительно остальных почв.

Наиболее низкая микробиологическая активность обнаружена в почвах Выборгской части Карельского перешейка, здесь же наблюдается и наибольшая концентрация агрессивных органических кислот, низкая степень гумификации органического вещества и низкое содержание оснований в почвообразующих породах. В Выборгской части сельгового ландшафта метаболический коэффициент для подбура и дерново-подзола различается, разница составляет 0,15 ед., что означает повышение обеспеченности микроорганизмов элементами питания, теплом и влагой к нижней части сельги.

В противовес этому, почвы Приладожья обладают более активным сообществом микроорганизмов, характеризуются более высокой скоростью разложения органического вещества и большим содержанием ароматической составляющей в составе гумуса, большей обогащенностью гумуса азотом.. В почвах катены Приладожской части перешейка метаболический коэффициент не меняется, то есть микробоценоз испытывает примерно равный дефицит элементов питания и нагрузку от стрессовых условий в почве.

3.5 Гумусное состояние почв

Таблица 6, Гумусное состояние изученных почв

Гори зонг	Мощность подстилки, см	Содержание гумуса, %	Обогащенность азотом, C/N	Степень гумификации, %	Тип гумуса, С гк/С фк	ГК1, %	ГК2, %	ГК3, %
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви								
Т	7	23,05	31,29	28,50	0,72	47,64	3,81	48,55
		Очень высокое	Очень низкая	Средняя	Гуматно-фульватный	Среднее	Очень низкое	Высокое
ВН1	7	11,91	20,41	14,19	0,51	68,05	0,00	31,95
		Очень высокое	Очень низкая	Слабая	Гуматно-фульватный	Высокое	Очень низкое	Высокое
ВН2	Мощная	4,07	18,35	13,51	0,32	59,09	4,55	36,36
		Среднее	Очень низкая	Слабая	Фульватный	Среднее	Очень низкое	Высокое
ВС		3,25	-	12,62	0,23	21,28	27,66	51,06
	Низкое	-	Слабая	Фульватный	Низкое	Низкое	Высокое	
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита								
ВН1	4	7,34	30,22	19,48	0,70	55,94	3,50	40,56
		Высокое	Очень низкая	Слабая	Гуматно-фульватный	Среднее	Очень низкое	Высокое
ВН2		3,91	20,80	12,79	0,26	44,00	14,00	42,00
	Низкое	Очень низкая	Слабая	Фульватный	Среднее	Очень низкое	Высокое	
ВНФ	Средней мощности	2,34	20,83	16,67	0,27	35,90	7,69	56,41
		Низкое	Очень низкая	Слабая	Фульватный	Низкое	Очень низкое	Высокое
СГ		0,89	-	16,85	0,14	26,67	6,67	66,67
	Очень низкое	-	Слабая	Фульватный	Низкое	Очень низкое	Высокое	
Монрепо №4 Дерново-подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком								
АУ	5	2,61	18,52	23,75	0,67	59,68	4,84	35,48
		Низкое	Очень низкая	Средняя	Гуматно-фульватный	Среднее	Очень низкое	Высокое
Е	Мощная	2,53	19,48	25,69	0,63	71,76	7,06	21,18
		Низкое	Очень низкая	Средняя	Гуматно-фульватный	Высокое	Очень низкое	Высокое
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах								
АУ	2	3,09	14,29	23,62	0,73	19,72	29,58	50,70
	Средней мощности	Низкое	Низкая	Средняя	Гуматно-фульватный	Очень низкое	Низкое	Высокое

Гумусное состояние является как отражением протекающих в почве процессов, так и фактором, определяющим дальнейшее преобразование почвенного покрова.

Изученные почвы, относящиеся к отделу альфегумусовых (подбуры и дерново-подзол), обладают элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля, то есть органические вещества в них активно мигрируют в нижележащие горизонты.

В этих почвах часто также образуются подстилочные и торфяные горизонты, в них сконцентрирована большая часть органического вещества, которое почти не подвергается разложению и консервируется на поверхности. В почвах из органо-аккумулятивного отдела (серогумусовая) и других почвах, где формируется гумусовый горизонт (дерново-подзол), степень гумификации органических веществ выше, что следует из таблицы 6 (Классификация и диагностика почв России, 2004).

Мощность подстилки связана с активностью минерализации органического вещества. Подстилка в почвах Выборгской катены мощная, в почвах Приладожья – средней мощности. Это явление служит свидетельством несколько более высокой скорости переработки органических остатков в почвах Приладожья, хотя в целом наблюдается заторможенность процессов разложения свежего органического вещества, попадающего на поверхность. Почвы вершин сельг (разрезы 3 и 5) обладают более мощными подстилками, чем почвы разрезов 4 и 8, то есть трансформация опада происходит быстрее в почвах межсельговых понижений.

Содержание гумуса в почвах сельг Карельского перешейка изменяется от очень высокого до очень низкого. Максимально количество углерода органических веществ характерно для торфяных горизонтов и иллювиальных горизонтов подбуров, находящихся под органогенными, тогда как в почвах с развитыми серогумусовыми горизонтами количество гумуса классифицируется как низкое. Несмотря на низкое содержание, прокрашенная гумусом толща обладает мощностью 17-20 см и имеет более благоприятный для растений состав гумуса, чем органогенные горизонты подбуров.

В почвах с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля содержание углерода органических веществ с глубиной снижается очень резко при переходе к нижним иллювиальным горизонтам и горизонтам, переходным к почвообразующей породе. В Выборгской части сельгового ландшафта почвы содержат максимальное количество слабо преобразованного органического вещества.

Обогащенность органического вещества азотом почв сельгового ландшафта классифицируется как очень низкая, за исключением серогумусовой почвы, где она низкая. Это относительное повышение обогащенности гумуса азотом обусловлено более высокой степенью гумификации органического вещества в серогумусовой почве по сравнению с подбурами и дерново-подзолом.

Степень гумификации в описанных почвах колеблется от средней до слабой, что согласуется с данными об общем низком уровне гумификации органического вещества в изучаемых почвах. Наиболее гумифицировано органическое вещество почв межсельговых понижений, это черта, общая для почвенного покрова всего Карельского перешейка. Подбур (разрез 5) содержит больше гуминовых кислот, то есть подбуры в Приладожской части сельгового ландшафта обладают относительно более высокой степенью гумификации органического вещества.

Тип гумуса в почвах варьирует от гуматно-фульватного до фульватного в зависимости от изучаемого горизонта. Для верхних горизонтов тип всегда гуматно-фульватный, он переходит в фульватный только в нижних частях профиля, что вызвано аккумуляцией в них подвижных фульвокислот. Наибольшей гуматностью обладают почвы межсельговых понижений.

Характеристика содержания гуминовых кислот в почвах выявляет высокое содержание в гумусе почв сельгового ландшафта гуминовых кислот 3 фракции, связанных с силикатными полуторными оксидами и глинистыми минералами, особенно в почвах сельг Приладожья. Объясняется это прежде всего богатством почвообразующих пород минералами, в составе которых преобладают соединения железа и алюминия, а также более тяжелым механическим составом этих почв.

Содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, очень низкое в почвах всего сельгового ландшафта Карельского перешейка, исключая разрез серогумусовой почвы, где оно низкое, что подтверждает более благоприятные условия почвообразования и вызвано немного большим содержанием обменного кальция и магния в почвенном поглощающем комплексе.

Содержание подвижных гуминовых кислот первой фракции по профилям изученных почв изменяется от очень низкого до высокого. Повышенное количество свободных и связанных с несиликатными полуторными оксидами гуминовых кислот наблюдается в иллювиальных горизонтах подбуров и в элювиальном горизонте дерново-

подзола, в меньшем количестве они содержатся в верхних органогенных и нижних, переходных к породе горизонтах почв. Наиболее высоко содержание гуминовых кислот 1 фракции в почвах разрезов 3 и 5, оно снижается в почвах Приладожской части перешейка. Эта динамика отражает благотворное действие микроклиновых гранитов как почвообразующей породы, более богатой по составу по сравнению с гранитами-рапакиви, насыщающей ППК и позволяющей связывать большее количество свободных кислот.

Таким образом, в подбурах процессы трансформации органических веществ протекают медленно, слабо, что способствует формированию грубого гумуса, в составе которого преобладают агрессивные, подвижные фракции гуминовых веществ. Серогумусовая почва и дерново-подзол характеризуются образованием настоящих аккумулятивно-гумусовых горизонтов, в которых интенсивнее идет процесс гумификации, накапливается гумус гуматно-фульватного типа.

Заключение

Изменение параметров гумусного состояния и биологической активности почв в пределах катены, заложенной в Выборгской части Карельского перешейка.

Большинство показателей гумусного состояния для почв, развитых в пределах сельгового ландшафта Выборгской части Карельского перешейка едины. Степень гумификации органического вещества классифицируется как средняя в верхних горизонтах и снижается до слабой в нижележащих, максимальная она в разрезе №4 дерново-подзола в межсельговом понижении. В почвах верхних частей склонов, подбурях, затруднена не только гумификация, но и минерализация органического вещества, что подтверждается накоплением мощной толщи подстилки ее оторфовыванием и формированием торфяных горизонтов. Гумус всей территории имеет очень низкую обогащенность азотом, но наибольшие её значения наблюдаются в почвах межсельговых понижений.

В подбуре степень гумификации слабая, а тип гумуса изменяется вниз по профилю от гуматно-фульватного до фульватного. Среди гуминовых кислот наибольшее количество связано с силикатными и несиликатными полуторными оксидами. Показатели биологической активности в этом разрезе отражают наиболее стрессовые условия для развития микроорганизмов среди изученных почв.

Соотношение фракций гуминовых кислот в дерново-подзоле и подбуре одинаково, однако их общее количество в дерново-подзоле больше. Скорость минерализации органического вещества здесь выше, а метаболический коэффициент говорит о более мягких условиях для развития микроорганизмов.

Изменение параметров гумусного состояния и биологической активности почв в пределах катены, заложенной в Приладожской части Карельского перешейка

Почвы Приладожья обладают схожими чертами накопления и преобразования органического вещества.

Подбур Приладожской катены обладает мощной подстилкой, очень низкой обогащенностью гумуса азотом, слабой степенью гумификации органического вещества, сужением соотношения гуминовых и фульвокислот с глубиной. Также, как и в подбуре разреза 3, среди гуминовых кислот преобладают 3 и 1 фракции, но интенсивность

базального дыхания несколько выше, в почве формируются более благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов.

Гумус серогумусовой почвы отличается от органического вещества подбура, более высокими степенью гумификации, содержанием гуминовых кислот и обогащенностью органического вещества азотом. Также эта почва выделяется относительно более высоким содержанием 2 фракции гуминовых кислот и наиболее высокой скоростью базального дыхания.

Сравнительная характеристика гумусного состояния почв и биологической активности почв, развитых в пределах сельгового ландшафта Выборгской и Приладожской частей Карельского перешейка

Для подбуров на вершинах сельговых гряд всего Карельского перешейка общими чертами является очень низкое содержание азота тип гумуса, изменяющийся в профиле от гуматно-фульватного к фульватному, преобладание среди гуминовых кислот 3 и 1 фракции, слабая степень гумификации органического вещества и резко убывающий характер распределения углерода органических соединений с глубиной.

В подбурах аккумуляция органического вещества (как на поверхности, так и в профиле почв) интенсивнее происходит в Выборгской части сельгового ландшафта. В этих же почвах наблюдается максимальное содержание гуминовых кислот самой подвижной 1 фракции.

Степень гумификации органического вещества одинаково оценивается как слабая, однако в подбурах Приладожья процесс гумификации протекает чуть интенсивнее, что подтверждается более высокой удельной скоростью базального дыхания. Отличительной чертой состава гумуса подбуров Приладожья является присутствие связанных с кальцием фракций гуминовых кислот, что объясняется особенностью минералогического состава почвообразующих пород и процессов их выветривания.

Почвы межсельговых понижений характеризуются более низким содержанием органического вещества в профиле и меньшей мощностью подстилки. Содержание гумуса в профиле дерново-подзола и серошумус овой почвы оценивается как низкое.

Обогащенность гумуса азотом максимальна в серогумусовой почве межсельгового понижения Приладожской части перешейка. В этой же почве относительно высокое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, в ней создаются самые

благоприятные условия для гумификации органического вещества, степень гумификации – средняя.

Влияние рельефа, почвообразующих пород и растительности на гумусное состояние почв сельгового ландшафта Карельского перешейка

Условия почвообразования в сельговом ландшафте Карельского перешейка разнообразны, что обусловлено положением в рельефе, относительным богатством и утяжелением гранулометрического состава почвообразующих пород, наличием в них скелета. Растительность, которая хоть и формируется вслед за сложившимися условиями водного режима, питания, продолжительности и интенсивности поступления солнечной радиации, также вносит свой вклад в почвообразовательный процесс, особенно в процесс гумусообразования.

Сельги, имеющие немалый перепад высот относительно межсельговых понижений и достаточно сильный уклон для миграции влаги и питательных веществ, оказывают сильнейшее влияние на все режимы почв. Вершины сельг сложены породами, способствующими провальному типу водного режима, создающими условия дефицита элементов питания для растений и микроорганизмов, очень резко эти участки обводняются весной и пересыхают настолько быстро, что только что развившийся комплекс микроорганизмов моментально угасает, практически не успевая принять участие в минерализации и гумификации органического вещества. Хвойные породы деревьев, мохово-лишайниковый покров являются источниками и часто способствуют аккумуляции агрессивных продуктов разложения органических остатков, в Приладожской части на менее кислых породах эти эффекты проявляются в меньшей степени.

Почвы межсельговых понижений выступают примером наиболее благоприятных условий почвообразования в сельговом ландшафте. Породы, на которых формируются почвы, более тяжелые по гранулометрическому составу и не содержат скелетной фракции. Они более обогащены основаниями, лучше задерживают воду и элементы питания и на них формируются растительные сообщества, более южные по видовому составу, чаще развиваются луга. Эти почвы часто подвержены процессам оглеения вследствие застойного увлажнения. Здесь удлинен период развития микроорганизмов, дольше сохраняется тепло, и меньше кислых продуктов распада органических остатков поступает в почвенный профиль. В совокупности эти факторы позволяют наиболее полно перерабатывать органические остатки, способствуют развитию процесса гумификации.

Выводы

1. Гумусное состояние подбуров иллювиально-гумусовых характеризуется очень мощной подстилкой, эктоморфным накоплением и высоким содержанием органического вещества, резко убывающим вниз по профилю. Тип гумуса изменяется с глубиной от гуматно-фульватного к фульватному. Органическое вещество отличается слабой степенью гумификации и очень низкой обогащенностью азотом. В составе гумуса преобладают подвижные, агрессивные фульвокислоты 1 и 1а фракций, количество которых увеличивается с глубиной. В группе гуминовых кислот наблюдается высокое содержание 1 и 3 фракций, доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, классифицируется как очень низкая.
2. Подбуры иллювиально-гумусовые, расположенные в Выборгской и Приладожской частях сельгового ландшафта, практически не различаются по параметрам гумусного состояния. В составе гумуса подбура, сформированного на элюво-делювии микроклиновых гранитов, можно отметить тенденцию к увеличению содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием.
3. Дерново-подзол иллювиально-железистый характеризуется мощной подстилкой, эктоморфным накоплением и низким содержанием гумуса, резко убывающим в профиле. Формируется гумус гуматно-фульватного типа, средней степени гумификации, с очень низкой обогащенностью азотом. В группе гуминовых кислот наблюдается высокое содержание 1 и 3 фракций, доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, классифицируется как очень низкая.
4. Гумусное состояние серогумусовой окисленно-глеевой почвы характеризуется средне мощной подстилкой, мезоморфным накоплением и низким содержанием гумуса, резко убывающим с глубиной. Гумус гуматно-фульватного типа, средней степени гумификации и низкой обогащенностью азотом. В группе гуминовых кислот преобладает 3 фракция, наблюдается очень низкое содержание 1 фракции, доля гуминовых кислот, связанных с кальцием, классифицируется как низкая.
5. Показатели биологической активности, рассчитанные по соотношению базального и субстрат-индуцированного дыхания, свидетельствуют о заторможенности разложения органических остатков в подбурах, подавлении процесса гумификации, что приводит к формированию грубого, кислого, агрессивного гумуса, отличающегося крайне низкой степенью гумификации. Дерново-подзол и особенно серогумусовая почва характеризуются увеличением скорости разложения органических остатков, ростом

интенсивности процесса гумификации, вследствие чего образуется гумус гуматно-фульватного типа, возрастает и его степень гумификации.

6. Изменение условий почвообразования в пределах сельгового ландшафта от вершин к межсельговым понижениям отражается на гумусном состоянии почв. Отличительными чертами состава гумуса почв межсельговых понижений являются относительное накопление гуминовых кислот, особенно связанных с кальцием, повышение степени гумификации и обогащенности гумуса азотом.

Список использованной литературы

1. Абакумов Е.В., Попов А.И., Методические указания по оформлению и выполнению письменных работ и статистической обработке результатов научных исследований, СПб, 2010г
2. Агроклиматический справочник по Ленинградской области/ Л, Гидрометиздат, 1987г - Вып.3 - 191с.
3. Геология СССР, Том1/Изд-во «Недра», Москва, 1971г, 411 с.
4. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации/ Л. Н. Александрова – Л., Наука, 1980
5. Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д., Мякшина Т.Н. Характеристика состояния микробного сообщества по величине метаболического коэффициента // Почвоведение. 1995. № 2, 205-210 с.
6. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв/ Л. А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – с.
7. Г.А.Касаткина, Особенности почвообразования в условиях сельгового ландшафта Карельского перешейка, Н: Автореф. канд. дис., Л., 1993г
8. Г.А.Касаткина, Н.Н. Федорова, А.С. Федоров, Почвы северо-восточной части Карельского перешейка (на примере Приладожской УНС СПбГУ),
9. Г.А.Касаткина, Н.Н. Федорова, Н.Е. Орлова, Л.Г. Бакина, Л.Е. Дмитричева, Л.Г. Гаспарян, Органическое вещество почв сельгового ландшафта Приладожской части Карельского перешейка/ Вестник СПбГУ, сер.3, 1999г, вып. 1.
10. Комачкова И. В., Пуртова Л. Н., Гумусное состояние и энергозапасы почв техногенных ландшафтов юга приморья / Вестник Томского государственного университета. Биология, № 3 (19), 2012, 1с
11. Марченко А. И. Почвы Карелии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 400 с.
12. Онищенко Л. М. Анализ гумусного состояния чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, № 91(07), 2013, 1с.
13. Методические указания по обработке и интерпретации результатов химического анализа почв/ Д. С. Орлов, Г. В. Мотузова, М. С. Малинина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 109 с.
14. Д.С.Орлов Практикум по химии гумуса / Д.С.Орлов, Л.А.Гришина – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981г. 262 с.
15. Орлов Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. – 376 с.

16. Переверзев В.Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова/Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1987г, 19-35, 146-149 с.
17. Почвы Ленинградской области, под ред. к.с-х.н. В. К. Пестрякова/Лениздат, 1979, 17-82 с.
18. Пономарева В. В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения)/ В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 6-7 с.
19. Саранчина Г.М., Гранитоидный магматизм, метаморфизм и метасоматоз докембрия : (На примере Приладожья и др. обл.) / Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. - Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. - 127 с.
20. Таргульян В.О., Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях, М: «Наука», 1971г, с 122.
21. Урусевская И.С., Матинян Н.Н. - Антропогенно-преобразованные почвы островных монастырей таежно-лесной зоны России./ Журнал «Почвоведение», 2005г, №9.
22. Химический анализ почв, 1995г
23. Широких Е. В., Стифеев А.И., Оценка гумусного состояния чернозема типичного в естественных и сельскохозяйственных антропогенных ландшафтах / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии , № 1, 2015, 1с.
24. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители : Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. - Смоленск: Ойкумена, 2004. - 342
25. Anderson T.-H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soils Biol. Biochem. 1993. Vol. 25. 393-395 p.

Приложения

Приложение 1, Расположение разрезов, их геоботаническая характеристика

№разреза	Название почвы	Привязка	Мезорельеф и микрорельеф	Растительность	Глубина разреза, см
2	Петрозем перегнойный на элювии гранита, подстилаемый плитой гранита-рапакиви	200м на север от железнодорожного полотна, 50 м от туристической тропинки, граница между лесом и редколесьем каменистой вершины	Небольшая терраса в верхней части склона Ю-В экспозиции, крутизна 2-3°; понижения меж валунами, пристволовые повышения	Сосняк зеленомошный с подростом березы, осины, сосны. ТКЯ: вереск, брусника, черника, подмаренник, кукушкин лен	14
3	Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви	150м вниз по склону от разреза 2, на Ю-В	Верхняя часть склона Ю экспозиции, 3°; пристволовые повышения	Сосняк чернично-зеленомошный с подростом березы, сосны, ели, дуба, рябина, ТКЯ: вереск, черника, злаки	60
4	Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях	100 м вниз по склону на ЮЮ-В от разреза 3, граница парка	Нижняя часть склона Ю экспозиции; пристволовые повышения	Ельник разнотравный с подростом ели, рябина, ТКЯ: кислица, майник, седмичник, вейник, травы, зеленый мох, папоротник, черника	83
5	Подбур иллювиально-гумусовый глееватый на элювии микроклинового гранита	600 м по дороге от жилых корпусов станции (400м на С-В, 200 м на С-3) 300 м вверх по склону от начала сельги на С	Верхняя часть склона Ю-В экспозиции, небольшое понижение рядом с крупными валунами	Сосна, подрост ели, можжевельник, ТКЯ: черника, брусника, вереск, разнообразные лишайники и мхи	76
6	Петрозём	2 м от разреза 5 (на С)	Верхняя часть склона сельги, поверхность крупного валуна	Сосна, подрост ели, можжевельник, ТКЯ: черника, брусника, вереск, разнообразные лишайники и мхи	13
7	Подбур глееватый супесчаный на перемытой морене	100 м вниз по склону от разрезов 5 и 6 на Ю-В	Нижняя часть южного склона сельги	Ель, береза, осина, рябина, подрост березы, можжевельник, ТКЯ: черника, папоротник, вейник, ландыш, сныть, костяника, щучка, земляника, зеленые мхи	80
8	Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах	150м вниз по склону в южном направлении	Межсельговое понижение, прилегающее к склону сельги	Ольха, подрост ели, ТКЯ: хвощ, осоки, гравилат, лютик, земляника, сныть, манжетка	72

Приложение 2, Описания почвенных разрезов

Горизонт	Мощность, см	Влажность	Цвет	Гранулометри- ческий состав	Структура	Плотность	Включения и новообразования	Характер перехода	Граница
Разрез №2 Петрозем перегнойный на элювии гранита, подстилаемый гранитной плитой									
О	0-8	Живой зеленый мох, влажный, рыхлый						Ясный по цвету	Почти ровная
Н	8-14	Влажный	Черный,	Мажущийся, уплотнен в верхней части, плотность возрастает к низу, содержит отмытые кварцевые зерна, с 12-13 см - дресва, щебень			Ясный	Слабоволни стая	
(НС)	(13-14) фрагментарный	Влажный	Темно- серый	-	Уплотненный	Дресва и щебень (до 80%)		Ясный	Ровная
М	14-15	Гранит Рапакиви						-	-
Разрез №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви									
ОТ	0-7	Сухой	Светло- бурый	Рыхлый, содержит живые корни черники, слаборазложившийся зеленый мох, кора, листья, иглы			Ясный	Слабоволни стая	
Т	7-14	Свежий	Бурый	Уплотненный, содержит корни полукустарничков, степень разложивности выше			Ясный	Слабоволни стая	
ВН1	14-35	Свежий	Кофейно- бурый	Связный песок	Комковатая	Плотный засчет включения валунов	Валуны с пленками на верхней поверхности и с боков; железисто- мелкоземистые пленки(70% поверхности)	Постепенная (по цвету и каменистости)	
ВН2	35-51	Свежий	Охристо- кофейный	Связный песок	Непрочно- мелкокомковатая	Уплотнен засчет корней, почти слитой	Мелкая галька и щебень, валуны; более светлые и тонкие пленки той же природы на всей поверхности камней (80%)	Ясный по цвету	Слабоволни стая
ВС	51-57	Свежий	Желтовато- бурый	Грубозернистый песок	Бесструктурный	Очень плотный	Галька, валуны, щебень; непрочные пленки	Ясный по цвету и плотности	Слабоволни стая

							(50%)		
М	57-60	Тонкий сортированный песок на поверхности плиты				Мелкоземистая пленка серого цвета на поверхности плиты			
Разрез №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком									
О	0+5	Влажный	Темно-бурый	-	-	Рыхлый	Слаборазложенные растения, шишки, хвоя, листья	Ясный по цвету и плотности	Слабоволнистая
АУ	0-11(15)	Свежий	Серый	Связный песок	Комковатая	Уплотненный	Щебень (размером около 5см, 5% от общей массы), корни древесной и травянистой растительности	Ясный по цвету и плотности	Волнистая
Е	11(15)-17	Свежий	Серовато-белесоватый	Связный песок	Мелкокомковатая	Уплотненный	Корни (диаметром 1-2 см)	Ясный по цвету	Слабоволнистая
ВФ	17-35	Влажный	Светло-охристый	Супесь	Непрочно-мелкокомковатая	Менее плотный, чем Е	Щебень (10%), корни	Постепенный	-
ВФ2	35-47	Влажный	Желтовато-охристый с рыжими пятнами	Связный песок	Комковато-ореховатая	Уплотнен, менее плотный, чем предыдущий	Включения дресвы (15%), железистые стяжения и пятна	Ясный по цвету и плотности	Почти ровная
ВС1g	47-83	Влажный	Серовато-сизоватый с охристыми пятнами	Песок (сортированный, мелкозернистый)	Комковато-ореховатая	Плотный	Валуны (до 20 см), железистые стяжения, конкреции (1мм)	Ясный по цвету и плотности	Слабоволнистая
С2	83-95	Влажный	Сизый с ржавыми пятнами	Легкий-средний суглинок	Плитчато-ореховатая, тенденция к слоистости	Плотный	Дресва, щебень, галька (5-7см), отдельные древесные корни, железистые стяжения		

Разрез №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита									
О	0-4	Свежий	Коричнево-буроватый, рыхлый, содержит оторфованные и неоторфованные иглы сосны, кора, шишки, листья, мицелий грибов, веточки, мелкие корни, мелкая и крупная галька, угольки, валунчики, скелетаны				Постепенный	-	
ВН1	4-25	Свежий	Бурый	Связный песок	Неясно-комковатая	Уплотнен за счет валунов	Потеки гумуса по ходам корней, мелкие и крупные корни, валуны и щебень	Ясный по цвету и плотности	Слабоволнистая
ВН2	25-38	Свежий	Охристо-кофейный	Связный песок	Неясно-комковатая	Почти слитой	Щебень 70%, корни 20%, мелкоземистые пленки со всех сторон, снизу мощнее	Ясный по цвету	Волнистая
ВНГ	38-58	Свежий	От охристого до светло-охристого	Связный песок	Комковатая	Плотный	Более светлые пленки, валуны 85%, тонкие корни 10%	Постепенный по цвету	-
Сg	58-75	Свежий	Палевый с зеленоватым оттенком	Связный песок, более сортированный	Комковатая	Плотный	Глинистые пленки на верхней поверхности валунов, количество валунов к низу возрастает до 90%	Постепенный	-
С	75-76	Свежий	Палевый	Связный песок	-	Плотный	Валуны и мелкая галька - 95%	-	-
Разрез №6 Петрозём									
О	0-10	Влажный	Оторфованные части растений, корни						
ОС	10-13	Влажный	Гранитный щебень с оторфованной подстилкой и корнями						
W	13-...	Влажный	Гранитная плита, покрытая темно-бурой пленкой, рыхлая в верхней части						
Разрез №7 Подбур глееватый супесчаный на перемытой морене									
О	0-3	Влажноватый	Хвоя сосен, елей, листья березы и осины, увядшие травы, ветви, корни, шишки				Ясный	Слабоволнистая	

AУ	3-25	Свежий	Серый	Легкий суглинок	Непрочно-комковатая	Рыхлый	Пронизан корнями, валуны(50%, до d=20см) , червороины	Ясный по цвету и плотности	Слабоволнистая
ВМ	25-59	Свежий	Светло-охристый, белесоватый книзу,	Легкий суглинок	Комковатая	Уплотненный	Корни, валуны (d=15 см), галька (до 0,5 см)	Ясный по цвету и плотности	Слабоволнистая
Сg	59-80	Свежий	С белесовато-сизым оттенком	Легкий суглинок	Комковатая	Очень плотный	Галька(90% всего горизонта), на верхней поверхности гальки мелкоземистые пленки	-	-
Разрез №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах									
О	0+2	Влажноватый	Листовые пластинки ольхи, березы, осины, кора, ветви						
AУ	0-20	Свежий	Серый	Тяжелый суглинок	Мелко-комковатая	Слегка уплотнен	Червороины, корни	Ясный по цвету, плотности и структуре	Слабоволнистая
Gox	20-55	Свежий	Сизовато-охристый	Тяжелый суглинок	Ореховато-глыбистая	Плотный	Корневины, червороины	Ясный по цвету	Слабоволнистая
CG	55-72	Влажный	Слои белесовато-серого цвета и темно-коричневого цвета	Ленточная глина (супесчаные и глинистые слои)	Слоистый, слои шириной 1-3 мм	Плотный	Ожелезнение прослоев	-	-

Приложение 3, промежуточные результаты группового и фракционного анализа почв

Горизонт	С общ.	Декальц.	Непоср. щел. выт		Щел. выт. после декальц.		Щел. выт. после кипячения	
			ФК+ГК	ГК	ФК+ГК	ГК	ФК+ГК	ГК
Монрепо №3 Подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита-рапакиви								
Т	23,05±0,96	0,76±0,02	10,15±0,12	3,13±0,02	10,94±0,32	3,38±0,05	4,75±0,10	3,19±0,08
ВН1	11,91±0,25	1,14±0,03	3,34±0,04	1,15±0,01	3,59±0,05	1,15±0,04	1,44±0,03	0,54±0,02
ВН2	4,07±0,09	0,16±0,01	0,57±0,02	0,26±0,00	1,46±0,01	0,28±0,02	0,36±0,07	0,16±0,01
ВС	3,25±0,10	0,35±0,00	2,01±0,05	0,74±0,00	2,65±0,06	0,87±0,01	1,3±0,01	0,24±0,02
Кузнечное №5 Подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии микроклинового гранита								
ВН1	7,34±0,09	0,39±0,00	1,76±0,08	0,80±0,03	2,39±0,05	0,85±0,03	1,08±0,02	0,58±0,03
ВН2	3,91±0,06	0,52±0,02	1,26±0,02	0,22±0,01	2,08±0,05	0,29±0,01	0,36±0,03	0,21±0,00
ВНФ	2,34±0,08	0,36±0,01	0,92±0,00	0,14±0,01	1,51±0,02	0,17±0,01	0,32±0,02	0,22±0,01
СГ	0,89±0,02	0,14±0,00	0,30±0,01	0,04±0,00	0,43±0,00	0,09±0,00	0,18±0,00	0,02±0,00
Монрепо №4 Дерново-подзол глееватый иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях: морена, подстилаемая озерно-ледниковым суглинком								
АУ	2,61±0,12	0,27±0,01	1,15±0,05	0,37±0,02	1,22±0,03	0,40±0,02	0,32±0,01	0,22±0,00
Е	2,53±0,02	0,22±0,01	1,73±0,04	0,61±0,02	1,94±0,01	0,79±0,02	0,37±0,03	0,18±0,01
Кузнечное №8 Серогумусовая окисленно-глеевая супесчаная на ленточных глинах								
АУ	3,09±0,04	0,13±0,01	0,72±0,03	0,14±0,01	1,22±0,04	0,35±0,02	0,46±0,02	0,36±0,01