

Научно - практическая конференция
«Молодые исследователи - Республики - Коми»

Определение органической составляющей в почве

Маркова Екатерина Михайловна

ГАОУ СПО РК «Сосногорский технологический техникум»

руководитель: преподаватель первой квалификационной категории,

Чипсанова Екатерина Николаевна

Сосногорск 2013

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 2 |
| 1. Понятие органического вещества..... | 3 |
| 2. Содержание и состав органического вещества почвы..... | 5 |
| 3. Экспериментальная часть | 9 |
| 3.1 Определение гуминовых кислот в почвах | 9 |
| 3.1.1 Определение гуминовых кислот в незатопляемых почвах | 10 |
| 3.1.2 Определение гуминовых кислот в затопляемых почвах | 10 |
| 3.2 Определение фульвокислот в почвах | 10 |
| 3.2.1 Определение фульвокислот в незатопляемых почвах | 11 |
| 3.2.2 Определение фульвокислот в затопляемых почвах | 12 |
| 3.3 Определение органического углерода и гумуса в почвах по методу Тюрина | 12 |
| 3.3.1 Определение органического углерода и гумуса в незатопляемых почвах | 14 |
| 3.3.2 Определение органического углерода и гумуса в затопляемых почвах..... | 14 |
| 3.3.1 Определение органического азота в почвах по методу Кьельдаля..... | 14 |
| 3.3.2 Определение органического азота незатопляемых почвах | 16 |
| 3.4 Определение органического азота в затопляемых почвах | 16 |
| 3.5 Определение кислотности почвы..... | 16 |
| 3.6 Определение влажности почвы..... | 16 |
| 4. Обсуждение экспериментальных результатов | 19 |
| Выводы | 20 |
| Литература | 21 |
| Приложение..... | 22 |

Введение.

Актуальность работы. Почва - гетерогенная, полифазная, полидисперсная система, которая существует в природе объективно, не зависимо от сознания людей. Почва служит средой жизни и субстратом для большого количества видов живых организмов в том числе и человека. В почве происходит накопление не только минеральных элементов, но и органических соединений, с которыми связано их плодородие и питание растений.

Состояние органической компоненты почв изучаемой территории представляет собой многофакторную зависимость, обусловленную как естественными условиями ее формирования, так и возможным антропогенным воздействием.

Проблема сохранения и рационального использования природных почвенных ресурсов и органического вещества является важной составляющей гумусо - аккумулятивного слоя, который ответственен за биохимические процессы происходящие как на затопляемой так и незатопляемой территории талыми водами.

Целью работы является определение органического состава аллювиального типа почв на затопляемой и незатопляемой зоне.

Цель работы определила постановку и решение следующих задач:

Подбор и изучение литературы по теме исследования;

Подбор методик определения органического вещества и почвенного гумуса;

Определение содержания гуминовых кислот и фульвокислот, органического углерода и гумуса по методу И.В. Тюрина и общего азота по методу Кьельдаля;

Установление влияния затопления на органическое вещество.

Объект исследования почвы. Для исследования был выбран верхний горизонт почвы затопляемой и незатопляемой зоны в поселке Поляна Сосногорского района. Данный объект выбран для того, чтобы проследить разницу содержания органического вещества между разными зонами.

Практическая значимость. Органическое вещество оказывает влияние на продуктивность растений, поэтому изученные данные можно использовать в сельском и лесном хозяйствах. Полученные результаты способствуют накоплению фактических данных по уровням содержания органических веществ в почвах.

Для решения поставленных задач использовали следующие исследования:

анализ научно - методической литературы,

экспериментальный,

анализ сравнения полученных результатов,

статистический.

1. Понятие органического вещества

Органическим веществом считается все, что относится к растительным и животным остаткам. Органическое вещество является основой плодородия почв, оно служит своеобразным резервом необходимых растениям питательных веществ, оказывает большое влияние на структуру почвы, является источником энергии для многих полезных микроорганизмов. За счет разложения органического вещества почвы в приземный слой воздуха выделяется углекислый газ, который используется растением для создания урожая при достаточном освещении, влажности и температуре воздуха и почвы. В почве органическое вещество разлагается под влиянием микроорганизмов при наличии воздуха, благоприятной влажности и температуры, образуя перегной, или гумус. Химический состав гумуса очень сложен. Для него характерна темная окраска, которая отсутствует в живых растениях. В составе гумуса очень ценной является гуминовая кислота, в которой содержится много углерода (39 -- 62%), кислорода (30--39%), азота (3--5%), а также фосфор, сера, железо и др., включая микроэлементы [Приложение 6]. Гумус осуществляет в почве тройственную функцию: физическую, химическую, биологическую.

Физическая функция -- это создание водопроходной почвенной структуры, что обеспечивает благоприятную циркуляцию воды, воздуха, нужную температуру и предопределяет хороший рост корней в почве. Принято говорить, что гумус придает связность легким почвам, разрыхляет почвы. Химическая функция заключается в том, что гумус является хранилищем элементов питания. Многие питательные вещества связаны с гуминовыми кислотами в органоминеральной форме, находятся в обменном состоянии и усваиваются растениями непосредственно из этих форм. Кроме того, в результате деятельности микроорганизмов гумус постепенно разлагается (минерализуется), освобождая заключенные в нем азот, фосфор, калий и другие элементы.

Биологическая функция гумуса -- это создание благоприятных условий для развития и деятельности микроорганизмов.

В почве живут и развиваются многочисленные живые организмы: бактерии, грибы, водоросли, лишайники, представители простейших животных (жгутиковые, корненожки, инфузории), а также беспозвоночные животные, среди которых особенно большая роль в создании плодородия почв принадлежит дождевым червям. Кроме дождевых червей в почве живет большое количество насекомых (жуки, муравьи), проделывающих многочисленные ходы, разрыхляющих почву и улучшающих ее физические и водные свойства. Из позвоночных активно участвуют в процессах почвообразования грызуны (кроты и др.).

Численность микроорганизмов в почве огромна и составляет 1 -- 5 млрд. в 1 г почвы. Считают, что ежегодно на 1 га образуется 500 -- 1000 кг микроорганизмов в поверхностном слое почвы. Значение их очень большое -- с ними связано разложение органических веществ и превращение их в перегной. Некоторые микроорганизмы связывают атмосферный азот воздуха в азотные соединения, доступные растениям. Это свободно живущие в почве бактерии (азотобактер, клостридиум), а также клубеньковые бактерии, образующие симбиоз с бобовыми растениями -- клевером, викой, горохом, фасолью, люцерной и др Малков В.Е., Генезис, свойства и морфология почв, ИЦ ВГМХА, 2006.

Микроорганизмы активизируют многие биохимические процессы, связанные с увеличением доступности питательных веществ почвы для растений. Поэтому почвы, богатые микроорганизмами, или, как их называют, биологически активные, являются более плодородными и обеспечивают получение более высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

С усилением кислотности почвы угнетается микробиологическая деятельность почвы и активизируется грибная. Любитель-овощевод не может не считаться с состоянием микробиологических процессов, протекающих в почве, он обязан активно в них вмешиваться. Достаточно сказать, что, создав в почве хороший воздухообмен за счет ее обработки, внесения органических и минеральных удобрений, обеспечив нейтрализацию кислотности почв, земледелец благоприятствует плодородию почв, накоплению в ней азота и других питательных веществ, необходимых для получения урожая.

2. Содержание и состав органического вещества почвы.

Органическое вещество почвы образуется из отмерших остатков растений, микроорганизмов, почвенных животных и продуктов их жизнедеятельности. Первичное органическое вещество, поступившее в почву, подвергается сложным превращениям, включающим процессы разложения, вторичного синтеза в форме микробной плазмы и гумификации. Сочетание названных процессов приводит в биологически активных почвах к образованию сложной смеси органических веществ, состоящей из малоразложившихся растительных и животных остатков с сохранившейся первоначальной структурой; промежуточных продуктов разложения органических и животных остатков (например, лигнина); собственно гумусовых веществ, образовавшихся путем микробного синтеза или остаточного происхождения; растворимых органических соединений, которые более или менее быстро минерализуются до простых минеральных соединений (H_2O , CO_2 и др.) или участвуют в синтезе собственно гумусовых веществ.

Органическое вещество, консервирующее энергию солнца в химически связанной форме – единственный источник энергии для развития почвы, формирования ее плодородия. Основным источником первичного органического вещества, поступающего в почву под естественной растительностью, являются остатки растений.

Во-первых, они удобряют почву ежегодно после уборки урожая, в то время как все остальные виды органических удобрений вносят в почву периодически. Во-вторых, не требуется дополнительных затрат на их внесение. В-третьих, растительные остатки распределяются в почве наиболее равномерно. В них содержатся все макро- и микроэлементы, необходимые растениям и животным.

В почве при выращивании растений происходят одновременно два противоположных процесса: синтез, накопление органического вещества, и его разрушение. Интенсивностью обоих процессов, их соотношением определяются конечные результаты, по которым оценивают влияние данной культуры на почву. Если конечный результат положительный, за культурой признаются свойства улучшать плодородие почвы и наоборот. Между тем на процесс разрушения органического вещества влияют не столько сами культуры, сколько приемы их возделывания.

На ход и скорость разложения влияют, во-первых, внешние условия среды: влажность, температура, рН почвы, содержание в ней кислорода и питательных веществ и, во-вторых, химический состав растительных остатков.

Превращение первичного органического вещества в почве проходит в несколько этапов. На первом этапе происходит химическое взаимодействие между отдельными химическими веществами отмершего растения (например, ароматические соединения клеточных оболочек могут вступать в химические реакции с белками растительных клеток), которое можно значительно ускорить за счет биологических и минеральных катализаторов.

На втором этапе происходят механическая подготовка и перемешивание с почвой растительных остатков с помощью почвенной фауны. Нельзя отрицать и определенную биохимическую подготовку первичного органического вещества к микробному разложению при прохождении растительной массы через желудочно-кишечный тракт почвенных животных.

На третьем этапе превращения свежего органического вещества в почве происходит минерализация его с помощью микроорганизмов. В первую очередь минерализуются воднорастворимые органические соединения, а также крахмал, пектин и белковые вещества. Значительно медленнее минерализуется целлюлоза, при разложении которой освобождается лигнин -- соединение, весьма устойчивое к микробиологическому

расщеплению. Конечными продуктами превращений первичного органического вещества являются минеральные продукты (CO₂, H₂O, нитраты, фосфаты, в анаэробных условиях H₂O и CH₄). Кроме того, в почве накапливаются в качестве продуктов метаболизма микроорганизмов низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная, щавелевая и др.). Процессы минерализации органического вещества в почве имеют экзотермический.

Часть продуктов биологического разложения первичного органического вещества превращается в особую группу высокомолекулярных соединений -- специфические, собственно гумусовые вещества, а сам процесс называют гумификацией.

Основная часть органического вещества почвы (85--90%) представлена специфическими высокомолекулярными гумусовыми соединениями. Принято подразделять специфические гумусовые вещества на три основные группы соединений: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины.

Гуминовые кислоты (ГК) -- фракция темно-окрашенных, высокомолекулярных соединений, извлекаемая из почвы щелочными растворами, при подкислении вытяжки выпадает в осадок в виде гуматов. В составе гуминовых кислот углерода -- 52 -- 62 %, водорода -- 3,0--5,5, кислорода -- 30--33, азота -- 3-- 5 %. Основу молекулы ГК образует ароматическое ядро, сформированное ароматическими и гетероциклическими кольцами типа бензола, фурана, пиридина, нафталина, антрацена, индола, хинолина. Ароматические кольца соединены между собой в рыхлую сетку. Боковые периферические структуры молекулы -- алифатические цепи. Ядро молекулы ГК отличается гидрофобными свойствами, боковые цепи -- гидрофильными. Конституционная часть молекулы ГК -- функциональные группы: карбоксильные и фенолгидроксильные, определяющие кислотный характер ГК и способность к катионному обмену.

Фульвокислоты (ФК) -- органические оксикарбоновые азотсодержащие кислоты. По В. В. Пономаревой, в составе ФК углерода -- 45,3 %, водорода -- 5, кислорода -- 47,3, азота -- 2,4. При сравнении с элементным составом ГК, фульвокислоты содержат меньше углерода и азота, а кислорода больше. Фульвокислоты следует рассматривать как химически наименее «зрелые» гуминовые соединения. Между ГК и ФК существует тесная связь. Как те, так и другие очень неоднородны и представлены многочисленными фракциями.

Гумины -- наиболее инертная часть почвенного гумуса, не извлекаемая из почвы при обычной обработке ее щелочными растворами. По своему составу гумины близки к ГК. Вместе с тем фракция гуминовых веществ более прочно связана с минеральной частью почвы, что значительно меняет ее свойства. Исключительно важная роль органического вещества в формировании почвы в значительной степени основана на их способности

взаимодействовать с минеральной частью почвы. Образующиеся при этом органо-минеральные соединения -- обязательный комплекс любой почвы. Образованию органо-минеральных соединений в почве способствует высокая биологическая активность, обеспечивающая поступление в систему реакционно-способных органических веществ. Внесение в почву биологически малодоступных органических веществ, например торфа, не приводит к образованию органо-минеральных соединений.

Органическое вещество почвы, аккумулируя огромное количество углерода, способствует большей устойчивости круговорота углерода в природе. В этом, а также в накоплении еще ряда элементов в земной коре состоит важная биогеохимическая функция органического вещества в земной коре.

Экспериментальная часть.

В ходе экспериментального анализа определили содержание гуминовых кислот, фульвокислот, органического углерода и гумуса по методу И. В. Тюрина и общий азот по методу Кьельдаля.

Для исследования были использованы приборы: рН - метр и стеклянная химическая посуда.

Перед проведением работы по изучению интересующих нас почвенных характеристик, мы осуществили паспортизацию исследуемых почвенных образцов, которая заключалась в отборе и предварительной подготовке пробы.

Подготовка почвенного образца к анализу: отобранную в поле почву подвергали высушиванию до воздушно – сухого состояния с целью прекращения в них микробиологических процессов и связанных с ними биохимических изменений.

Высушивание проводили в хорошо проветриваемом помещении в отсутствие лабораторных газов, таких как аммиака, хлороводорода и других. Далее высушивание образцов вели при температуре 110-115°C в течение 2 ч. до постоянной массы [30].

Определение гуминовых кислот в почве.

К 3 г. воздушно - сухой почвы приливали 50 мл. 1 н. NaOH, содержимое перемешивали в течение 5 минут и оставляли на сутки. После отстаивания, осадок отделили, и выделившийся экстракт обработали 50 мл. 1 н. соляной кислотой. Получившийся раствор оставляли на 24 часа, после осадок отделяли и взвешивали на технических весах [30].

Полученные результаты анализа подставляли в формулу для определения гуминовых кислот:

$$Г = (б - а) \cdot 100 \% / с;$$

Где: Г - содержание гуминовых кислот, %;

а - масса пустого бюкса, г.;

б - масса бюкса с фильтром и осадком, г.;

с - масса навески, г.;

100 - коэффициент перевода результата в %.

Данные представлены с учетом абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле:

$$(\Delta X / X)^2 = (\Delta m / m)^2 + (\Delta V_1 / V_1)^2 + (\Delta V_2 / V_2)^2 ;$$

Где: ΔX - абсолютная погрешность;

X - содержание гуминовых кислот в %;

Δm - погрешность весов;

m - масса навески;

ΔV_1 - погрешность колбы на 100 мл.;

V_1 - объем колбы;

ΔV_2 - погрешность пипетки на 50 мл.

V_2 - объем пипетки.

3.1.1.0 определение гуминовых кислот в затопляемой зоне.

Определение гуминовых кислот в затопляемой зоне проводили согласно методике 3.1, в ходе экспериментального анализа получили следующие данные: в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 0,46 % гуминовых кислот [приложение 1].

3.1.2.0 определение гуминовых кислот в незатопляемой зоне.

Определение гуминовых кислот в незатопляемой зоне проводили согласно методике 3.1., в ходе экспериментального анализа получили следующие данные: в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 0,55 % гуминовых кислот [приложение 1].

Определение фульвокислот в почвах.

Почвенный образец подготовили к экспериментальному анализу согласно методике [30]. Для определения фульвокислот использовали метод окисления органического вещества хромовой смесью, избыток хромовой кислоты оттитровали раствором соли Мора.

К 0,3 – 0,4 г. воздушно - сухой навеске почвы приливали пипеткой 15 мл. раствора хромовой кислоты, содержимое осторожно перемешивали. Доводили объем в колбе до 50 мл. и оттитровали 0.1н. раствором соли Мора до изменения окраски [30].

Полученные в ходе опыта данные использовали в формуле для расчета фульвокислот:

$$X = (V_x - V_p) \cdot N \cdot 0,003 \cdot 100 / a;$$

Где: X - содержание фульвокислот в почве, %;

V_x - объем соли Мора в мл. пошедший на титрование 15 мл. дихромата (холостая проба), мл;

V_p - объем соли Мора в мл. пошедший на титрование дихромата после сжигания органического вещества почвы, мл;

N - нормальность соли Мора, н. (г/экв. · л.); a - навеска почвы, г.;

0,003 - коэффициент пересчета результата в %.

Данные представлены с учетом абсолютной погрешности, рассчитанной формуле:
$$\left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 = \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_1}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_2}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_3}{V_3}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_4}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_5}{V_5}\right)^2;$$

Где: ΔX - абсолютная погрешность;

X - содержание фульвокислот в %;

Δm - погрешность весов;

m - масса навески;

ΔV_1 - погрешность колбы на 100 мл.;

V_1 - объем колбы;

ΔV_2 - погрешность пипетки на 15 мл;

V_2 - объем пипетки;

ΔV_3 - погрешность пипетки на 25 мл;

V_3 - объем пипетки;

ΔV_4 - погрешность бюретки;

V_4 - объем раствора пошедшего на титрование раб. пробы;

ΔV_5 - погрешность бюретки;

V_5 - объем раствора пошедшего на титрование контр, пробы.

Определение фульвокислот в затопляемой зоне.

Определение фульвокислот в затопляемой зоне проводили соответственно методике 3.2. В ходе анализа получили следующие данные: в воздушно — сухой навеске почвы содержится в среднем 0,09 % фульвокислот [приложение 2].

Определение фульвокислот в незатопляемой зоне.

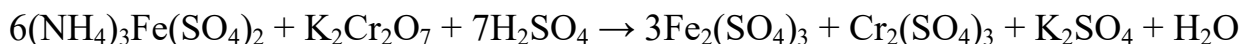
Определение фульвокислот в незатопляемой зоне проводили согласно методике 3.2. В ходе экспериментального анализа получили следующие данные: в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 0,29 % фульвокислот [приложение 2].

Определение содержание гумуса и органического углерода в почвах по методу И. В. Тюрина.

В основе метода лежит окисление углерода органического вещества почвы дихроматом калия в присутствии серной кислоты, сопровождаемое восстановлением [36,30]:



Избыток дихромата калия определяется титрованием рабочего раствора солью Мора.



Титрование ведут в присутствии фенилантраниловой кислоты. Изменение окраски фенилантраниловой кислоты происходит в интервале потенциалов 1,36 – 0,91 В. Окислительная форма индикатора - вишнево - красная, восстановительная - бесцветная. В точке эквивалентности ионы хрома окрашивают раствор в изумрудно - зеленый.

Навеску воздушно — сухой почвы помещали в коническую колбу на 100 мл., приливали пипеткой 15 мл. раствора хромовой кислоты, содержимое осторожно перемешивали. Колбу закрыли маленькой воронкой и кипятили на электрической плитке в течение 5 минут. После кипячения колбу с раствором охлаждали при комнатной температуре, далее объем раствора доводили до 30 — 40 мл., прибавили 5-8 капель раствора индикатора и оттитровали 0,0493 н. раствором соли Мора. Для установления общего объема раствора соли Мора, идущего на титрование, поставили контрольный опыт: 15 мл. раствора хромовой кислоты оттитровывали раствором соли Мора в присутствии индикатора без кипячения.

Полученные данные в ходе анализа рассчитывали по формуле:

$$X = (V_{\text{к}} - V_{\text{р}}) \cdot k \cdot 100 / m;$$

Где: X - содержание гумуса в почве, %.

$V_{\text{к}}$ - объем соли Мора в контрольной пробе, мл.

$V_{\text{р}}$ - объем соли Мора в рабочей пробе, мл.

k - коэффициент перевода в гумус (1мл. 0,0493н.соли Мора соответствует 0,00026 г. гумуса.). m - масса навески.

100 - коэффициент пересчета результата в %.

$$C = (V_{\text{х}} - V_{\text{р}}) \cdot N \cdot 0.003 \cdot 100 / a;$$

Где: C - содержание органического углерода в почве, %.

$V_{\text{х}}$ - объем соли Мора пошедшего на титрование 15 мл. дихромата (холостая проба).

$V_{\text{р}}$ - объем соли Мора, пошедшего на титрование остатка дихромата после сжигания почвы.

N - нормальность соли Мора, a - масса навески почвы.

0,003 - коэффициент пересчета на органический углерод.

100 - коэффициент пересчета результата в %.

Данные представлены с учетом абсолютной погрешности, рассчитанной формуле:

$$(\Delta X / X)^2 = (\Delta m / m)^2 + (\Delta V_1 / V_1)^2 + (\Delta V_2 / V_2)^2 + (\Delta V_3 / V_3) + (\Delta V_4 / V_4) + (\Delta V_5 / V_5);$$

Где: ΔX - абсолютная погрешность;

X - содержание гумуса и орг. углерода в %;

Δm - погрешность весов;

m - масса навески;

ΔV_1 - погрешность колбы на 100 мл.;

V_1 - объем колбы;

ΔV_2 - погрешность пипетки на 15 мл;

V_2 - объем пипетки;

ΔV_3 - погрешность пипетки на 25 мл;

V_3 - объем пипетки;

ΔV_4 - погрешность бюретки;

V_4 - объем раствора, пошедшего на титрование раб. пробы;

ΔV_5 - погрешность бюретки;

V_5 - объем раствора, пошедшего на титрование контр, пробы.

3.3.1. Определение содержания гумуса и органического углерода почвы в затопляемой зоне.

Определение содержания гумуса и органического углерода почвы в затопляемой зоне проводили в согласно методике 3.3. В ходе экспериментального анализа получили данные, что в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 1,99% - органического углерода и 3.51% - гумуса [приложение 3].

3.3.2. Определение содержания гумуса и органического углерода почвы в незатопляемой зоне.

Определение содержания гумуса и органического углерода почвы в незатопляемой зоне проводили согласно методике 3.3. В ходе анализа получили следующие данные: в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 1,76% - органического углерода и 3,10% - гумуса [приложение 3].

3.4. Определение общего азота по методу Кьельдаля.

Определение проводили в длинногорлой колбе Кьельдаля емкостью 250 см³ со специальной насадкой. Для исследования брали навеску воздушно - сухой почвы ~ 1.5 г. и помещали в колбу Кьельдаля, затем приливали 20 мл. концентрированной серной кислоты

плотностью 1.82 г/см³. Смесь нагревали при температуре 110°C в течение одного часа. Далее не прекращая нагревать, в колбу добавляли 30 % перекись водорода до прекращения выделения белых паров. После этого нагревание продолжали в течение 40 минут при этой же температуре. По истечению времени смесь охлаждали до комнатной температуры [35].

Собрали установку для отгонки аммиака. Содержимое колбы перенесли в колбу для отгонки, довели до 400 мл. дистиллированной водой, прибавили 50 мл. NaOH и закрыли пробкой с каплеуловителем. Получившую смесь нагревали при температуре равной 80°C., отгоняемый аммиак собирали в приемной колбе с 30 мл. 0.1 н. раствора серной кислоты и 3 - 5 каплями смешанного индикатора. Нагревание прекращали при достижении pH>7 в колбе приемник. Отогнанный раствор титровали 0.1н. раствором NaOH [35].

Проводили по три параллельных исследования в затопляемой и незатопляемой зоне.

Содержимое азота в пробе в % к абсолютно сухой навеске рассчитывали по формуле:

$$W (N_2) = 0,014 \cdot (V_1 N_1 - V_2 N_2) \cdot 100 / m \cdot c ;$$

Где: V₁ - объем 0.1 н. раствора серной кислоты в приемной колбе, см³.

V₂ - объем 0.1 н. раствора NaOH, пошедшее на титрование, см³.

N₁ и N₂ - нормальность кислоты и щелочи,

m - навеска пробы, в г.

c - сухость пробы, д. ед.

0,014 - количество г. аммиачного раствора эквивалентное 1 см³ 0.1 н. раствора серной кислоты.

Данные представлены с учетом абсолютной погрешности, рассчитанной формуле:

$$(\Delta X / X)^2 = (\Delta m / m)^2 + (\Delta V_1 / V_1)^2 + (\Delta V_2 / V_2)^2 + (\Delta V_3 / V_3) + (\Delta V_4 / V_4) + (\Delta V_5 / V_5) + (\Delta V_6 / V_6)^2 + (\Delta V_7 / V_7)^2;$$

Где: ΔX - абсолютная погрешность;

X - содержание азота в %;

Δ m - погрешность весов;

m - масса навески;

ΔV₁ - погрешность колбы на 100 мл.;

V₁- объем колбы;

ΔV₂ - погрешность пипетки на 50 мл;

V₂ - объем пипетки;

ΔV_3 - погрешность пипетки на 25 мл;

V_3 - объем пипетки;

ΔV_4 - погрешность бюретки;

V_4 - объем раствора, пошедшего на титрование раб. пробы;

ΔV_5 - погрешность бюретки;

V_5 - объем раствора, пошедшего на титрование контр, пробы.

ΔV_6 - погрешность колбы на 250 мл.;

V_6 - объем колбы;

ΔV_7 - погрешность колбы на 500 мл.;

V_7 - объем колбы.

3.4.1. Определение общего азота в почве методом Кьельдаля в затопляемой зоне.

Определение азота проводили аналогично методике 3.4. В ходе экспериментального анализа получили следующие данные; в воздушно - сухой навеске почвы содержится в среднем 2.5 % общего азота [приложение 4].

3.4.2. Определение общего азота в почве методом Кьельдаля в незатопляемой зоне.

Определение азота проводили согласно методике 3.4. В ходе экспериментального анализа получили следующие данные: в воздушно — сухой навеске почвы содержится 2.6 % общего азота [приложение 4].

3.5. Определение кислотности почвы.

Для определения кислотности почвы брали навеску 8 г. воздушно - сухой почвы, поместили ее в стаканчик 50 мл. и прилили 20 мл. 1 н. раствора соляной кислоты. Содержимое колбы хорошо перемешивали и приступили к измерению рН [30].

Предварительно подготовили к работе потенциометр, настроили его по буферным растворам с известным рН, промыли дистиллированной водой стеклянные электроды и просушили их фильтровальной бумагой, включили его в сеть за 15 минут до работы. Стаканчик подставили под электроды и закрепили зажимом на столике прибора. На переключателе потенциометра установили пределы измерения рН от 2 до 14. Отсчеты рН производят по нижней шкале.

Аналогично измеряли рН в водной вытяжке.

Результаты исследования занесли в таблицу 1.

Таблица 1.

Результаты измерения кислотности почвы

| место отбора почв | Горизонт | рН | | степень кислотности почв | |
|--------------------|----------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------|
| | | в водной вытяжке | в солевой вытяжке | очень кислые | сильно-кислые |
| затопляемая зона | A1 | 3.0 | 3.1 | очень кислые | сильно-кислые |
| незатопляемая зона | A1 | 2.5 | 3.2 | очень кислые | сильно-кислые |

3.6. Определение влажности почвы.

Метод определения влажности почвы основан на высушивании почвы при определенной температуре в термостате [30].

Почву предварительно измельчали в ступке и просеяли через сито. Взвешали на технических весах 1 - 2 г. почвы в предварительно взвешенный бюкс и доведенный до постоянной массы, распределили ровным слоем и высушивали при 110 - 115 °С около 2 часов до постоянной массы. Крышка бюкса при взвешивании была полуоткрыта. Высушенную почву вынули из сушильного шкафа, закрыли бюкс крышкой, охлаждали сначала на воздухе, а затем в эксикаторе и взвешали на технических весах.

Содержимое влаги рассчитали по формуле:

$$W = \Delta m \cdot 100 / m;$$

Где: Δm — убыль в массе после высушивания, г.

m - навеска почвы, г.

Результаты исследования занесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Результаты измерения влажности почв

| Место отбора пробы | горизонт | № пробы | Навеска почвы | | убыль в массе (г.), Δm | Кол-во влаги (%) | Абс-ая сухость (д.е.) |
|--------------------|----------|---------|----------------|-------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|
| | | | До высушивания | После высушивания | | | |
| незатопляемая зона | A1 | 1 | 1.4846 | 1.4503 | 0.0343 | 2 | 0.98 |
| | A1 | 2 | 1.6897 | 1.6702 | 0.0195 | 1 | 0.99 |
| | A1 | 3 | 1.5135 | 1.4782 | 0.0353 | 2 | 10.98 |
| затопляемая зона | A1 | 1 | 1.7543 | 1.7018 | 0.0525 | 3 | 0.97 |
| | A1 | 2 | 1.4952 | 1.4565 | 0.0287 | 3 | 0.97 |

| | | | | | | | |
|--|----|---|--------|--------|--------|---|------|
| | A1 | 3 | 1.6252 | 1.5861 | 0.0691 | 4 | 0.96 |
|--|----|---|--------|--------|--------|---|------|

4. Обсуждение результатов.

Объектом исследования была выбрана почва находящиеся в поселке Поляна Сосногорского района.

В ходе проведения эксперимента использованы стандартные методики количественного анализа органического вещества почвы, а именно: определение содержания гуминовых и фульвокислот, органического углерода и гумуса по методу И.В. Тюрина и общего азота по методу Кьельдаля.

Для исследования почв на данной территории были взяты две зоны: затопляемая и незатопляемая с аллювиальным типом почв с целью рассмотреть, как влияет избыток влаги на содержание органического вещества. Затопление происходило в результате весеннего половодья реки Ижма.

Верхний слой почвы отличается высоким содержанием органического вещества, поэтому для анализа взяли именно этот горизонт, где совершается преобразование отмершего органического вещества и происходит систематическое накопление почвенного перегноя. Из литературы известно, что с глубиной количество гумуса понижается [1].

На первом этапе экспериментального анализа было определено содержание гуминовых кислот в почве. Метод основан на извлечении гуминовых кислот из почвы щелочным раствором, а при подкислении вытяжки выпадают в осадок. Полученные данные показывают, что содержание гуминовых кислот в затопляемой и незатопляемой зоне приблизительно равно и составляет 0.55% и 0.46% соответственно [диаграмма 1]. Ввиду хорошей растворимости в воде фульвокислоты и их соли практически не закрепляются в почве и легко вымываются [25]. Наше исследование это подтверждает. Для определения фульвокислот использовали метод окисления органического вещества хромовой смесью, избыток хромовой кислоты оттитровывали раствором соли Мора. Анализ содержания фульвокислот показал, что их содержание в затопляемой зоне (0.27%) примерно в 3 раза меньше чем в незатопляемой зоне (0.09%) [диаграмма 1]. Это связано с тем, что происходит вымывание растворимых фульвокислот вглубь по почвенному профилю.

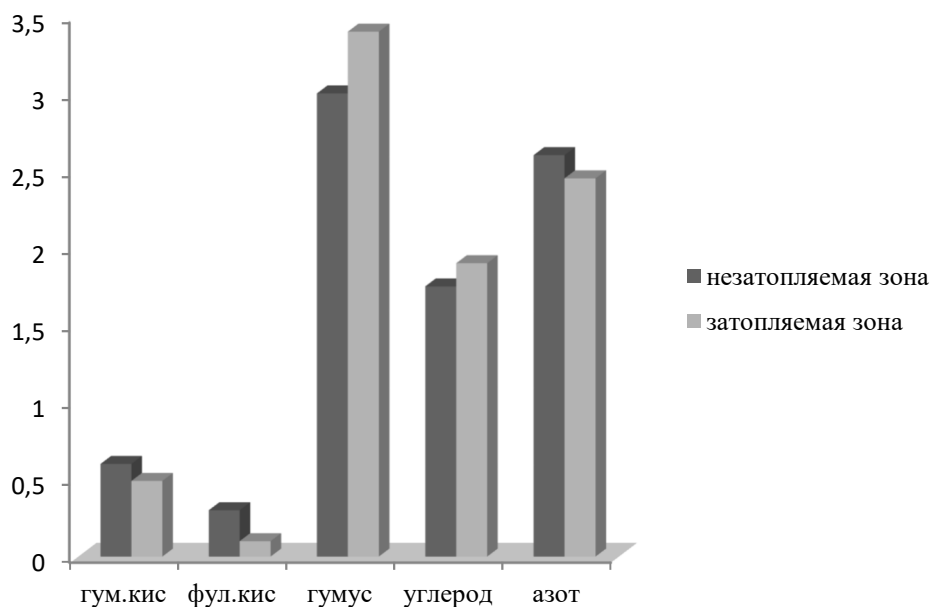
Гуминовые и фульвокислоты входят в состав гумуса. Однако они не являются единственными составными частями гумуса. Поэтому на втором этапе работы было определено содержание гумуса по методу И.В. Тюрина. Исследования показали, что в затопляемой зоне (3%) содержится больше гумуса, чем в незатопляемой (3.5%) [диаграмма 1]. Это непосредственно связано с весенним половодьем. Избыток водного

режима способствует ускорению происходящих в почве процессов, направленные на образование гумуса, а именно быстрее происходит разложение корневых остатков травянистой растительности сопровождаемые значительным накоплением перегноя. Хотя кроме воды немаловажная роль принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов - бактерий, аминомикетов, грибов; температурному режиму, механическому и минеральному составу почв.

В ходе разложения растительных остатков и образования гумуса в почве образуются соединения углерода (метан, этан и т.д.) и азота (как органического, так и минерального) [18]. Содержание углерода определяли по методу И.В. Тюрина и выяснили, что его количество в обеих зонах приблизительно равно, хотя наблюдается, что в незатопляемой зоне (1.76%) меньше, чем в затопляемой зоне (1.99%) [диаграмма 1]. Прибегая к литературным данным [25] известно, что поступление соединений углерода в почву с атмосферными осадками, выделение его в результате перегноя растительного покрова и вынос соединений углерода с поверхностными и надземными водами не влияет существенно на его баланс. Что и наблюдается по полученным данным.

Диаграмма 1.

Содержание органической составляющей в двух типах почв
количество (%)



Основная часть азота ~ 98 % находится в органическом состоянии, входит в состав гуминовых и фульвокислот, белков, нуклеиновых кислот, аминокислот, алкалоидов, ферментов и т.д. И лишь ~ 2 % от общего азота содержится в минеральной форме. Так как содержание азота зависит от влажности и кислотности почвы, поэтому предварительно были определены эти характеристики.

| Тип почв | Кислотность | Влажность(%) |
|--------------------|-------------|--------------|
| Незатопляемая зона | 3.2 | 2 |
| Затопляемая зона | 3.0 | 4 |

На заключительном этапе был поведен анализ общего азота по методу Кьельдаля. Данные исследования показали, что в затопляемой зоне (2.5%) находится меньше его, чем в незатопляемой зоне (3%) [диаграмма 1]. Потери количества азота связаны: во - первых - с вымыванием его, в нашем случае с весенним половодьем; во - вторых - часть азота теряется в форме аммиака, в зависимости от рН, влажности, температуры и окислительно - восстановительного потенциала. При увеличении влажности и рН ниже 7 (в нашем случае рН ~ 3 и W ~ 4 %) происходит увеличение потерь азота с образованием оксид азота I (N₂O); в - третьих — при увлажнении почвы кристаллическая решетка минерала расширяется и аммоний вначале поглощается обменно, но может проникать внутрь нее, занимая свободные радикалы. Далее катионы аммония при подсушивании почвы, попавшие внутрь решетки минерала, оказываются как бы сжатыми, т.е. фиксированными. Его трудно вытеснить растворителями, не поддается действию нитрифицирующих бактерий. Такой фиксированный аммоний становится малодоступным для растений, поэтому его принято считать потерянным.

Выводы.

По проведенной работе можно сделать следующие выводы:

1. Подобрана и изучена литература по теме исследования;
2. Подобраны методики определения органического вещества почвы;
3. Отобраны и охарактеризованы пробы почвенных образцов в поселке Поляна Сосногорского района;
4. Определено содержание в почвенных образцах гуминовых кислот, фульвокислот, органического углерода, гумуса и общего азота;
5. Установлено, что затопление влияет на содержание фульвокислот, азота и не влияет на содержание гумуса, углерода, гуминовых кислот.

Литература.

Агрохимия /Под. ред. В.М. Ключковского, А.В. Петербургского. - 2 - е изд., перераб. и доп. - М., Колос, 1967. - 579 с.

2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации /Л.Н. Александрова // Почвоведение. - Д., 1980.

Ахтырцев Б.П. Гумусное состояние аллювиальных луговых почв лесостепи / Б.П. Ахтырцев, Л.А. Яблонских // Почвоведение. - 1995. - № 12. с.1460 - 1469.

Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А.П. Виноградов. - Изд. Ан. СССР. - М., 1967. - 237 с.

Возбуцкая И.Д. Химия почв: Учебник и учеб. пособие для высш. с. - х. учеб. заведений / И.Д. Возбуцкая. - Высшая шк. - М., 1968.-427 с.

Воробьева Л.А. Химический анализ почв: Учебн. и учебн. пособие для высших с. - х. учебных заведений. - Изд. МГУ. - 1998. - 271 с.

Довлятин И.Д. Статистические проблемы содержания гумуса в черноземах Северного Казахстана / И.Д. Довлятин // Почвоведение. - 1996, № - 2. - с. 208 - 212.

Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. - Изд. МГУ.- М., 1972.-292 с.

Ефимов В.Н. Торфяные почвы / В.Н. Ефимов. - Россельхозиздат. - М.,1980. - 120 - с.

Зеликов В.Д. Почвоведение: Учеб. для техникумов / В.Д. Зеликов. - Лесная промышленность. - М., 1981. — 216 с.

Земледелие с основами почвоведения и агрохимии / Под ред. Е.А. Воробьева. - 2 - е изд., перераб. и доп. - М.,Колос, 1981. - 431 с.

Кононова М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. - М., 1963.

Кишик Р.И. Лабораторный практикум по прикладной химии / Р.И. Кишик. - Поморский университет. - Арх., 2004. - 54 с.

Краткий справочник агронома /Под ред. П.А. Забазный, В.М. Мальченко. - М., Колос, 1972. - 305 с.

Кудеяров В.Н. Азотно — углеродный баланс в почве / В.Н. Кудеяров // Почвоведение. - Л., 1999. - № 1. с. - 63 - 67.

Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А.М. Лыков. - М., 1982. — 143 с.

Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. - М., колос, 1984. - 248 с.

- Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почвы и общие теории гумификации/ Д.С. Орлов. - М., Изд. МГУ, 1980. - 326 с.
- Орлов Д.С. Гумусовые кислоты/ Д.С.Орлов. - М., 1974.
- Орлов Д.С. Запасы углерода органических соединений в почвах Р.Ф. / Орлов Д.С., О.Н. Бирюкова // Почвоведение. - 1995. - № 1. с. - 21 - 33.
- Орлов Д.С. практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. - М., 1981.
- Орлов Д.С. Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Р.Ф. / Орлов Д.С. // Почвоведение. — 1996. - № 2, с. — 197.
- Орлов Д.С. Химия почв / Орлов Д.С. - М., МГУ, 1985.
- Органические удобрения / П.Д. Попов, В.И. Хохлов, А.А. Егоров // Справочник. - М., 1988.-207 с.
- Панников В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. -2-е изд. перераб. и доп. - М., 1987. - 512 с.
- Панников Н.С. Неспецифические соединения почвенного гумуса / Н.С. Панников, Л.Н. Сидонникова, Е.В. Фридланд. - М., 1984.
- Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение / Под ред. Голованина. - М., 1983. - 318 с.
- Пономарева В.В Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова // Почвоведение. Д., 1980.
- Петухов И.П. Агрохимия и система удобрения / М.П. Петухов, Е.А. Панова, Н.Х. Дудина. - М., Колос, 1979. - 392 с.
- Радов А.С. Практикум по агрохимии / А.С. Радов, С.Н. Пустова. - М., 1978. - 165 с.
- Растворов О.Г Химический анализ почв / О.Г. Растворов, Д.П. Гагарина, Э.И. Андреев и т.д. - СПб, Изд - во Спб университета, 1995.
- Синякова А.А. Практикум по основам агрономии с ботаникой / А.А. Синякова, Т.А. Степанова, В.Д. Цупак. -3-е изд., перераб. и доп. - М., Колос, 1984. - 336 с.
- Тюфин И.В. Органическое вещество почв / И.В. Тюфин. - М., 1937.
- Хан Д.В. Органоминеральные соединения и структура почвы / Д.В. Хан. - М., 1996.
- Цитович И.Н. Курс аналитической химии: Учеб. для с. - х. вузов. -6-е изд., испр. и перераб. / И.Н. Цитович. - М., Высш. шк. 1997. - 495 с.
- Экономова Т.П. Малый практикум по агрохимии / Т.П. Экономова, Л.Г. Горбунова. - Арх., ПГУ им. Ломоносова, 2003. - 45 с.

Приложение 1.

Результаты измерения содержания гуминовых кислот в почвах.

| Место отбора почв | Горизонт | № пробы | Масса воздушно-сухой почвы (г.) | Масса бюкса с фильтром (г.) | Масса бюкса с фильтром осадком (г.) | Содержание гуминовых кислот (%) | Среднее содержание гуминовых кислот (%) |
|--------------------|----------|---------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| Незатопляемая зона | A1 | 1 | 2.7784 | 24.9054 | 24.9213 | 0.57±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 2 | 3.0164 | 24.8835 | 24.9001 | 0.55±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 3 | 2.9610 | 23.9852 | 24.0017 | 0.56±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 4 | 3.0271 | 24.9060 | 24.9235 | 0.55±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 5 | 2.8863 | 23.9838 | 24.0001 | 0.56±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 6 | 2.9500 | 24.8835 | 24.8998 | 0.55±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 7 | 3.1071 | 24.9142 | 24.9313 | 0.55±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 8 | 2.9870 | 23.9902 | 24.0069 | 0.56±0.01 | 0.55 |
| | A1 | 9 | 2.9440 | 24.8887 | 24.9048 | 0.55±0.01 | 0.55 |
| Затопляемая зона | A1 | 1 | 2.9196 | 24.9099 | 24.9240 | 0.47±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 2 | 3.0551 | 23.9812 | 23.9955 | 0.47± 0.01 | 0.46 |
| | A1 | 3 | 2.8882 | 24.8944 | 24.9079 | 0.47±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 4 | 2.9274 | 24.9116 | 24.9551 | 0.46±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 5 | 2.9110 | 23.9944 | 24.0075 | 0.45±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 6 | 3.1488 | 24.8890 | 24.9031 | 0.46±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 7 | 2.9703 | 24.9136 | 24.9275 | 0.47±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 8 | 2.9112 | 23.9892 | 24.0029 | 0.47±0.01 | 0.46 |
| | A1 | 9 | 2.9011 | 24.8809 | 24.8944 | 0.47±0.01 | 0.46 |

Приложение 2.

Результаты измерения содержания фульвокислот в почвах.

| Место отбора почв | Горизонт | № пробы | Масса воздушно - сухой почвы (г.) | Объем соли Мора (раб. проба), (мл.) | Объем соли Мора (контр. проба), (мл.) | Содержание фульвокислот (%) | Среднее содержание фульвокислот (%) |
|-------------------|----------|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Незатопляемая | A1 | 1 | 0.3895 | 7.5 | 10.8 | 0.25±0.01 | 0.29 |
| | A1 | 2 | 0.3894 | 6.5 | 10.8 | 0.33±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 3 | 0.3966 | 6.6 | 10.8 | 0.32±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 4 | 0.3937 | 6.3 | 10.8 | 0.34±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 5 | 0.3962 | 7.0 | 10.8 | 0.29±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 6 | 0.3907 | 6.9 | 10.8 | 0.30±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 7 | 0.4047 | 7.0 | 10.8 | 0.28±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 8 | 0.3918 | 7.3 | 10.8 | 0.27±0.02 | 0.29 |
| | A1 | 9 | 0.3825 | 7.5 | 10.8 | 0.26±0.02 | 0.29 |
| Затопляемая зона | A1 | 1 | 0.3891 | 9.9 | 10.8 | 0.07±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 2 | 0.3960 | 9.7 | 10.8 | 0.08±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 3 | 0.3981 | 9.1 | 10.8 | 0.13±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 4 | 0.4070 | 9.9 | 10.8 | 0.07±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 5 | 0.4050 | 9.5 | 10.8 | 0.10±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 6 | 0.3904 | 9.6 | 10.8 | 0.09±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 7 | 0.3962 | 9.8 | 10.8 | 0.08±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 8 | 0.4037 | 9.5 | 10.8 | 0.10±0.02 | 0.09 |
| | A1 | 9 | 0.3790 | 9.2 | 10.8 | 0.13±0.02 | 0.09 |

Приложение 3.

Результаты измерения содержания органического углерода и гумуса.

| Место отбора почв | Горизонт | № пробы | Масса воздушно-сухой почвы (г.) | Объем соли-Мора (раб.проба) (мл.) | Объем соли-Мора (контр.проба), (мл.) | Содержание гумуса (%) | Содержание орг. углерода(%) |
|--------------------|----------|---------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Незатопляемая зона | A1 | 1 | 0.3841 | 8.9 | 54.6 | 3.09±0.02 | 1.76±0.02 |
| | A1 | 2 | 0.3617 | 9.0 | 54.6 | 3.28±0.02 | 1.86±0.02 |
| | A1 | 3 | 0.3827 | 8.7 | 54.6 | 3.12±0.02 | 1.77±0.02 |
| | A1 | 4 | 0.3886 | 8.3 | 54.6 | 3.10±0.02 | 1.76±0.02 |
| | A1 | 5 | 0.3921 | 8.7 | 54.6 | 3.04±0.02 | 1.73±0.02 |
| | A1 | 6 | 0.3861 | 8.5 | 54.6 | 3.10±0.02 | 1.77±0.02 |
| | A1 | 7 | 0.3942 | 8.6 | 54.6 | 3.03±0.02 | 1.73±0.02 |
| | A1 | 8 | 0.3831 | 8.2 | 54.6 | 3.15±0.02 | 1.79±0.02 |
| | A1 | 9 | 0.3973 | 8.7 | 54.6 | 3.00±0.02 | 1.71±0.02 |
| Затопляемая зона | A1 | 1 | 0.3904 | 1.2 | 54.6 | 3.56±0.08 | 2.02±0.08 |
| | A1 | 2 | 0.4021 | 1.4 | 54.6 | 3.44±0.07 | 2.00±0.07 |
| | A1 | 3 | 0.3928 | 1.8 | 54.6 | 3.50±0.05 | 1.93±0.05 |
| | A1 | 4 | 0.3861 | 1.0 | 54.6 | 3.61±0.02 | 2.02±0.02 |
| | A1 | 5 | 0.3916 | 1.3 | 54.6 | 3.54±0.08 | 2.01±0.08 |
| | A1 | 6 | 0.3939 | 1.3 | 54.6 | 3.52±0.08 | 2.00±0.08 |
| | A1 | 7 | 0.3939 | 1.3 | 54.6 | 3.52±0.08 | 2.00±0.08 |
| | A1 | 8 | 0.4059 | 1.6 | 54.6 | 3.39±0.06 | 1.93±0.06 |
| | A1 | 9 | 0.3937 | 1.6 | 54.6 | 3.50±0.07 | 1.99±0.07 |

Приложение 4.

Результаты измерения содержания общего азота.

| Место отбора почв | Горизонт | № пробы | Масса воздушно-сухой почвы | Абсолютная сухость | V1, мл. | V2, мл. | V0, мл. | W (%) | W ср. (%) |
|--------------------|----------|---------|----------------------------|--------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| Незатопляемая зона | A1 | 1 | 1.4503 | 0.98 | 26.0 | 2.0 | 28.0 | 2.9±0.07 | 2.8 |
| | A1 | 2 | 1.6702 | 0.99 | 25.6 | 2.4 | 28.0 | 2.3±0.07 | 2.8 |
| | A1 | 3 | 1.4782 | 0.98 | 25.5 | 2.5 | 28.0 | 2.7+0.08 | 2.8 |
| Затопляемая зона | A1 | 1 | 1.7018 | 0.97 | 26.3 | 1.7 | 28.0 | 2.4±0.04 | 2.5 |
| | A1 | 2 | 1.4565 | 0.97 | 26.5 | 1.5 | 28.0 | 2.5±0.05 | 2.5 |
| | A1 | 3 | 1.5861 | 0.96 | 26.6 | 1.4 | 28.0 | 2.6+0.05 | 2.5 |