

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ТГПУ)

М. А. Сергеева, О. А. Голубина, Е. В. Порохина

БОЛОТА И БИОСФЕРА

БИОХИМИЧЕСКИЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРФА

Учебное пособие

Томск 2018

УДК 631.41; 631.46
ББК 26.222.7 я 73 + 40.3 я 73
С–32

Печатается по решению
Учебно-методического совета
Томского государственного
педагогического университета

Сергеева М. А., Голубина О. А., Порохина Е. В.

С–32 Болота и биосфера. Биохимический и физико-технический анализ торфа
: Учебное пособие / М. А. Сергеева, О. А. Голубина, Е. В. Порохина. –
Томск : Издательство ТГПУ, 2018. – 96 с.

ISBN 978–5–89428–863–5

В учебном пособии даны описания работ по всем разделам программы курса «Болота и биосфера». Приведены методики по определению отдельных химических, энзимологических и микробиологических свойств торфов, изложены основные принципы постановки и проведения вегетационного опыта, методы анализа грунта и удобрения, взятых для опыта. Во второй главе кратко описана техника лабораторных работ, знание которой необходимо студентам для выполнения практических заданий.

Предназначено для студентов биологических факультетов вузов, а также может быть использовано учителями биологии и химии, как при проведении уроков, так и во внеклассной работе.

ББК 26.222.7 я 73 + 40.3 я 73

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор РАН, врио директора ИМКЭС СО РАН *Е. А. Головацкая*,
кандидат химических наук, научный сотрудник ИХН СО РАН *Т. В. Чешкова*.

Технический редактор: Г. В. Белозёрова. Ответственный за выпуск: Л. В. Домбраускайте

Бумага: офсетная. Печать: трафаретная. Формат: 60×84¹/₁₆. Тираж: 500 экз.
Сдано в печать: 20.06.2018. Усл. печ. л.: 11,2. Уч. изд. л.: 6,8. Заказ: 1383/у

Издательство Томского государственного педагогического университета
634061, г. Томск, ул. Киевская, 60
Отпечатано в типографии Издательства ТГПУ
г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел.: (3822) 311–484. E-mail: tipograf@tspu.edu.ru

ISBN 978–5–89428–863–5

© М. А. Сергеева, О. А. Голубина, Е. В. Порохина, 2018
© ФГБОУ ВО «ТГПУ», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ГЛАВА 1. БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС	6
1.1. Болота и их классификация	6
1.2. Факторы болотообразовательного процесса	7
1.3. Способы образования болот	8
1.4. Стадии развития болот	11
ГЛАВА 2. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	14
2.1. Правила техники безопасности при работе в лаборатории	14
2.2. Химическая посуда и лабораторное оборудование	15
2.3. Приготовление растворов	21
ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРФА	25
Лабораторная работа 3.1. Определение степени разложения торфа	26
Лабораторная работа 3.2. Определение влажности торфа	28
Лабораторная работа 3.3. Определение зольности торфа	30
Лабораторная работа 3.4. Определение обменной и активной кислотности торфа	32
Лабораторная работа 3.5. Определение гидролитической кислотности торфа	34
Лабораторная работа 3.6. Определение суммы поглощенных оснований в торфе	37
Лабораторная работа 3.7. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из торфа	39
Лабораторная работа 3.8. Определение аммонийного азота в торфе	40
Лабораторная работа 3.9. Определения нитратного азота в торфе	44
Лабораторная работа 3.10. Определение подвижного фосфора в торфе	46
Лабораторная работа 3.11. Определение подвижных соединений калия в торфе	48
Лабораторная работа 3.12. Определение подвижных соединений железа в торфе	50
Лабораторная работа 3.13. Определение обменного кальция и магния в торфе	55
Лабораторная работа 3.14. Определение выхода гуминовых кислот в торфе	58
ГЛАВА 4. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЗИМОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФА	60
4.1. Микробиологические свойства торфа	60
Лабораторная работа 4.1.1. Определение микробной биомассы методом люминесцентной микроскопии.	62
Лабораторная работа 4.1.2. Определение активности микроорганизмов методом субстрат-индуцированного дыхания.	63
Лабораторная работа 4.1.3. Определение численности аммонификаторов и амилолитиков методом посева	65
4.2. Энзимологические свойства торфа.	67
Лабораторная работа 4.2.1. Определение инвертазной активности торфа	68
Лабораторная работа 4.2.2. Определение каталазной активности торфа	71
Лабораторная работа 4.2.3. Определение полифенолоксидазной и пероксидазной активности торфа	73
ГЛАВА 5. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА	77
5.1. Вегетационный опыт: краткие сведения	80
5.2. Физико-химический анализ грунта.	82
Лабораторная работа 5.2.1. Определение обменной кислотности грунта	82
Лабораторная работа 5.2.2. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из грунта	83
Лабораторная работа 5.2.3. Определение содержания водорастворимого углерода в грунте	83
5.3. Физико-химический анализ удобрений	84
Лабораторная работа 5.3.1. Определение влажности в удобрениях.	85
Лабораторная работа 5.3.2. Определение обменной кислотности в удобрениях	85
Лабораторная работа 5.3.3. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из удобрений	86
Лабораторная работа 5.3.4. Физиологическая активность удобрений	86
ГЛАВА 6. РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА	89

ЛИТЕРАТУРА	91
----------------------	----

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Классификация видов торфа (Тюремнов С.Н., 1976)	93
2. Количество концентрированных растворов кислот и аммиака, необходимое для приготовления 1 л раствора различной концентрации, мл	94
3. Количество различных веществ для приготовления 1 л титрованных растворов различной нормальности	94
4. Форма записи результатов определения влажности торфа	95
5. Форма записи результатов определения алюминия, аммонийного и нитратного азота, фосфора, железа в торфах фотоколориметрическим методом	95
6. Форма записи результатов определения калия	95
7. Форма записи результатов определения кальция и магния	95
8. Форма записи результатов определения выхода гуминовых кислот	96
9. Форма записи результатов определения содержания водорастворимого углерода	96
10. Форма записи результатов определения влажности удобрений	96

Предисловие

Предлагаемое пособие написано в объеме действующей учебной программы по дисциплине «Болота и биосфера», оно также может быть использовано для проведения лабораторных работ по дисциплине «Экологическая микробиология» у студентов и «Практическая биология» у школьников в рамках внеурочной деятельности.

Учебное пособие включает лабораторные работы по изучению химических, энзимологических и микробиологических свойств торфов и продукции на их основе (грунтов, удобрений). Физико-химический анализ торфяных ресурсов как потенциального сырья для использования в сельском хозяйстве, медицине и строительстве, является актуальным для Западной Сибири, и особенно Томской области, так как регион отличается значительными запасами торфа (30 % от торфяных ресурсов Западной Сибири).

Первая глава описывает способы образования болот и факторы на это влияющие. Во второй главе пособия рассматриваются правила проведения лабораторных работ, дается характеристика основных видов лабораторной посуды и оборудования, приводятся расчеты по приготовлению растворов различной концентрации. Третья глава включает лабораторные работы по определению агрохимических свойств торфа, знание которых позволяет корректировать агротехнические мероприятия по повышению плодородия торфяных почв. Четвертая глава включает лабораторные работы по определению микробиологических и энзимологических свойств торфа. Пятая глава пособия знакомит студентов с общими принципами и методическими приемами постановки и проведения вегетационного опыта, содержит методики определения физико-химических свойств удобрений и грунтов. В приложении даны справочные таблицы, необходимые для приготовления растворов разной концентрации, а также рекомендуемые формы записи полученных результатов.

Пособие построено по единому плану, каждый раздел содержит контрольные вопросы для оценки степени подготовленности студентов.



ГЛАВА 1. БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

1.1. Болота и их классификация

Болото – это природное образование, которое представляет собой участок земной поверхности с постоянным застойным переувлажнением, покрытый специфической болотной растительностью, для которого характерно накопление частично разложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф, слоем не менее 30 см. Продуктом неполного разложения растительной массы в условиях обильного увлажнения и недостаточной аэрации является торф.

Болота в зависимости от характера питания и условий их расположения в рельефе местности подразделяют на три типа: низинные (эвтрофные), переходные (мезотрофные) и верховые (олиготрофные).

К верховым (олиготрофным) относят болота, поверхность которых увлажняется водами, бедными элементами минерального питания. В основном питание этих болот обеспечивается атмосферными осадками и пылью, отлагаемой на их поверхности.

Олиготрофные болота, как правило, располагаются на повышенных местах, в основном на водоразделах, и по мере развития их поверхность приобретают выпуклую форму, но начальные стадии их образования всегда связаны с понижениями местности. Растительный покров верховых болот в основном представлен различными видами мхов и растений не требовательных к минеральному питанию. Торфа, формирующие торфяную залежь верхового болота, характеризуются пониженной зольностью (2–4 %) и сильной кислотностью (рН 2,6–5). По степени увлажненности верховые болота неоднородны, и в связи с этим торфа, имеют различную влажность и степень разложения.

Низинными называют болота, поверхность которых увлажнена водами, богатыми минеральными веществами. Обычно низинные болота располагаются в долинах рек, в их поймах, по берегам озер. В местах образования таких болот грунтовые воды, богатые элементами питания, находятся близко к поверхности. Богатое водно-минерального питания торфяных болот эвтрофного типа способствует развитию разнообразной растительности, и, как следствие, такие болота отличаются многообразием видов торфов, формирующих профиль торфяной залежи. Торфа, формирующие торфяную залежь низинных болот, называют низинными, они характеризуются значительно более высокой зольностью (6–18 %), по сравнению с верховыми, нейтральной или щелочной реакцией среды и большим разнообразием других физико-химических свойств для отдельных групп и видов торфа.

Мезотрофные (переходные) болота формируются в условиях смешанного питания: атмосферными, поверхностно-сточными и частично грунтовыми водами. Они встречаются преимущественно в виде фрагментов на контактах олиготрофных и эвтрофных болот, по окраинам олиготрофных болотных систем. Торф, формирующий торфяные залежи мезотрофных болот, называют переходным. Переходный тип торфа объединяет виды, в которых растительные остатки слагаются остатками олиготрофных (на 10-90 % от общей массы), эвтрофных и мезотрофных растений. Наиболее характерными растениями-торфообразователями выступают различные виды сфагновых и гипновых мхов, травы: осоки, пушица, шейхцерия, а также болотные кустарнички. Переходные торфа в торфяных

залежах располагаются между слоями низинных и верховых и, как правило, имеют небольшую мощность и характеризуются слабокислой реакцией. Зольность торфов переходного типа низкая и составляет 4–6, реже 8 %.

1.2. Факторы болотообразовательного процесса

Своеобразие процессов заболачивания и торфообразования, их интенсивность в различных физико-географических районах определяется комплексом природных факторов. Одним из важнейших факторов образования болот является климат. В целом он определяет особенности торфообразовательного процесса, распространение болот и их основные признаки, такие как характер растительного покрова, гидрологический режим, мощность, строение и свойства торфяной залежи болота. Известно, что в районах с жарким и сухим климатом болота отсутствуют или они встречаются крайне редко и лишены торфа. В областях с прохладным и влажным климатом болота встречаются очень часто.

В образовании болот наиболее существенными климатическими факторами являются температура и атмосферные осадки. Болотообразовательный процесс наиболее активно происходит в тех районах, где количество осадков заметно преобладает над испарением. Не истраченная на испарение влага аккумулируется и перенасыщает грунт. Вода, заполняя поры почвы, вытесняет из нее атмосферный кислород. Это приводит к нарушению газового режима и созданию условий анаэробнозиса. В почве начинают преобладать восстановительные условия, которые способствуют накоплению закисных форм железа и других элементов (таких, например, как Mn). Это в дальнейшем может приводить к развитию процессов оглеения. Параллельно с этим подавляется жизнедеятельность аэробных микроорганизмов, которые участвуют в разложении отмерших остатков растений.

Таким образом, одним из необходимых условий для образования торфа, является повышенная влажность и недостаток кислорода. Продуктом неполного разложения растительной массы в условиях обильного увлажнения и недостаточной аэрации в связи с болотным типом почвообразования является торф.

Интенсивность болотообразования и торфонакопления обуславливает температура воздуха и почв, наряду с влажностью климата. Температура оказывает влияние на скорость испарения, продолжительность вегетационного периода, прирост растительной массы и скорость ее минерализации. Например, в тундре из-за низких температур разложение растительных остатков происходит медленно. Однако рост растений еще более медленный, в связи с чем, мощность образующихся торфяных залежей невелика и составляет 10–30 см. С севера на юг мощность торфяной залежи увеличивается (в северной тайге она составляет в среднем 2–3 м, а в южной тайге достигает 8–9 м и более). К югу от таежной зоны, климат становится более сухим, возрастает скорость разложения растительных остатков, и мощность торфяной залежи становится меньше. В тропической зоне, несмотря на значительный прирост растительной массы, растительные остатки подвергаются полному распаду.

Академик А. Н. Костяков, на основании значений климатического коэффициента (отношение годовой суммы осадков к годовой величине испарения с той же площади), выделил в европейской части России и сопредельных с нею государств три зоны – избыточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения.

Зона избыточного увлажнения. Климатический коэффициент превышает 1,0. В эту зону входят Карелия, Северо-Запад и Север России. Это пояс наибольшей заболоченности и заторфованности, где преобладают верховые болота, образовавшиеся путем заболачивания минеральных земель. В этой зоне болотообразование зависит в меньшей степени от рельефа местности.

Зона неустойчивого увлажнения. Климатический коэффициент равен 0,50–1,25. В этой зоне расположены центральные районы России, Татарстан, Удмуртия. Заболоченность территории средняя. Болота приурочены, преимущественно, к отрицательным элементам рельефа – глубоким понижениям, берегам озер и рек. Преобладают болота озерного происхождения.

Зона недостаточно увлажнения. Климатический коэффициент всегда меньше 1,0 (0,25–0,75). Для этой зоны характерно постоянное превышение испарения над осадками. Она охватывает юго-восточные территории европейской части России. Болота встречаются редко и располагаются

в отрицательных формах рельефа (по берегам озер, в глубоких котловинах, в поймах рек). Верховые болота не отмечаются.

В то же время перенасыщенность субстрата водой сама по себе не всегда приводит к заболачиванию. В том случае, если вода стекает по уклону поверхности, болото обычно не образуется. Для начала процесса заболачивания, кроме избытка влаги необходимы понижение в рельефе, которое задерживает сток, а также водоупор в виде грунта, имеющего малую водопроницаемость.

Развитие и распределение болот зависит также от условий их расположения в рельефе местности. Рельеф может, как усиливать, так и ослаблять влияние климатических и гидрологических факторов. Общее значение его заключается в перераспределении влаги. Так, низменные, слабо всхолмленные пространства характеризуются высокой степенью заболоченности, особенно в случаях затрудненного стока.

Еще один важный фактор, который определяет заболоченность – глубина залегания грунтовых вод. В областях избыточного увлажнения горизонт почвенно-грунтовых вод располагается высоко, практически у самой поверхности, в связи с этим почвы легко подвергаются заболачиванию.

Таким образом, следует подчеркнуть, что процесс торфонакопления происходит в основном в лесной зоне. Аккумуляции торфа здесь способствуют умеренные летние температуры, значительное количество осадков и слабое испарение.

На болотообразовательный процесс оказывает влияние и гидрографические особенности местности. Болотообразование лучше развито в районах, где располагается много озер, стариц, протоков, мелководий, легко подвергающиеся зарастанию. Болота могут образовываться и в местах выхода ключевой воды (так называемое ключевое болотообразование). Ключевые болота отличаются повышенной минерализацией торфа за счет повышенного содержания кальция.

Хозяйственная деятельность человека может, как ослаблять (частичное осушение), так и усиливать (подтопление) болотообразовательный процесс или способствовать его появлению.

Таким образом, к основным факторам болотообразования можно отнести: атмосферные осадки, глубина залегания грунтовых вод, температура, рельеф, гидрографическая сеть, хозяйственная деятельность человека.

1.3. Способы образования болот

Существует два способа образования болот:

- 1) заторфовывание водоемов (автохтонный тип);
- 2) заболачивание минеральных, чаще лесных почв (аллохтонный тип).

Заторфовывание водоемов. По такому пути заболачиваются водоёмы, в результате седиментации в них минеральных и органических осадков, или минеральные участки суши с повышенным увлажнением, а также территории с бедными почвообразующими породами, при поселении сфагновых мхов (биогенное заболачивание).

Рассмотрим более подробно этот процесс. Процесс заторфовывания водоемов интенсивно протекал в начале голоцена, когда после отступления ледника остались многочисленные озера. Эти озера постепенно заполнялись минеральными наносами ветрового и водного происхождения. По мере формирования растительности и животного населения в озерах начали откладываться органогенные отложения в виде сапропеля. *Сапропели* – коллоидальные отложения, содержащие не менее 15 % органического вещества, остатков водных организмов, и привнесенные неорганические компоненты. Сапрпель образуется на дне водоемов в основном из отмершей органической массы разнообразных микроскопических растений и животных, которые находятся в воде во взвешенном состоянии (планктон).

В озерах с пологими берегами болотные растения, используя отложения сапропеля как почву, надвигаются на озеро с берегов, формируя зеленое кольцо по краям озера. То есть, одновременно с процессом осадконакопления в озере развивается прибрежно-водная растительность. Для водоемов с пологими берегами установлен ряд растительных поясов (зон), которые закономерно сменяются от берега к центру и связаны с глубиной водного слоя (рис. 1).

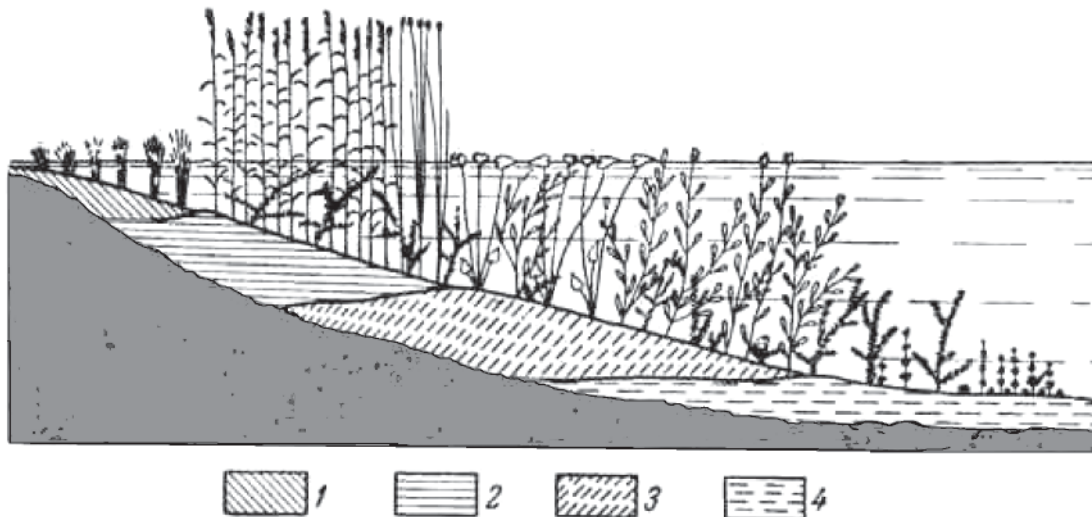


Рис. 1. Схема зарастания озера (по В. Н. Сукачеву, 1926):

1 – пояс мелких осок; 2 – пояс камышей и тростников;
3 – пояс широколиственных рдестов и лилий; 4 – пояс зеленых водорослей

Внешний, периодически осушаемый мелководный пояс (примерно до глубины 1 м) включает заросли крупных осок и прибрежно-водного разнотравья (частухи, стрелолист, наумбургии), иногда с примесью гипновых мхов. Под этими сообществами откладывается осоковый, смешанный травяной торф.

До глубины 2-3 м располагается *пояс высоких растений* из зарослей тростника, трезубки, камыша озерного, рогоза, хвоща. Здесь откладываются тростниковый, камышовый и хвощовый торфа.

При увеличении глубины на 4-5 м, располагается *пояс настоящих водных растений* с плавающими листьями. Это зоны кувшинок, кубышек, а несколько глубже – рдеста плавающего. В этой зоне откладывается сапропелевый торф.

Далее находится *пояс макрофитов*, где встречаются погруженные в воду растения – гидатофиты различных видов: широколистные и узколистные рдесты, роголистник, уруть. При этом поверхность водоема свободна.

Несколько глубже формируется *пояс «подводных лугов»*, где растения не достигают поверхности воды. Здесь встречаются харовые водоросли и некоторые мхи.

Последний пояс, где глубина превышает 4-5 м, занят *микрофитами*. Здесь обитают цианобактерии, диатомовые и зеленые водоросли. Под сообществами макро- и микрофитов формируются отложения сапропеля.

По мере аккумуляции органогенных отложений (торфа и сапропеля) уменьшается глубина водоема и повышается его дно. При этом перечисленные пояса растительности сдвигаются вглубь озера. Через некоторое время неглубокие озера зарастают настолько, что свободная водная поверхность исчезает. На месте озера, как правило, формируется травяное болото, чаще осоковое, имеющее слабо вогнутую поверхность. *Такой способ образования болот был назван зарастанием*. Таким же образом осуществляется заторфовывание речек и ручьев при замедленном их течении. В мелководных водоемах стадия сапропелеобразования отсутствует, сразу происходит зарастание водно-болотной растительностью, образуются торфяные болота.

В меньшей степени, чем зарастание, наблюдается другой тип заторфовывания водоемов – *сплавинное нарастание*. При этом растения не укореняются на дне, а формируют плавающий на воде ковер, который называется *сплавиной*. Процесс начинается у берегов водоема, где большая глубина не дает возможности развиваться тростнику и осокам. Сплавины образуются в наиболее защищенных от ветра частях водоема. Сплавину начинают формировать цветковые растения (белокрыльник, вахта, сабельник), которые растут у берегов и направляют свои стелющиеся побеги навстречу воде. Переплетаясь между собой, эти растения создают субстрат для поселения других растений – осок,

стрелолиста, вахты, хвоща. Корневища этих растений, а также отмирающие остатки растений, продолжают уплотнять плавающий на воде ковер. Водоёмы, имеющие спокойную водную поверхность, зарастают мхами, образующими мягкие ковры. По мере того, как уплотняется моховой ковер, на нем поселяются обычные болотные растения (осоки, шейхцерия, кустарнички). Сплавина увеличивает свою площадь от берега внутрь водоёма и одновременно утолщается. Частично растительные остатки нижних слоев сплавины опускаются на дно. Эти скопления постепенно повышают дно водоёма. В спокойных водоёмах сплавина может охватывать почти все озеро, оставив только небольшие водные пространства («окна»). Со временем постепенно «окна» исчезают, и остается сплошное болото со слоем воды под сплавинной. В дальнейшем вода под сплавинной исчезает в связи с продолжающимся заторфовыванием.

Заболачивание минеральных почв (суходольное заболачивание). Главная причина заболачивания почв состоит в перенасыщении влагой ее верхних горизонтов. Чаще всего это происходит в пониженных местах рельефа (притеррасные понижения в поймах рек, подножья склонов и др.). Заболачивание обусловлено переувлажнением почвы паводковыми, грунтовыми или атмосферными водами. Кроме этого, болотные массивы, подтопляя окружающие территории, создают условия для своего роста. Скорость аллохтонного заболачивания выше, чем автохтонного. Аллохтонное заболачивание по происхождению избыточной влаги бывает трех типов – аллювиальное, грунтовое и атмосферное. Рассмотрим подробнее.

Аллювиальный тип заболачивания наблюдается в поймах рек. В зависимости от продолжительности и глубины затопления здесь развиваются разные типы растительных сообществ. При кратковременном затоплении, когда вода застаивается на непродолжительный период, образуются лесные болотные сообщества. При длительном, глубоком затоплении, формируются травяные сообщества. При данном типе заболачивания торфяная залежь характеризуется повышенной минерализацией в связи с богатым наилоком, привносимом паводковыми водами.

Грунтовый тип заболачивания встречается на всей территории России и связан с переувлажнением почв грунтовыми водами. В зависимости от состава грунтовых вод выделяют напорное (жестководное) заболачивание, которое характеризуется постоянным движением воды по уклону поверхности, при этом грунтовые воды богаты элементами водно-минерального питания, а также безнапорное (мягководное) заболачивание. Оно связано со слабо минерализованными водами верховодки, и обусловлено переувлажнением почвы кислыми водами.

Атмосферный тип заболачивания наблюдается вследствие перенасыщения верхних горизонтов почвы водой атмосферных осадков. Начинается такое заболачивание в пониженных местах рельефа, где скапливается дождевая и снеговая талая вода. Этому часто способствует неглубоко расположенный водоупорный горизонт из глин и суглинков и обеднение почв питательными веществами.

Наиболее интенсивно процесс болотообразования на территории нынешней таежной зоны, согласно данным исследователей, начал проявляться 7–8 тысяч лет назад. В настоящее время процесс образования болот замедлен, поскольку все неровности рельефа заполнены болотами. Но в некоторых районах Западной Сибири и севера Европейской части страны, где климатические и гидрологические условия способствуют процессу болотообразования, сфагновые болота расширяют свою площадь и интенсивно наступают на прилегающие территории. При этом степень заболоченности в некоторых районах Западной Сибири достигает 70–80 %.

Образование переувлажненных земель и в дальнейшем болот может происходить и в связи с неправильным их использованием. Например, часто отмечается заболачивание гарей и вырубков, территорий, которые подтоплены гидротехническими сооружениями, из-за отсутствия водосливных сооружений в местах прокладки дорог, нефте- и газопроводов при запруживании ручьев и небольших рек.

Таким образом, в болотах, возникших на месте озёр, под слоем торфа имеется озёрный ил, сапрпель в то время, как при заболачивании суши отложение торфа происходит непосредственно на минеральном грунте.

1.4. Стадии развития болот

При заторфовывании водоемов, как правило, формируются травяные низинные болота. Сначала поверхность болота имеет слегка вогнутую форму, но по мере отложения торфа она становится ровной. Со временем торф уплотняется, на поверхности болота появляются древесный ярус, главным образом, береза и кустарнички. Поверхность болот, сформировавшихся на минеральных почвах, на начальных этапах также имеет вогнутую форму, но по мере отложения торфа выравнивается. Лесные болотные фитоценозы постепенно сменяются на облесенные, а при очень обильном увлажнении переходят в безлесные травяные или моховые.

Дальнейшее развитие болот как минерального, так и озерного происхождения схожее. С увеличением мощности торфа и ростом болота вверх, происходит изменение в водно-минеральном питании болот. Некогда преобладающее грунтовое питание на начальной стадии формирования болота, сменяется более бедным атмосферным. Это происходит, прежде всего, потому что, корни, произрастающих на болоте растений, изолируются от минерального грунта. Постепенно более требовательные к водно-минеральному питанию растения сменяются менее требовательными. Таким образом, рост болота вверх сопровождается постепенной сменой торфа от низинного типа к переходному, который затем сменяется верховым. Таким образом, болото из низинного (эвтрофного) эволюционирует в переходное (мезотрофное), а в дальнейшем в верховое (олиготрофное).

Когда поверхность болота выравнивается и становится более плоской, приток воды с окружающих площадей уменьшается и до центральных частей болота практически не доходит. Центральные части болота получают питание только с атмосферными осадками, что приводит к обильному произрастанию сфагновых мхов. В условиях сильной кислотности и сильной переувлажненности их остатки слабо разлагаются, поэтому скорость накопления торфа увеличивается, в результате чего в центре болота постепенно появляется выпуклость. Окраины же болот все еще остаются под влиянием более благоприятных условий водно-минерального питания (близкий к поверхности уровень грунтовых вод, поверхностно-сточные воды с суходолов). Прирост торфа здесь меньше, чем в центральной части болота, так как в этих условиях микроорганизмы, которые участвуют в процессе минерализации растительных остатков, функционируют более интенсивно. С появлением выпуклости на болоте его сток перераспределяется и направляется от центра к периферии. В зависимости от выраженности выпуклости различают слабо-, резко-, полого- и плосковыпуклые верховые болота.

Слабовыпуклые болота. Встречаются сравнительно редко, площадь их небольшая (не более нескольких сотен гектаров). Центр болота возвышается над окраинами на 2,5–3 м. Выпуклая часть болота обычно занята сообществами сфагновых мхов с мелкой сосной. Окраины болота бывают либо олиготрофными, либо еще остаются мезотрофными и эвтрофными.

Резковыпуклые болота. Это следующая стадия развития выпуклых олиготрофных болот. Такие болота встречаются, как изолировано, так и в системах заболоченных массивов. В последнем случае превышение центра над окраинами составляет 3–8 м, а иногда – 10 м. В результате такого превышения условия увлажнения становятся разнородными и изменяются от центра к периферии. В наиболее дренированных участках болот (в центре, а также нижних частях склонов и окраинах болот) располагаются облесенные сосной сфагновые сообщества. Вокруг центра, где сток замедляется, формируются грядово-мочажинные комплексы.

Пологовыпуклые болота. По мере разрастания болота увеличивается влажность и его окраины «догоняют» по высоте центральную часть. Выпуклость становится менее выраженной. Повышение центральной части над периферийными участками достигает 4–6 м. Склоны болот и центральная часть заняты грядово-мочажинными комплексами.

Плосковыпуклые болота. Это последняя стадия развития выпуклых олиготрофных болот. Характерный признак этой стадии – плоская, практически без уклона, сильно переувлажненная поверхность. В таких болотах мощность торфяной залежи от центра к окраинам почти не изменяется.

Рассмотренная схема образования болот естественно обобщенная и при определенных условиях могут наблюдаться отклонения в развитии болот. Такой путь развития присущ болотам, расположенным в замкнутых понижениях и котловинах рельефа, и носит название *центрально-олиготрофного*. Он отмечается для крупных болотных массивов лесной зоны России.

Болота, являясь продуктом эволюции биосферы и ее неотъемлемой частью, оказывают большое влияние на многие биосферные процессы. Они выполняют разнообразные биосферные функции:

аккумулятивную, биологическую, межкугворотную, ландшафтную, газорегуляторную, геохимическую, гидрологическую и климатическую. Первые четыре функции являются незаменимыми, т.е. такими, которые характерны только для болот. С развитием человечества, кроме биосферных, болота начали выполнять новые функции, которые не имеют значения для природы, но весьма важны для человеческого общества: ресурсно-сырьевую, культурно-рекреационную и информационно-историческую. Рассмотрим подробнее функции болот.

Аккумулятивная функция. В болотах образуется специфический природный продукт – торф, который нигде больше не накапливается. Вместе с торфом аккумулируется вода, энергия и биогенные элементы (С, О₂, Н₂, S, P, Fe и т.д.)

Биологическая функция. Болота являются местообитанием специфической флоры и фауны и обеспечивают сохранение биоразнообразия.

Межкугворотная функция. Обеспечивает переход органогенных элементов – углерода, азота и других из малого биогенного в большой геологический круговорот веществ на Земле.

Ландшафтная функция. Болота образуют неповторимые болотные ландшафты, которые не могут быть заменены какими-либо другими ландшафтами.

Газорегуляторная функция. Болота способны выводить из атмосферы углекислый газ и не возвращать его обратно в течение многих тысячелетий, связывая его в виде торфа. Неосушенные болота выводят из атмосферы углекислый газ и обогащают ее кислородом.

Геохимическая функция. Функция обеспечивает накопление различных химических элементов, поступающих на болота с атмосферными осадками, пылью, паводковыми и подземными водами. Торф является сорбентом двух-, трех- и поливалентных металлов, а также ионов аммония.

Гидрологическая функция. Состоит в поддержании водного режима не только на площади, занятой торфяными залежами, но и на прилегающих к ним территориях, озерах и реках.

Климатическая функция. Обусловлена свойством болот смягчать колебания температуры и влажности воздуха, как на самих болотах, так и на прилегающих к ним территориях.

Ресурсно-сырьевая функция. Болота предоставляют человеческому обществу такие важные ресурсы, как торф для топлива, удобрений, химической переработки и т.д. Болота являются территориальным ресурсом, который используется для создания мелиорированных сельскохозяйственных угодий, лесопосадок, строительства.

Культурно-рекреационная функция. Болота – места активного отдыха людей (сбора ягод, грибов, лекарственных растений, охоты), а также объекты туризма и экологического образования.

Информационно-историческая функция. Торфяные залежи хранят в себе информацию об истории развития растительного покрова и динамики климата в прошлые эпохи. Носителями этой информации являются пыльца и споры растений, которые привносятся на болота с окружающих территорий и хорошо сохраняются в торфяных залежах.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое болото? Какими они бывают?
2. Что является основным фактором образования болот?
3. Что такое климатический коэффициент?
4. Как называются коллоидальные отложения, содержащие не менее 15 % органического вещества, остатки водных организмов и привнесенные неорганические компоненты?
5. Как называется растительный пояс озера, в котором располагаются заросли крупных осок и прибрежно-водного разнотравья?
6. Как называется растительный пояс озера, в котором встречаются погруженные в воду растения – рдесты, роголистник, уруть?
7. При каком типе заболачивания торфяная залежь характеризуется повышенной минерализацией?
8. Какой тип заболачивания связан со слабо минерализованными водами верховодки?
9. Как называется тип заболачивания минеральных земель, который начинается в пониженных местах рельефа, где накапливается и застаивается дождевая и снеговая талая вода?

10. Какой тип болота характеризуется небольшим (до 2,5–3 м) превышением центра над окраинами?
11. Какое болото отличается плоской, почти без уклона, сильно переувлажненной поверхностью?
12. Какие функции в природе выполняют болота?
13. В чем заключается информационно-историческая функция болот?
14. Найдите соответствие:

Функция болот	Пояснение
А) Аккумулятивная	1. Болота образуют неповторимые болотные ландшафты, которые не могут быть заменены какими-либо другими ландшафтами. Болота, взаимодействуя с прилегающими территориями, образуют разнообразные болотные комплексы
Б) Ландшафтная	2. Функция обусловлена свойством болот смягчать колебания температуры и влажности воздуха как на самих болотах, так и на прилегающих территориях.
В) Газорегуляторная	3. Функция состоит в поддержание водного режима не только на площади, занятой торфяными залежами, но и на прилегающих к ним территориях, озерах и реках.
Г) Геохимическая	4. В болотах образуется специфический природный продукт – торф, который нигде больше не накапливается. Вместе с торфом аккумулируется вода, энергия и биогенные элементы (С, О ₂ , Р, Н ₂ и др.)
Д) Гидрологическая	5. Функция обеспечивает накопление различных химических элементов, поступающих на болота с атмосферными осадками, пылью, паводковыми и подземными водами. Торф – это замечательный сорбент двух-, трех- и поливалентных металлов, а также ионов аммония.
Е) Климатическая	6. Болота способны выводить из атмосферы углекислый газ и не возвращать его обратно в течение многих тысячелетий. Неосушенные болота выводят из атмосферы углекислый газ и обогащают ее кислородом.



ГЛАВА 2. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Правила техники безопасности при работе в лаборатории

1. Без преподавателя или лаборанта и в верхней одежде в лабораторию входить не разрешается. Все личные вещи, не являющиеся необходимыми для выполнения работы, убирать в специально отведенный для этого шкаф. Работать в лаборатории разрешается только в специальном халате.

2. При работе в лаборатории должны находиться не менее двух человек, при этом категорически запрещается работа студентов в отсутствие преподавателя или лаборанта.

3. На рабочих столах и вокруг работающих не должно быть ничего лишнего. Нельзя оставлять без присмотра работающие установки, включенные электронагревательные приборы, спиртовки.

4. Запрещается бросать в раковины твердые предметы, бумагу, битое стекло, посуду и т.п. При выливании в раковину растворов необходимо одновременно открывать водопроводный кран.

5. При работе с концентрированными кислотами и щелочами надевают резиновые перчатки, а на глаза – специальные очки. При измельчении щелочей (едкого натра и едкого калия), нос и рот закрывают марлевой маской.

6. Переливают концентрированные кислоты и щелочи из больших бутылей очень осторожно, стараясь не разбрызгивать. Если кислота или щелочь прольется на пол, ее сразу же засыпают песком, который выносят из помещения. Место разлива кислоты обрабатывают раствором соды, а разлитую щелочь – слабым раствором кислоты.

7. При попадании концентрированной кислоты на кожу рук или лица необходимо промыть пораженный участок сначала водой, а затем слабым раствором пищевой соды. Концентрированную щелочь, попавшую на кожу, смывают сначала слабым раствором уксусной кислоты, а затем водой.

8. При смешивании жидкостей, взаимодействие которых вызывает сильное разогревание, необходимо соблюдать осторожность, так как раствор может закипеть и разбрызгаться. Например, при разведении концентрированной серной кислоты следует приливать кислоту в воду (а не наоборот) небольшими порциями и постоянно помешивая раствор, избегая чрезмерного нагревания его.

9. Кислоты нагревают только в вытяжном шкафу при опущенной шторке.

10. При определении запаха вещества нельзя подносить к носу сосуд с веществом, его следует держать на расстоянии, направляя к носу небольшое количество паров вещества легким движением руки.

11. Чтобы предохранить руки от порезов, надо осторожно обращаться со стеклянными приборами и посудой. При закрывании колб пробками не стоит применять больших усилий.

12. Уходя из лаборатории, нужно убрать рабочее место, выключить нагревательные приборы и тщательно вымыть руки. Лабораторию можно покидать после выполнения работы с разрешения дежурных. Дежурные назначаются на каждое занятие. Они следят за порядком, в конце занятия принимают рабочие места у студентов и сдают лаборанту чистую лабораторию.

13. К работе в химической лаборатории допускаются студенты, прошедшие полный инструктаж, что оформляется соответствующей записью в специальном журнале по технике безопасности и закрепляется подписями студентов и лиц, проводивших инструктаж.

2.2. Химическая посуда и лабораторное оборудование

В химической лаборатории для анализа применяют специальную посуду, отличающуюся химической стойкостью или устойчивостью при нагревании до высокой температуры. Ее изготавливают из обычного или термостойкого стекла, фарфора и других огнеупорных материалов.

Стекло́нная посуда. Стекло́нная химическая посуда по назначению делится на три группы: общая, специальная и мерная. Посуда общего назначения применяется для выполнения разных целей, к ней относят пробирки, стаканы, плоскодонные колбы, воронки, конические колбы (Эрленмейера), кристаллизаторы, тройники и др. Специальная посуда применяется для конкретной цели, например, круглодонные колбы, пикнометры, специальные холодильники и др. Мерная посуда предназначена для отмеривания точных объемов жидкости. К мерной посуде относятся: пипетки, бюретки, мерные колбы, мерные цилиндры и мензурки.

Посуда общего назначения

Пробирки (рис. 2) – это узкие цилиндрические с закругленным дном сосуда разной величины и диаметра, сделанные из обычного или термостойкого стекла. Они бывают простые, градуированные и центрифужные.

Для хранения пробирок, используемых в работе, существуют специальные деревянные, пластмассовые или металлические штативы.

Пробирки применяют для проведения аналитических исследований. Реакцию проводят с небольшим количеством веществ: достаточно бывает 1/4 или 1/8 емкости пробирки. Наполнение пробирки до краев не допускается.

Реактивы в пробирке перемешивают стеклянной палочкой или слегка постукивают пальцем по нижней части пробирки. Не следует закрывать пробирку пальцем, т. к. при этом можно не только ввести в содержимое пробирки что-либо постороннее, но и получить ожог или иные повреждения кожи.

Если пробирку нужно нагреть, ее следует закрепить в держателе. При нагревании открытый конец пробирки должен быть обращен в сторону от работающего человека и находящегося рядом. Если не требуется сильного нагревания, то можно воспользоваться водяной баней.

Воронки служат для переливания жидкостей, фильтрования и т.д. Химические воронки выпускают различных размеров, верхний диаметр может составлять от 35 до 300 мм. Обычные воронки имеют ровную внутреннюю стенку, но для ускоренного фильтрования иногда применяют воронки с ребристой внутренней поверхностью. Воронки для фильтрования всегда имеют конус 60° и срезанный длинный конец (рис. 3). При работе воронки устанавливают либо в специальном штативе, либо в кольце на обычном лабораторном штативе, либо помещают длинный конец воронки в горло сосуда.

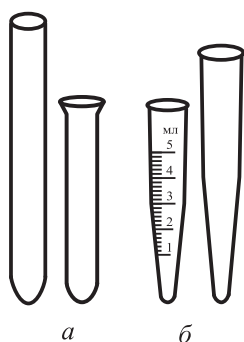


Рис. 2. Пробирки:

а – простые, б – центрифужные

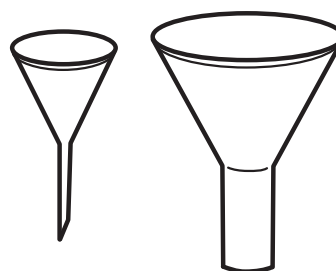


Рис. 3. Воронки

При переливании жидкости в бутылку или колбу нельзя наполнять воронку до краев. Если воронка плотно прилегает к горлу сосуда, в который переливают жидкость, то переливание затрудняется, так как внутри сосуда создается повышенное давление, поэтому воронку время от времени следует приподнимать или поместить на горло сосуда проволочный треугольник.

Кроме переливания жидкостей воронки используют для фильтрования, укладывая на них специальные фильтры, при этом твердые нерастворимые вещества, содержащиеся в жидкости, задерживаются, а жидкость проходит через поры фильтра.

В качестве фильтра в лабораториях используют фильтровальную бумагу, вату, асбест и др. Различают зольные и беззольные бумажные фильтры. Вес золы указан на каждой пачке фильтров. Если в указанном на пачке числе, обозначающем вес золы одного фильтра, после запятой стоит четыре нуля, то такая бумага считается беззольной, если же после запятой стоит только три нуля, то это зольная бумага.

Фильтровальная бумага бывает трех сортов: быстрофильтрующая (Б), среднефильтрующая (С) и медленнофильтрующая (М). Быстрофильтрующие фильтры имеют диаметр пор 1–2,5 мк (фильтры синяя лента). Медленнофильтрующие фильтры имеют диаметр пор около 10 мк (фильтры розовая и черная лента). Среднефильтрующие фильтры с диаметром пор около 3,5 мк называют белой лентой.

Для фильтрования используют простые и складчатые бумажные фильтры. Для изготовления простого фильтра необходимо свернуть его вчетверо. Фильтр должен примерно на 0,5 см не доходить до края воронки.

Если нет круглых фильтров, их вырезают из листа фильтровальной бумаги. Сначала вырезают квадрат, сторона которого примерно на 1 см меньше удвоенной длины, образующей конус воронки (рис. 4). Затем бумагу складывают вчетверо и обрезают концы квадрата с таким расчетом, чтобы в развернутом виде получился круг. Полученный сектор расправляют так, чтобы одна половина его состояла из трех слоев бумаги, другая – из одного слоя, и вставляют в сухую воронку. Фильтр должен плотно прилегать к стенкам воронки.

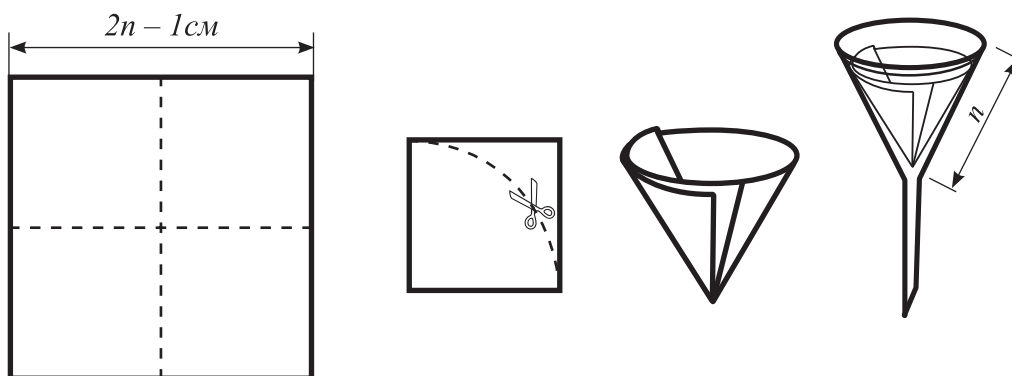


Рис. 4. Складывание простого фильтра

Изготовление складчатых фильтров показано на рисунке 5.

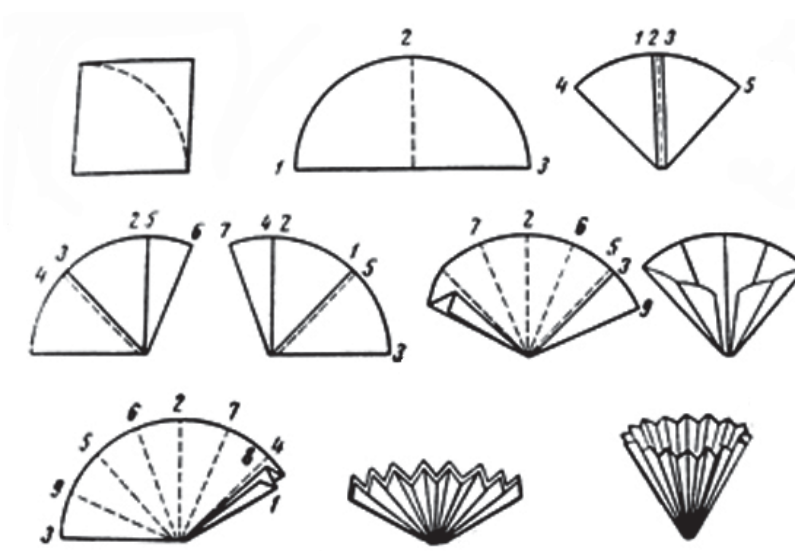


Рис. 5. Изготовление складчатых фильтров

Складчатые фильтры применяют для ускорения фильтрования, когда необходимо отделить жидкость от нерастворимых твердых частиц.

Для промывания различных осадков применяют простой фильтр, который хотя и медленно фильтрует, но лучше отделяет жидкие и твердые частицы.

Чтобы получить прозрачный фильтрат, нужно забить поры фильтра. Для этого перед фильтрованием жидкость с осадком взбалтывают и сразу же фильтруют, стараясь перенести как можно больше осадка. Если фильтрат все же получается мутным, его вновь пропускают через этот же фильтр.

На скорость фильтрования оказывают влияние величина пор фильтра, размер твердых частиц, находящихся в жидкости, а также вязкость раствора. Если размер твердых частиц превышает размер пор фильтра, фильтрование идет легко. Если размер частиц приближается к размеру пор фильтра, фильтрование идет медленно и, если твердые частицы мельче пор фильтра – фильтрование невозможно. При повышении температуры вязкость жидкостей уменьшается и ускоряется фильтрование.

Химические стаканы (рис. 6) представляют собой тонкостенные цилиндрические сосуды, которые бывают с носиками и без них. Нагревать стаканы из обычного стекла на открытом пламени нельзя. Нагревание необходимо проводить через асбестовую сетку или на водяной бане.

Плоскодонные колбы (рис. 7) бывают различной емкости от 50 мл до нескольких литров. Плоскодонные колбы делятся на круглые и конические (Эрленмейера). При титровании, фильтровании и прочих работах пользуются коническими колбами.

Кристаллизаторы – это плоскодонные сосуды цилиндрической формы различной емкости. Их используют при перекристаллизации веществ, а иногда при выпаривании.

Бюксы (рис. 8) – стеклянные стаканчики с шлифованными крышками. Применяют при высушивании и взвешивании веществ.



Рис. 6. Химический стакан

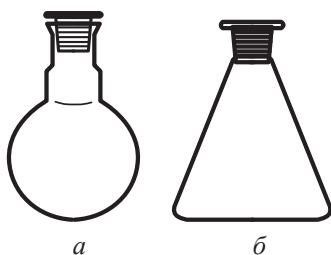


Рис. 7. Плоскодонные колбы:
а – круглая; б – коническая (Эрленмейера)

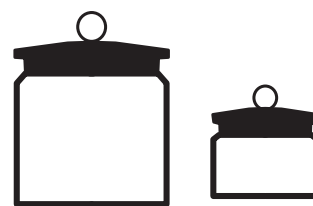


Рис. 8. Бюксы

Мерная посуда

Мерной посудой называют посуду, применяемую для измерения объема жидкости.

Мерные цилиндры, мензурки (рис. 9) – это стеклянные толстостенные сосуды различной емкости; на наружной стенке их нанесены деления, соответствующие объему жидкости в миллилитрах. Цилиндры имеют цилиндрическую форму, мензурки – коническую. Их используют для измерения процентных и насыщенных растворов.

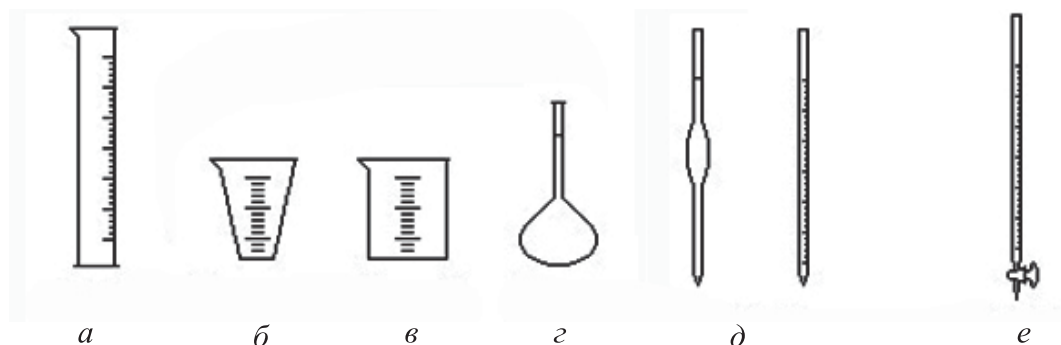


Рис. 9. Мерная посуда:
а – мерный цилиндр; б – мензурка; в – мерный стакан; г – мерная колба; д – пипетки; е – бюретка

Пипетки (рис. 9) служат для точного отмеривания определенного объема жидкости. Они бывают простые и градуированные. Простые пипетки (Мора) рассчитаны на определенный объем, указанный на их расширенной части. Круговая черта в верхней части пипетки служит меткой, от которой отсчитывают жидкость. На наружной стенке градуированных пипеток нанесены деления через 0,1; 0,01; или 0,02 мл. Пипеткой можно отмерить любой объем жидкости в пределах ее емкости. Чтобы наполнить пипетку, ее нижний конец опускают в жидкость, а через верхний с помощью резиновой груши затягивают жидкость на 2-3 см выше метки и быстро закрывают верхнее отверстие указательным пальцем. Наполненную пипетку приподнимают так, чтобы метка была на уровне глаз. Ослабляя нажим указательного пальца, дают жидкости стечь до метки и снова прижимают палец. Пипетку с раствором вводят в нужный сосуд, прислоняя ее нижний конец к стенке сосуда, отпускают палец и дают жидкости стечь.

Мерные колбы (рис. 9) представляют собой обычные плоскодонные колбы с длинным узким горлышком с круговой меткой, до которой следует наливать жидкость. На колбе указывается ее емкость в миллилитрах при определенной температуре. Мерные колбы применяют с притертыми стеклянными пробками и без них. При отсутствии стеклянных пробок используют резиновые пробки. Когда приготавливаемый точный раствор может оказывать химическое действие на резину, то резиновую пробку нужно обернуть полиэтиленовой пленкой или применять пробки из полиэтилена и полипропилена.

Мерные колбы служат для растворения навески вещества в определенном объеме, разбавления растворов до определенного объема и т.д.

Для заполнения мерной колбы раствором его сначала наливают на 0,1–1 см ниже метки, а затем осторожно, по каплям, доливают до метки. При растворении твердых веществ растворитель заливают до половины объема. Встряхивают колбу, растворяют содержимое, после чего доливают ее до метки. При перемешивании раствора колбу держат пальцами за горлышко, придерживая пробку указательным пальцем. Недопустимо держать мерную колбу за основание, так как это вызывает нагревание колбы с жидкостью и изменение объема содержимого.

Бюретки (рис. 10) применяют для точного измерения объемов жидкости при титровании. На внешней стенке бюретки нанесены деления, соответствующие миллилитрам и их долям. Они бывают с притертыми кранами и без них. Суженный конец бюретки без крана соединяют при помощи мягкой резиновой трубки с небольшой стеклянной трубкой с оттянутым концом. На резиновую трубку надевают зажим Мора или же внутрь ее закладывают стеклянную бусинку.

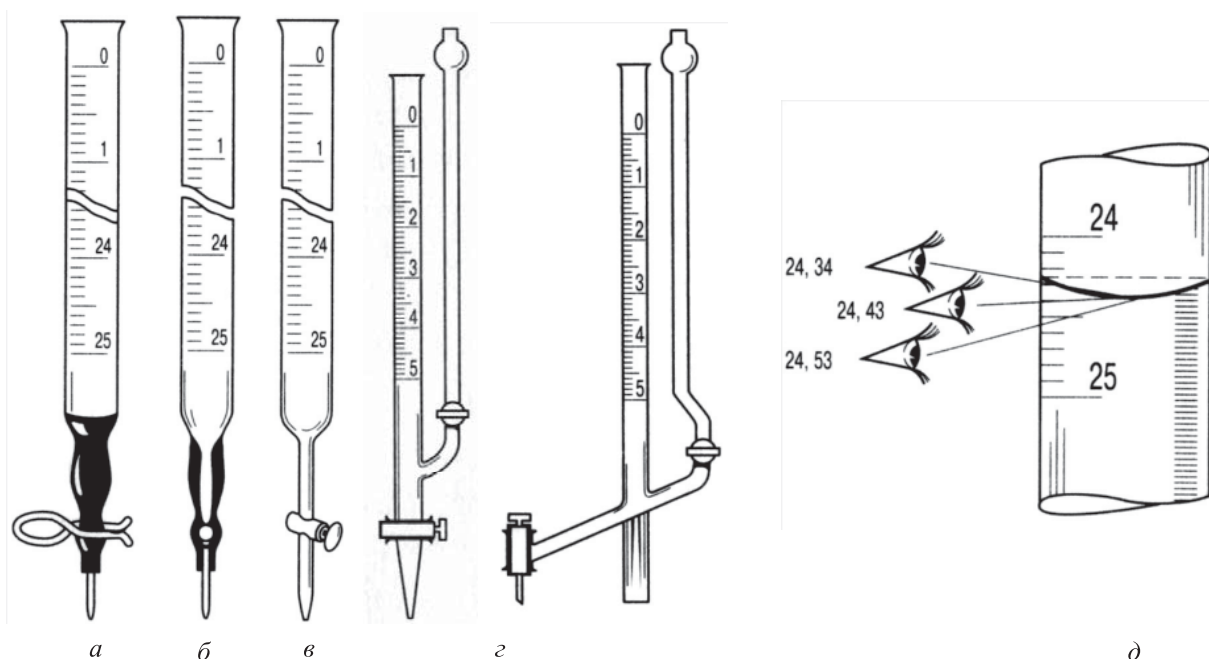


Рис. 10. Виды бюреток:

а – с зажимом Мора; б – со стеклянным затвором-шариком, в – со стеклянным краном; г – микробюретки; д – отсчет по бюретке при различном положении глаза наблюдателя

Бюретки при титровании устанавливают в штатив в вертикальном положении. Бюретки заполняют раствором через воронку с коротким концом, чтобы он не доходил до нулевого деления бюретки. Затем открывают кран или зажим, чтобы заполнить жидкостью часть бюретки, расположенную ниже крана или зажима. Это необходимо сделать тщательно, чтобы не осталось пузырьков воздуха в нижней части бюретки. Бюретку устанавливают на нуль только после того, как из нее будут удалены все пузырьки воздуха. Каждое титрование следует начинать только после заполнения бюретки до нуля. Уровень жидкости прозрачных растворов устанавливают по нижнему мениску, а непрозрачных – по верхнему. При отсчете по бюретке глаза наблюдателя должны находиться точно в одной плоскости с уровнем жидкости.

Посуда специального назначения

Эксикатор (рис. 11) применяют при охлаждении бюксов, стаканчиков, тиглей, а также для сохранения веществ в обезвоженном состоянии. Это толстостенный стеклянный сосуд, имеющий пришлифованную крышку. В коническую часть его помещают поглотитель (прокаленный хлористый калий, фосфорный ангидрид, серную кислоту). На фарфоровом вкладыше, вставленном в эксикатор, размещают тигли, чашечки и др. При открывании и закрывании эксикатора крышку не поднимают, а сдвигают в сторону. Раскаленные тигли охлаждают на листе асбеста 1–2 мин и только потом помещают в эксикатор, оставив щель для выхода горячего воздуха; через 2–3 мин его плотно закрывают. Перед установкой в эксикатор тигли закрывают крышками.



Рис. 11. Эксикатор

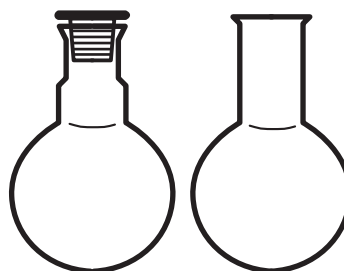


Рис. 12. Круглодонные колбы

Круглодонные колбы (рис. 12) изготавливают из обыкновенного и из специального стекла, применяют при многих работах. Круглодонные колбы бывают самой разнообразной емкости, с узким и широким горлом, со шлифом на горле и без него. При нагревании таких колб на открытом пламени применяют асбестовые сетки с полушаровидным углублением. Круглодонные колбы обычно хранят в деревянных подставках с углублением.

Фарфоровая посуда. Фарфоровая посуда не боится сильного нагревания, ее можно прокалывать в муфельной печи, нагревать на открытом пламени, она прочнее стеклянной.

Стаканы и кружки (рис. 13) применяются для растворения, перемешивания и нагревания жидкостей до температуры 300 °С.

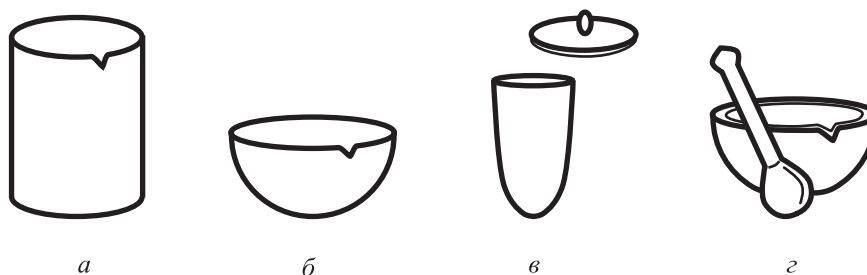


Рис. 13. Фарфоровая посуда:
а) – стакан, б) – выпарительная чашка, в) – тигель, г) – ступка с пестиком

Выпарительные чашки (рис. 13) применяются для выпаривания и упаривания жидкостей. Они бывают самых разнообразных емкостей с диаметром от 3-4 до 50 см. Их внутренняя поверхность покрыта глазурью и они имеют носик для слива жидкости. Чашки нумеруют простым карандашом на внешней неглазурованной поверхности.

Тигли (рис. 13) используют для прокаливания различных веществ, сжигания органических соединений при определении зольности и т.д. Емкость тиглей от 2 до 126 мл.

Нагревание тиглей проводят прямо на открытом пламени без применения асбестовых сеток или бань. Фарфоровые тигли можно нагревать до температуры не выше 1200 °С в муфельной печи. Тигли, только что вынутые из муфельной печи, ставят на керамическую или каменную поверхность стола или вытяжного шкафа. После непродолжительного охлаждения на воздухе тигли ставят в эксикатор для полного охлаждения.

Ступки с пестиками (рис. 13) служат для измельчения и растирания различных веществ. Их изготавливают разных размеров. Вещество, подлежащее размельчению, насыпают с таким расчетом, чтобы ступка была заполнена не больше, чем на 1/3 ее объема.

Если в ступке приходится растворять какое-то твердое вещество или измельчать растительный материал, то в этом случае общее количество жидкости и твердого вещества не должно занимать больше 1/3 емкости ступки.

Вначале в ступку помещают твердое вещество, а затем к нему постепенно, небольшими порциями, при постоянном растирании пестиком добавляют жидкость. Часть жидкости, не менее 1/3, которая нужна для растворения, необходимо оставить для того, чтобы после окончания растворения сполоснуть ступку и пестик, добавив затем эту жидкость к полученному раствору.

Ложки-шпатели используют для набирания веществ при взвешивании, снятия осадков с фильтров, перемешивания и т.д.

Металлическая посуда. Для некоторых аналитических работ используют металлические тигли, чашки, ступки. Они бывают железные, чугунные, медные, серебряные, платиновые и др.

Наиболее часто в лаборатории пользуются алюминиевыми стаканчиками с крышками (рис. 14). В них высушивают и взвешивают различные материалы. Стаканчик и крышка к нему пронумерованы.

Лабораторное оборудование. Штатив служит для закрепления приборов (рис. 15). Он состоит из стержня, укрепленного на чугунной подставке. К штативу прилагается набор лапок, колец и муфт. Передвигая муфту и поворачивая лапку, можно закрепить прибор на различной высоте и под любым углом.



Рис. 14. Алюминиевый стаканчик с крышкой



Рис. 15. Штатив

Зажимы применяют в том случае, если необходимо зажать резиновые трубки. При титровании очень удобен зажим Мора.

Тигельные щипцы служат для захвата и переноса тиглей, бюксов, стаканчиков.

Асбестовые сетки представляют собой железные или медные сетки, середина которых заполнена асбестом. Применяются они для равномерного нагревания стаканов, колб и пр.

Пинцеты служат для взятия небольших предметов.

Держатели для пробирок бывают металлические и деревянные. Держатели используются при нагревании пробирок. Металлические держатели применяют в лабораториях для работы со стаканами и фарфоровыми чашками.

2.3. Приготовление растворов

В аналитических целях часто используют растворы веществ различной концентрации, обычно приготовленные на дистиллированной воде.

Концентрацией раствора называется количество растворенного вещества, содержащегося в определенном количестве раствора. Растворы с большой концентрацией вещества называются **концентрированными**, с малой – **разбавленными**. По точности выражения концентрации они делятся на приблизительные и точные.

При растворении твердых веществ может быть достигнут такой момент, когда новые порции вещества в данных условиях больше не растворяются. Такие растворы называются насыщенными.

Приблизительные растворы. Концентрацию приблизительных растворов выражают в весовых и объемных процентах. Весовые проценты показывают, сколько граммов растворенного вещества содержится в 100 г раствора. При приготовлении такого раствора за 100 % принимается суммарный вес в граммах растворителя и растворенного вещества. Например, для приготовления 10 % раствора NaCl отвешивают 10 г поваренной соли и 90 г воды.

Растворы твердых реактивов обычно готовят в объемных процентах, которые показывают, сколько граммов вещества содержится в 100 мл раствора. При приготовлении такого раствора за 100 % принимается весь объем с содержащейся в нем навеской растворенного вещества. Так, для приготовления 10 % раствора NaCl отвешивают 10 г поваренной соли, растворяют ее в воде и доводят объем до 100 мл.

Если при приготовлении процентного раствора берется соль, имеющая кристаллизационную воду, а концентрацию нужно иметь в расчете на безводную соль, то делают дополнительные расчеты для вычисления навески растворяемого вещества. Например, необходимо приготовить 100 мл 10 % раствора BaCl₂. Находим молекулярный вес водной и безводной солей: BaCl₂*2H₂O – 244,306 г, BaCl₂ – 208,274 г. Составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 244,306 \text{ г} - 208,274 \text{ г} \\ X - 10 \text{ г}, \end{array}$$

откуда

$$X = \frac{244,306 \times 10}{208,274} = 11,730 \text{ г.}$$

Значит, для приготовления 10 % раствора BaCl₂ надо взять 11,73 г BaCl₂*2H₂O, растворить в воде и довести объем до 100 мл.

Растворы, приготовленные не из химически чистых солей, необходимо профильтровать. При этом навеску реактива растворяют в небольшом объеме воды в химическом стакане и профильтровывают через складчатый фильтр. Фильтрат собирают в мерную колбу, доводят до метки водой и перемешивают. Иногда для ускорения растворения раствор перед фильтрованием подогревают. В этом случае доводить объем раствора до метки можно лишь после того, как он остынет (20 °С).

При приготовлении процентных (объемных) растворов из более концентрированных поступают следующим образом. Например, из 25 % раствора соляной кислоты, имеющейся в лаборатории, нужно приготовить 2 %. Для этого отмеривают пипеткой 2 мл 25 % раствора HCl и доливают дистиллированную воду до 25 мл. Если необходимо приготовить не 25 мл 2 % раствора, а больше, то соответственно увеличивают и количество миллилитров исходной кислоты. Так, чтобы из 25 % HCl получить 100 мл 2 % соляной кислоты, следует взять 8 мл 25 % соляной кислоты и довести объем раствора до 100 мл.

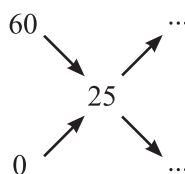


Внимание! При приготовлении растворов из концентрированных минеральных кислот нужно приливать кислоту в воду, а не наоборот. При этом колбу надо на $2/3$ объема заполнить водой, и лишь потом осторожно при помешивании добавить кислоту. Несоблюдение этого правила может вызвать разбрызгивание кислоты и привести к сильному ожогу.

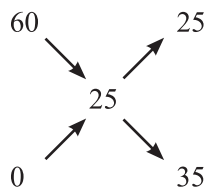
Для приготовления растворов некоторых кислот можно воспользоваться приложением 2, где указано, какой объем кислоты или водного аммиака требуется для приготовления 1 л разбавленного раствора необходимой концентрации.

Если при разбавлении или смешивании растворов не требуется особой точности, то при приготовлении разведенных растворов из более концентрированных пользуются правилом диагоналей или креста.

Например, надо приготовить 25 % раствор из 60 % раствора серной кислоты. Запись ведется в следующем порядке: в левом верхнем углу указывают концентрацию исходного раствора, в середине – концентрацию нужного раствора, в левом нижнем углу – концентрацию воды, т.е. 0.

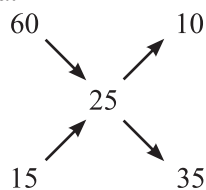


Из 60 вычитают 25, и результат записывают в правом нижнем углу; из 25 вычитают 0 и результат указывают в верхнем правом углу.



Это значит, что следует взять 25 объемов 60 % раствора серной кислоты и 35 объемов дистиллированной воды.

Пример. Необходимо приготовить 25 % раствор из двух растворов различной концентрации: 60 и 15 %. Запись и вычисление проводят по указанной выше схеме, только в левом нижнем углу записывают концентрацию слабого раствора.



Следовательно, для приготовления 25 % раствора необходимо взять 10 объемов 60 % и 35 объемов 15 % растворов.

Иногда приходится использовать растворы кислот и аммиака, разбавленные в отношении 1:1, 1:2, 1:5 и т.д. Первая цифра показывает объем концентрированных кислот или аммиака, вторая – объем воды, взятой для разбавления.

Точные растворы. При приготовлении точных растворов не допускается округление атомных весов, вещество взвешивают только на аналитических весах, в предварительно взвешенном часовом стекле или бюксе.

Из твердых реактивов точные растворы готовят следующим образом. В чисто вымытую мерную колбу помещают сухую воронку и небольшими порциями осторожно без потерь навеску пересыпают в колбу. Затем несколько раз споласкивают дистиллированной водой над воронкой бюкс или стекло, в котором взвешивали вещество. Воронку также несколько раз обмывают из промывалки дистиллированной водой, доводя объем раствора до половины емкости колбы. Закрыв колбу пробкой, раствор перемешивают до полного растворения твердого вещества. После этого раствор доводят до метки дистиллированной водой и вновь тщательно перемешивают.

Концентрации точных растворов выражаются молярностью, нормальностью, титром по определяемому веществу.

Массовая доля растворенного вещества (ω), показывает число граммов вещества, содержащегося в 100 г раствора.

Молярная концентрация или молярность (c), показывает число молей растворенного вещества, содержащихся в 1 л раствора.

Нормальная концентрация, или нормальность (n), показывает число эквивалентов растворенного вещества, содержащихся в 1 дм³ раствора.

Титром называется содержание вещества в граммах в 1 мл раствора. Растворы, титр которых известен, называются титрованными. Титрованные растворы являются основными рабочими растворами при аналитическом определении вещества объемными методами. Концентрацию титрованных растворов выражают числом грамм-эквивалентов растворенного вещества, содержащегося в литре раствора, т.е. нормальностью.

Пример. Получена смесь из 18 г H₃PO₄ и 282 мл воды, плотность полученного раствора составила $\rho = 1,031$ г/см³.

Молекулярная масса M (H₃PO₄) = 97,99 г/моль.

Молекулярная масса эквивалента $M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M/3 = 97,99/3 = 32,66$ г/моль.

Масса полученного раствора ($m_{\text{р-ра}}$) = 18 + 282 = 300 г.

Масса 1 л раствора фосфорной кислоты составит $m = 1,031 \cdot 1000 = 1031$ г.

Масса кислоты в 1 л раствора составит (m) = $(1031 \cdot 18)/300 = 61,86$ г.

Молярность раствора (c) = $61,86/97,99 = 0,63$ моль/л.

Нормальность раствора (n) = $61,86/32,66 = 1,89$ моль/л.

Титр (T) = $61,86/1000 = 0,06186$ г/см³.

Для приготовления титрованных растворов различных веществ в зависимости от заданной нормальности отмеряют мерным цилиндром или пипеткой, или взвешивают на весах количество, указанное в приложении 3, и доводят объем раствора до 1 л.

Стандартные растворы точных концентраций готовят из фиксаналов. Фиксанал – запаянная ампула, содержащая точное количество вещества. Содержимое фиксанала переносят в мерную колбу на 1 л и доводят до метки.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие меры необходимо принять при попадании на кожу рук и лица концентрированной кислоты или щелочи?
2. Как правильно разводить концентрированную серную кислоту?
3. Как правильно определить запах вещества?
4. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при работе с бензином, эфиром и ацетоном?
5. Для каких целей в лабораторных работах используются пробирки?
6. Перечислите основные правила работы с пробирками.
7. Для чего используется мерная посуда?
8. На какие виды делятся фильтры и фильтровальная бумага, в чем их отличия?
9. Для каких целей используются простые и складчатые фильтры?
10. Зарисуйте схемы изготовления простого и складчатого фильтров.
11. От чего зависит скорость фильтрования?
12. Чем различаются простые и градуированные пипетки?
13. Какие правила необходимо соблюдать при работе с дозаторами?
14. Опишите последовательность работ с бюреткой.
15. Для чего в лабораторных работах используются мерные колбы?
16. Опишите технику работ с мерными колбами.
17. Перечислите лабораторную фарфоровую посуду и напишите, для чего каждая из них используется.

18. Что такое концентрация раствора, молярность, нормальность и титр?
19. Какие растворы называются насыщенными, концентрированными и разбавленными?
20. В каком соотношении следует смешать кислоты, содержащие 42 и 98 % H_2SO_4 , чтобы приготовить серную кислоту (H_2SO_4) концентрацией 92,5 %? (Ответ: 50,5 масс. ч. 98 % H_2SO_4 и 5,5 масс. ч. 42 % H_2SO_4).
21. Вычислите: а) массовую долю растворенного вещества (ω , %); б) нормальность (n); в) молярность (c); г) титр (T) раствора H_3PO_4 , полученного при растворении 18 г H_3PO_4 в 282 мл воды, если относительная плотность полученного раствора составляет 1,031 г/см³. (Ответ: $\omega = 6$ %, $n = 1,89$ моль/л, $c = 0,63$ моль/л, $T = 0,06186$ г/см³).
22. Из раствора сахара с массовой долей 15 % выпарили воду массой 60 г, в результате образовался раствор сахара с массовой долей 18 %. Определите массу исходного раствора сахара. (Ответ: 360 г).
23. К раствору серной кислоты ($\omega = 10$ %, $\rho = 1,07$ г/см³) объемом 300 мл прилили воду объемом 100 мл. Вычислите массовую долю и объем полученного раствора, если его плотность равна 1,05 г/см³. Сколько молей составляют 100 мл воды? (Ответ: $V = 401$ см³, $\omega_1 = 7,62$ %, $n(\text{H}_2\text{O}) = 5,56$ моль).
24. Определите массовую долю (ω , %) серной кислоты в 2 н растворе ($\rho = 1,065$ г/см³). (Ответ: 9,2 %).
25. Определите массовую долю (ω , %) растворенного вещества в растворах:

а) 6М HCl ($\rho = 1,100$ г/см ³);	б) 10 н H_2SO_4 ($\rho = 1,289$ г/см ³);
в) 15 н H_3PO_4 ($\rho = 1,289$ г/см ³).	(Ответ: а) 20 %; б) 38 %; в) 38 %).



ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОРФА

Физико-химический анализ торфа необходим в научно-исследовательской и практической работе для решения теоретических и практических вопросов в основном сельскохозяйственного направления. При использовании торфов знание их химических и физических свойств позволяет проводить агротехнические мероприятия, которые способствуют повышению их плодородия. На основе результатов химического анализа торфа составляется рецептура торфяной продукции для использования в сельском хозяйстве. Это различные торфяные грунты для теплиц, торфяные блоки, органические и органоминеральные удобрения.

В данной главе приведены наиболее распространенные методы физико-химического анализа торфов, необходимые для изучения их свойств и оценки обеспеченности их питательными веществами.

Отбор и подготовка образцов торфа к анализу

Одной из важнейших предпосылок получения достоверных результатов, реально отражающих химический состав торфов, является правильный отбор и подготовка проб к анализу. Неправильное взятие образцов приводит к искажению результатов анализа и неправильному заключению о качестве исследуемого материала.

К отбору проб предъявляются определенные требования. Основное из них – получение представительного среднего образца, в котором наиболее полно отражена неоднородность химического состава всей партии анализируемого материала.

Отбор проб для лабораторных исследований осуществляется с помощью специальных приспособлений (бур) или вручную, начиная от поверхности торфяной залежи до минерального дна в зависимости от цели исследования. Масса пробы свежееотобранного сырого торфа должна быть не менее 600 г, масса проб минерального грунта не менее 200 г.

Каждую пробу при отборе упаковывают последовательно в два полиэтиленовых пакета (один в другой), между пакетами вкладывают этикетку. На этикетку помещают информацию: название болота, административный район, пункт отбора, глубина отбора, номер образца, дата отбора и кто отбирал.

В лаборатории перед проведением анализов из полевого образца готовят среднюю пробу. Для этого полевые образцы торфа выкладывают на ровную поверхность, тщательно перемешивают без перетирания, разравнивают ровным слоем и делят крестообразно на девять примерно равных частей (рис. 16). Затем шпателем или ложкой отбирают равномерно из всех ее частей требуемое количество торфа из расчета:

- 15–29 г для определения влажности и зольности,
- 50–80 г для определения ботанического состава торфа,
- не менее 100 г – для определения степени разложения торфа.

Оставшуюся часть пробы помещают в полиэтиленовый пакет, плотно завязывают и убирают на хранение.

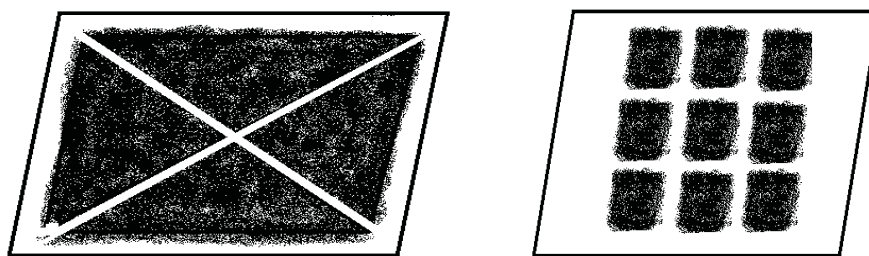


Рис. 16. Подготовка торфа к отбору средней пробы

Среднюю пробу (250–1000 г) торфа сушат на воздухе в хорошо проветриваемом помещении. Высушенный торф измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром в 1 мм.

Если для анализов берут навески влажного торфа, то результаты пересчитывают на сухое вещество (с.в.). Пример пересчета массы навески влажного торфа на с.в. приведен в лабораторной работе 3.3. «Определение зольности торфа».

Лабораторная работа 3.1. Определение степени разложения торфа

Разложение растительных остатков в торфах происходит с участием микроорганизмов. В этом процессе принимают участие различные группы: актиномицеты, плесневые и дрожжевые грибы, бактерии, а также многочисленные беспозвоночные. Количество микроорганизмов в верхних слоях торфа может достигать 1500 млн. клеток в 1 г сырого торфа. Все эти организмы аэробные, поэтому процесс разложения растительных остатков и образования торфа наиболее активно протекает в самом верхнем горизонте, где присутствует кислород. В более глубоких слоях процесс разложения замедляется, но не прекращается полностью, даже в глубоких слоях (6 м) идет анаэробное разложение.

Интенсивность разложения растительных остатков зависит от многих факторов: условий среды, активности микроорганизмов-деструкторов, устойчивости растительных остатков к разложению. Наиболее устойчивы к разложению сфагновые мхи, поэтому остатки их хорошо сохраняются в торфе. В тканях сфагновых мхов содержатся антисептики (фенолы), которые подавляют активность микроорганизмов. Мало устойчивы к разложению кустарнички. Полностью разлагаются надземные части осок, и в торфе сохраняются лишь их корешки. Почти полностью разлагаются лишайники.

Важен и химический состав растений-торфообразователей, а именно содержание в них протеинов, кальция, углеводов и др.

Под **степенью разложения торфа (R)** понимают процентное содержание в нем бесструктурной массы, заключающей в себе наряду с гуминовыми веществами также и мелкие частицы неразложившихся растительных остатков. В природных условиях степень разложения изменяется в пределах 1–70 %. Максимальная степень разложения встречается в древесных и древесно-травяных видах торфа, минимальная – в моховых.

По степени разложения торф делят на три группы:

- 1) **слаборазложившийся (менее 20 %)** – торф не продавливается между пальцами при сжатии в руке, после сжатия его поверхность шероховатая от остатков растений, вода отжимается в большом количестве, бесцветная или желтая;
- 2) **среднеразложившийся (20–30 %)** – торф почти не продавливается в руке, остатки растений заметны, воды отжимается немного, она коричневая или светло коричневая;
- 3) **сильноразложившийся (свыше 30 %)** – торф продавливается между пальцами, заметны лишь отдельные растительные остатки, вода темно-коричневого цвета, отжимается в небольшом количестве или не отжимается.

Для определения степени разложения существует несколько методов: макроскопический, микроскопический и метод центрифугирования.

Метод центрифугирования является наиболее точным и принят как основной метод определения степени разложения. Сущность метода заключается в неполном отделении коагулированного гумуса торфа от волокна ситовым анализом в водной среде, с формированием осадка центрифугированием и последующим определением степени разложения с помощью графика.

Макроскопический метод позволяет определить степень разложения в полевых условиях, и основан на глазомерной оценке торфа. Полевое определение служит лишь для ориентировочной оценки вида торфа. При макроскопическом глазомерном методе обычно используют таблицу признаков определения степени разложения И. Ф. Ларгина (табл. 1).

Цель работы: определить степень разложения торфа макроскопическим методом.

Ход работы:

В отобранном образце торфа определить наличие крупных и мелких растительных остатков, отметить окраску торфа и ее изменение на воздухе, отжать торф и оценить степень мутности отжатой воды, растереть торф между пальцами и определить его вязкость и жирность.

Полученные результаты записать, сравнить с признаками, приведенными в таблице 1, и определить степень разложения.

Таблица 1

Признаки определения степени разложения низинного и верхового торфа

Степень разложения, %	Сохранность растительных остатков и характер разложившейся части торфа	Цвет торфа, окраска отжимаемой воды и другие признаки
Признаки низинного торфа		
5-10	Спутанный войлок из корешков осок; характерно присутствие корешков осок второго порядка с ответвлениями более тонких корешков третьего порядка. Торф с преобладанием гипновых мхов, имеет бронзовый оттенок; хорошо различимы стебельки гипновых мхов с уцелевшими на них обрывками листьев. В сфагновом низинном торфе хорошо различимы коричневые стебли мхов.	Светло-серый, иногда желтый. Вода светлая или слегка мутная, отжимается легко. При растирании пальцы не пачкают. В отжатом торфе заметна упругость
15-20	Остатки осок и мхов хорошо различимы, но корешки осок более тонкие, чем при степени разложения 5-10 %.	Серый или серо-коричневый. Вода слегка мутная, отжимается легко.
25-30	Корешки осок явно различимы на изломе в темной массе торфа. Остатки мхов различимы при внимательном рассмотрении. Разложившаяся масса становится заметной между неразложившимися растительными остатками.	Темно-серо-коричневый. Вода мутная, светло-серая или коричневая с заметными взвешенными частицами.
35-40	Разложившаяся гумифицированная часть маскирует растительные остатки, из которых на глаз различимы тонкие корешки осок, кусочки древесины и коры и эпидермис корневищ травянистых растений (тростника, хвоща). Встречаются семена вахты.	Темно-серо-коричневый. Вода мутная, темно-серая или коричневая, отжимается с трудом каплями. При растирании начинает заметно пачкать пальцы. В отжатом торфе упругость не заметна.
45-50	Из растительных остатков на глаз различимы мелкие кусочки древесины и коры.	Землистый, иногда с коричневым оттенком. Вода темно-серая или коричневая, отжимается с усилием. При сжатии начинает продавливаться между пальцами.
Свыше 50	Встречающиеся кусочки древесины непрочные, в большинстве случаев они раздавливаются между пальцами.	Землисто-черный, иногда с коричневым оттенком, вода коричневая, отжимается с усилием каплями. При сжатии продавливается между пальцами.
Признаки верхового торфа		
5	Остатки мхов почти не изменены, листочки не оторваны от веточек, некоторые сфагнумы сохранили первоначальную окраску (желтоватую, розовую, бурю).	Светло-желтый, прозрачная светло-желтая вода отжимается непрерывной струей. Не дает ощущения жирного вязкого вещества, пальцы не пачкают, поверхность на изломе шероховатая. Отжатый торф пружинит, легко возвращается к первоначальному объему.
10	Остатки сфагновых мхов подверглись первоначальному распаду, выражающемуся в отделении веточек и листочков от стеблей; длина стебельков около 1 см или несколько более.	Желтый или светло-коричневый. Вода желтая, слегка мутная отжимается легко. Упругость в отжатом торфе заметная.
15	Остатки сфагновых мхов, корешков пушицы и корневищ шейхцерии хорошо различимы, заметны включения более разложившихся растений в виде потемневших комочков.	Темно-желтый или светло-коричневый. Вода слегка мутная, отжимается легко. Упругость в отжатом торфе заметная.
20	Остатки мхов приобретают сплошную бурю окраску, но слой одевающей их гумифицированной массы очень тонкий и тесно связан с неразложившейся частью волокна.	Светло-коричневый. Вода несколько светлее, чем торф, отжимается легко. Упругость слабая.
25	То же.	То же. При сильном растирании начинает слегка пачкать пальцы. Упругость слабая.
30	Растительные остатки иногда мелкие, но хорошо заметные. Встречаются обрывки (до 1 см) стебельков сфагновых мхов. Видны волокна и черные корешки пушицы, а также желтые корневища и пленки шейхцерии.	Коричневый. Вода мутная, отжимается каплями. Дает слабое ощущение жирного, вязкого вещества. Заметно пачкает пальцы. Упругость слабо заметная.
35	То же.	Темно-коричневый. Вода сильно мутная, отжимается отдельными каплями. Дает ясное ощущение вязкого вещества, пачкает пальцы.

Степень разложения, %	Сохранность растительных остатков и характер разложившейся части торфа	Цвет торфа, окраска отжимаемой воды и другие признаки
40	Остатки растений трудно различимы, на изломе видны волокна пушицы, и нередко встречаются кусочки древесины и коры. Разложившаяся масса обволакивает растительные остатки сплошным слоем и заполняет промежутки между ними.	Темно-коричневый. Вода сильно мутная, отжимается с усилием каплями. На ощупь жирное, маслянистое вещество.
45-50	Растительные остатки мало заметные. Разложившаяся масса одекает растительные остатки сплошным слоем и заполняет промежутки между ними.	Темно-коричневый. Вода сильно мутная, отжимается с усилием каплями. Сильно пачкает пальцы.
55	Вязкая, мажущая часть явно преобладает над растительными остатками, из которых бывают заметны волокна пушицы и мелкие кусочки древесины и коры сосны.	То же. Сильно пачкает руки, продавливается между пальцами.
60-65	Растительные остатки незаметны; встречающиеся кусочки древесины разрушаются при надавливании на них.	Темно-коричневый, иногда с пепельным оттенком. Вода отжимается с усилием, или совсем не отжимается. Сильно пачкает руки, продавливается между пальцами.
70-80	Вязкая, мажущая масса, растительные остатки незаметны.	То же. Вода совсем не отжимается.

Контрольные вопросы и задания

1. Почему сфагновые мхи наиболее устойчивы к разложению?
2. Перечислите растения, которые подвержены полному или частичному разложению.
3. Что такое степень разложения торфа?
4. Для каких торфов характерна максимальная и минимальная степень разложения?
5. На какие группы по степени разложения делятся торфа?
6. Перечертите в тетрадь таблицу 1.

Лабораторная работа 3.2. Определение влажности торфа

Водные свойства торфа, как и любой почвы, характеризуют следующие показатели: влажность, влагоёмкость, водопроницаемость и водоотдача.

Влажность (W) – количество воды, находящейся в данный момент в почве, выраженное в весовых или объёмных процентах.

Водопроницаемость – свойство почвы принимать и пропускать через себя воду; определяется коэффициентом фильтрации почвы (скорость движения грунтовой воды при градиенте, равном единице).

Влагоёмкость – способность почвы поглощать и удерживать максимальное количество воды, соответствующее в каждый момент времени воздействию на нее внешних сил. Это свойство зависит от состояния увлажненности, пористости, температуры торфа, концентрации и состава почвенных растворов, а также от других факторов и условий торфообразования.

Различают следующие виды влагоемкости:

- максимально-адсорбционная ($W_{мав}$);
- наименьшая, или полевая, влагоемкость ($W_{нев}$);
- капиллярная ($W_{кв}$);
- предельная полевая ($W_{пнев}$);
- полная ($W_{пв}$).

Содержание воды в торфе, соответствующее той или иной влагоемкости, выражают в процентах к весу сухого вещества или к объёму торфа.

В природных условиях с возрастанием влажности торфа проходят все стадии влагоемкости от максимально адсорбционной до наименьшей полевой, затем до капиллярной и, наконец, до предельной полевой влагоемкости, превысив которую капельно-жидкая вода под воздействием силы тяжести стекает, и торф достигает полной влагоемкости.

Полная влагоемкость – максимальное содержание воды, вмещающееся в торфе, равное объёму всех пор в нем. Полная влагоемкость – максимальная водовместимость торфа.

В полевых условиях содержание воды, соответствующее $W_{нев}$ возможно непосредственно над водонепроницаемыми горизонтами при подпоре грунтовых вод или избытке влаги, поступающей с поверхности. У торфов и перегнойных почв в результате перенасыщения водой и набухания

частицы могут быть несколько раздвинуты водой, поэтому водовместимость их может превышать пористость сухой минеральной почвы.

Максимальная адсорбционная влагоемкость – способность торфа удерживать вследствие молекулярного притяжения наибольшее количество воды. Вода, попадая под влияние поля молекул торфа, может адсорбироваться и прочно удерживаться частицами торфа. Эта влага недоступна растениям.

Наименьшая (полевая) влагоемкость – количество влаги, которое способен удержать торф в полевых условиях при промачивании его сверху и после стекания свободной (гравитационной) воды.

Капиллярная влагоемкость – способность торфа удерживать в порах и капиллярах максимальное количество влаги. Эта влагоемкость занимает промежуточное положение между предельной полевой и наименьшей влагоемкостью. Капиллярная влагоемкость – величина переменная, зависящая от мощности торфяного слоя, его свойств, глубины залегания грунтовых вод и поверхностного увлажнения.

В минеральных почвах $W_{кв}$ может достигать 25–50 %, в торфяных $W_{кв} = 400–2500$ % на сухое вещество.

Предельная полевая влагоемкость – способность торфа удерживать в себе максимальное количество подперто-подвешенной воды в относительно равновесном состоянии. Такое состояние увлажнения торфов наблюдается в природных условиях в капиллярной кайме непосредственно над грунтовыми водами или возникает после обильного увлажнения, например, при таянии снегового покрова или после сильнейших дождей.

Величина предельной полевой влагоемкости зависит от механического состава почвы. $W_{пв}$ может достигать следующих значений в различных почвах: в песчаных – 7–9 %, песчано-пылевых – 12–16 %, легкосуглинистых – 13–18 %, средне- и тяжелосуглинистых – 21–23 %, глинистых – 27 % веса сухой почвы. В торфяных и торфянистых почвах значение $W_{пв}$ значительно больше и в среднем составляет 83 % от $W_{пв}$.

Сущность метода определения влажности торфа заключается в высушивании торфа при температуре 105–110 °С и вычислении потери массы торфа.

Цель работы: определить влажность торфа термостатно-весовым методом.

Оборудование и реактивы:

1. Шкаф сушильный с устойчивой температурой нагрева до 200 °С, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г, эксикатор с гранулированным хлористым кальцием.
2. Бюксы алюминиевые, шпатели, щипцы или пинцеты.

Ход работы:

Навеска торфа массой $5,00 \pm 0,01$ г помещается в предварительно высушенные при температуре 105–110 °С и взвешенные бюксы с крышками. Определяют вес бюкса с торфом.

Каждый бюкс с торфом ставят на свою крышку и в открытом виде помещают в сушильный шкаф, где образцы выдерживают при температуре 105–110 °С в течение 2,5–4 часов. Нужно следить, чтобы температура не поднималась выше 110 °С. По истечении времени, бюксы вынимают из шкафа, закрывают крышками, оставляют на воздухе 2–3 мин., затем помещают в эксикатор, где охлаждают до комнатной температуры и определяют массу. Затем повторно подсушивают в течение 30 мин., охлаждают и снова определяют массу. Если потеря массы не превышает 0,01 г, испытание заканчивают. При потере массы более 0,01 г производят контрольное подсушивание в течение 30 мин. Торф в бюксах следует сушить до постоянной массы с точностью до 0,01 г, или до тех пор, пока масса не увеличится.

Полученные результаты заносят в итоговую таблицу (приложение 4).

Влажность (W) в % вычисляют по формуле:

$$W = \frac{M_{вв} - M_{сух}}{M_{вв}} \times 100, \quad (1)$$

где $M_{вв}$ – масса влажного вещества, г; $M_{сух}$ – масса сухого вещества, г.

Вычисление результатов производят до второго десятичного знака, окончательные результаты округляют до первого десятичного знака. За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений в пределах допустимых расхождений. Допускаемые

расхождения результатов определения влаги по одной лабораторной или аналитической пробе от 0,2 до 1,0 % при $P = 0,9$.

В лабораторных исследованиях для дальнейших подсчетов часто применяется коэффициент пересчета на сухое вещество (K_w), который вычисляется по формуле:

$$K_w = \frac{100}{100 - W}, \quad (2)$$

где W – влажность, %.

Пример: Для определения влажности была взята навеска влажного торфа массой 60,5 г. После сушки масса сухой навески составила 2,6 г.

Таким образом, влажность торфа (W) в % составила:

$$W = \frac{60,5 - 2,6}{60,5} \times 100 = 95,7 \text{ \%}.$$

Коэффициент пересчета на сухое вещество равен:

$$K_w = \frac{100}{100 - 95,7} = 23,2.$$

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определения понятиям влажность, водопроницаемость, влагоемкость.
2. Перечислите и дайте характеристику основным видам влагоемкости.
3. Какая форма воды в торфе недоступна растениям?
4. От каких факторов зависит величина капиллярной влагоемкости?
5. Как изменяется величина предельной полевой влагоемкости в различных типах почв?
6. В чем заключается сущность метода определения влажности торфа?

Лабораторная работа 3.3. Определение зольности торфа

Зольность торфа (A) – отношение массы минеральной части торфа, оставшейся после прокаливания, к массе сухого торфа.

Зола в торфе делится на первичную (конституционную) и вторичную (наносную). В первом случае источником поступления зольных элементов в торфе являются растения, во втором – пыль, грунтовые и поверхностные воды.

Зольность – один из основных показателей, определяющий пригодность торфа для различных направлений использования. Торфа по зольности делятся на малозольные ($A < 5 \text{ \%}$), средnezольные ($A = 5\text{--}10 \text{ \%}$) и высокозольные ($A > 10 \text{ \%}$).

Торфяные месторождения верхового типа, в отличие от низинных, развиваются в условиях бедного минерального питания и имеют невысокую зольность. Средняя величина зольности для них составляет около 3 %. Верхней границей зольности нормальнозольного торфа считается 12 %.

Потерей при прокаливании (ППП) называют убыль в весе при нагревании торфа до 900 °С. При прокаливании торф теряет адсорбированную или химически связанную воду, гумус, CO_2 карбонатов, адсорбированные газы и частично хлориды. Величиной потери пользуются для вычисления общего содержания минеральных веществ в торфах, для вычисления содержания химически связанной воды, и для пересчета содержания элементов питания минеральной части торфов на прокаленную навеску.

Сущность метода определения зольности торфа заключается в сжигании навесок торфа в муфельной печи и прокаливании зольного остатка в тиглях при температуре $800 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Цель работы: определить зольность торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Печь муфельная, с устойчивой температурой нагрева 800 ± 25 °С, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г, эксикатор с гранулированным или плавленым хлористым кальцием.
2. Тигли фарфоровые низкие № 3, 5, 6, шпатели, щипцы тигельные, ложка для отбора навесок.

Ход работы:

Навески торфа, массой 6–8 г в пересчете на сухое вещество, помещают в предварительно прокаленные, охлажденные и взвешенные на аналитических весах, фарфоровые тигли. Торф должен занимать не более 2/3 объема тигля.

Тигли с торфом помещают в холодную муфельную печь, прокаливают в течение 2 часов при температуре 800 °С. Затем вынимают, охлаждают сначала на воздухе в течение 5 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают. Для контроля тигли с зольным остатком прокаливают еще раз в течение 40 мин (время прокаливания можно увеличить до 1,5 ч) при температуре 800 °С. После охлаждения и взвешивания определяют изменение массы. Если изменение массы в сторону уменьшения или увеличения будет менее 0,005 г, то испытание заканчивают и для расчета принимают последнюю массу. При уменьшении массы более чем на 0,005 г тигли с зольным остатком дополнительно прокаливают в течение 40 мин до тех пор, пока разность в массе при двух последовательных взвешиваниях будет менее 0,005 г.

Зольность лабораторной пробы торфа (A) вычисляют по формуле:

$$A = \frac{M_1 \times 100}{M}, \quad (3)$$

где M – масса навески исследуемого торфа, г; M_1 – масса зольного остатка, г.

Величину потери при прокаливании выражают в % от высушенной навески и вычисляют по формуле:

$$ППП (\%) = \frac{m_1 \times 100}{m} \times \frac{100 + W}{100} - W = \frac{m_1 \times (100 + W)}{m} - W, \quad (4)$$

где m_1 – масса летучих компонентов, удаленных из торфа при прокаливании, г; m – навеска воздушно – сухого торфа, г; W – массовая доля гигроскопической влаги, %.

Массу летучих компонентов (m_1) вычисляют по формуле:

$$m_1 = M - M_1. \quad (5)$$

Вычисление результатов производят до второго десятичного знака, окончательные результаты округляют до первого десятичного знака. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений в пределах допускаемых расхождений. Допускаемые расхождения результатов двух параллельных определений не должны превышать значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2
Допускаемые расхождения между результатами испытаний определения зольности проводимых в одной лаборатории

Зольность	Допускаемые расхождения
До 8,0	0,3 – 0,2
От 8,0 до 20,0	0,5 – 0,3
Более 20,0	1,0 – 0,5

Пример 1. Необходимо рассчитать массу навески для определения зольности низинного торфа, если в наличии имеется образец с влажностью 53,84 %. Согласно методике, для анализа необходимо взять навеску массой 6 г в пересчете на сухое вещество.

Влажность (W) показывает количество воды находящееся в данный момент в навеске торфа, выраженное в весовых процентах. Если $W = 53,84$ %, то в 100 г торфа содержится 53,84 г воды и $100 - 53,84 = 46,16$ г сухого торфа.

Составляем пропорцию:

100 г влажного торфа содержит 46,16 г сухого торфа.
Тогда X влажного торфа будет соответствовать 6 г сухого торфа.

Следовательно:

$$X = \frac{6 \times 100}{46,16} = 12,99.$$

Таким образом, для анализа необходимо взять 12,99 г влажного торфа.

Пример: Масса навески торфа до прокаливания составляла 12,990 г, после прокаливания масса навески составила 1,1364 г. Следовательно, зольность лабораторной пробы торфа (A) будет составлять:

$$A = \frac{1,1364 \times 100}{12,990} = 8,75\%.$$

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определения понятиям зольность, первичная зола, вторичная зола.
2. На какие группы по зольности делятся торфа?
3. Какие торфа считаются нормальнозольными?
4. Какова средняя величина зольности для торфов верхового типа, чем она объясняется?

Лабораторная работа 3.4. Определение обменной и активной кислотности торфа

Кислотность является одной из основных агрохимических характеристик. Почвенная кислотность вызывается ионами водорода. В зависимости от того, в каком состоянии находятся в торфяной почве H^+ -ионы, различают активную (актуальную) и обменную (потенциальную) формы кислотности (рис. 17).

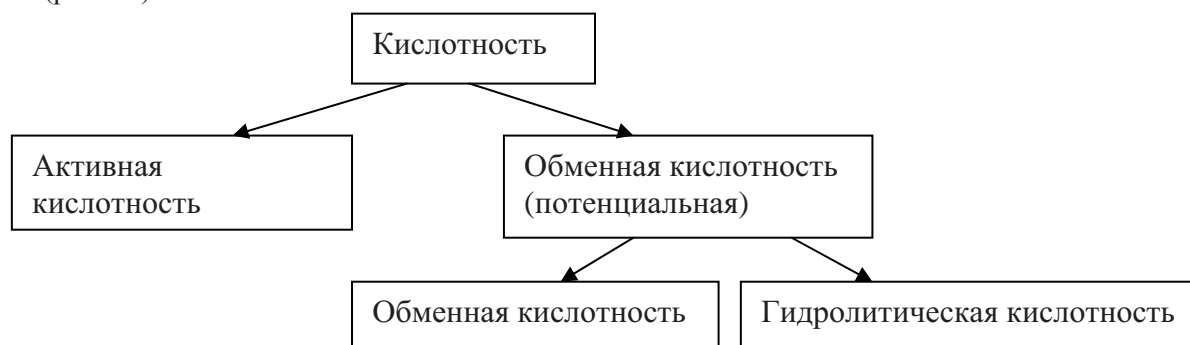
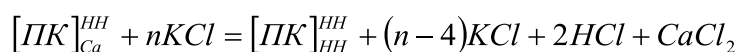


Рис. 17. Виды кислотности

Активная кислотность связана с наличием ионов водорода в почвенном растворе. Она обусловлена присутствием в нем главным образом углекислоты, кислых и гидролитически кислых солей, а также органических кислот, образующихся при разложении органического вещества. Активная кислотность оказывает на растения непосредственное влияние, воздействует на ткани корней и на обмен веществ между растениями и почвой. Активная кислотность определяется в водных вытяжках.

Потенциальную кислотность можно разделить на обменную и гидролитическую. Обменная кислотность обуславливается наличием в поглощающем комплексе способных к обмену ионов водорода и алюминия. При взаимодействии какой-либо нейтральной соли с торфом, содержащим обменные ионы водорода, в результате их вытеснения из поглощающего комплекса (ПК) катионом обрабатываемой соли образуется свободная кислота по схеме:



Обменная кислотность может отрицательно влиять на рост растений в связи с подкислением почвенного раствора. Подкисление может наблюдаться при внесении в почву калийных удобрений, имеющих физиологически кислую реакцию.

Кислотность принято оценивать через концентрацию ионов водорода C_{H^+} или их активность a_{H^+} в 1 л раствора. Однако в связи с тем, что активность и концентрацию ионов водорода характеризовать затруднительно, принято обозначать кислотность показателем $pH = -\lg c_{H^+}$. В нейтральной среде при $C_{H^+} = C_{OH^-}$ концентрация ионов водорода равна 10^{-7} г-ион на 1 л, т.е. $pH = 7$, в кислой – $pH < 7$, в щелочной – $pH > 7$. По степени кислотности все виды почв можно разделить на шесть основных групп:

- сильнокислые – $pH = 2,5-3,5$;
- среднекислые – $pH = 3,5-4,5$;
- слабокислые – $pH = 4,5-5,5$;
- нейтральные или близкие к нейтральным – $pH = 5,5-7,0$;
- слабощелочные – $pH = 7,0-7,5$;
- щелочные – $pH > 7,5$.

Сельскохозяйственные растения предъявляют разные требования к реакциям торфяных почв. Наиболее благоприятной является слабокислая или слабощелочная среда. Отрицательно сказываются на развитии растений сильнокислая и особенно сильнощелочная реакции среды. Для снижения кислотности или щелочности проводят соответственно известкование или гипсование торфа.

Показатель обменной кислотности pH (KCl) торфа находится в пределах 2,6-7,4 (табл. 3). Обменная кислотность зависит от состава минеральной части торфа. Значительное изменение кислотности может быть следствием повышенного содержания таких компонентов минеральной части торфа, как кальций, железо, сера, алюминий. Основным же регулятором кислотности торфа является кальций. По мере нарастания насыщенности торфа кальцием уменьшается его кислотность (возрастает pH). Так, при увеличении содержания кальция до 1,5 % показатель кислотности pH возрастает от 3,2–3,4 до 4,4. При содержании кальция от 2 до 5 % pH находится в пределах 4,8–5,8 и при содержании CaO выше 5,8 % обменная кислотность достигает значений $pH = 6,2-7,4$.

Таблица 3

Обменная кислотность разных типов торфа

Тип торфа	Предельные значения показателя pH (KCl)	Средние значения показателя pH (KCl)
Верховой	2,6 – 5,8	3,3
Переходный	2,8 – 5,9	4,1
Низинный	2,8 – 7,4	5,1

Потенциометрический метод определения кислотности основан на регистрации величины электродных потенциалов. Применяют водородный, хингидронный и стеклянный электроды. Наиболее часто при измерении pH используют стеклянный электрод в паре с электродом сравнения – каломельным. С помощью потенциометра измеряют электродвижущую силу (ЭДС).

Для измерения величины pH используется система со стеклянным и вспомогательным электродами. Стеклянный электрод, ЭДС которого зависит от активности ионов водорода в растворе, представляет собой трубку с напаянным на конус полым шариком из литиевого электродного стекла. При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях стекла замещаются ионами водорода. При этом возникает разность потенциалов E , величина которой определяется активностью ионов водорода в растворе. Для создания электрической цепи применяются контактные электроды: внутренний контактный электрод, осуществляющий электрический контакт с раствором, заполняющим внутреннюю часть стеклянного электрода и внешний контактный электрод.

Внешний контактный электрод носит название вспомогательного, он осуществляет электрический контакт с контролируемым раствором. Вспомогательный электрод помещен вне контролируемого раствора и соединяется с ним при помощи электролитического ключа и пористой перегородки. Раствор хлористого калия непрерывно просачивается через пористую перегородку, предотвращая проникновение ионов из контролируемого раствора в систему вспомогательного электрода.

Величину рН исследуемого раствора определяют, измеряя ЭДС электродной системы с помощью электронного милливольтметра, шкала которого градуирована в единицах рН.

Цель работы: определить обменную и активную кислотности торфа потенциометрическим методом.

Оборудование и реактивы:

1. рН-метр с погрешностью измерения не более 0,1 рН, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Палочки стеклянные, шпатели или ложка, стаканы химические вместимостью 100 и 250 мл, мерные цилиндры на 100 мл, воронки, фильтр синяя лента.
3. Вода дистиллированная без CO_2 , 10 % NaOH (KOH), 10 % HCl, 1 М KCl (рН 5,5–6,0), стандарт-титры для приготовления образцовых буферных растворов.

Приготовление реактивов:

1. 10 % NaOH. Навеску NaOH массой 100 г помещают в термостойкую колбу на 1 л и растворяют в 900 мл дистиллированной воды.
2. 10 % HCl. 236,4 мл HCl помещают в мерную колбу на 1 л, содержащую 200-300 мл дистиллированной воды и доводят водой до метки.
3. 1 М KCl. Навеску KCl массой $74,6 \pm 0,1$ г помещают в мерную колбу на 1 л и растворяют в дистиллированной воде, доводя объем раствора водой до метки.
4. Вода дистиллированная без CO_2 . Воду освобождают от CO_2 кипячением в течение 30 мин или выпариванием до 2/3 первоначального объема.

Ход работы:

1. Определение обменной кислотности

Сущность метода заключается в приготовлении хлоркалевой торфяной суспензии и измерении в ней величины рН.

Навеску сухого или влажного торфа, массой 2,00 г, помещают в стеклянный стакан вместимостью 100 мл и добавляют 50 мл 1 М раствора хлористого калия. После тщательного перемешивания суспензии стеклянной палочкой стакан накрывают стеклом и оставляют до полного смачивания. Если для анализа был взят сухой торф, то его выдерживают в растворе хлористого калия 4–5 часов, периодически помешивая его стеклянной палочкой. Суспензию, приготовленную из влажного торфа, выдерживают в растворе в течение 15 мин. По истечении указанного времени суспензию вновь перемешивают, фильтруют через фильтр синяя лента и измеряют величину рН с помощью рН-метра.

Значение кислотности фиксируют на приборе с точностью до 0,02 рН. Окончательные результаты испытания пробы округляют до десятых долей рН.

Кислотность каждой пробы определяют параллельно в двух навесках. За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух определений.

2. Определение активной кислотности

Навеску сухого или влажного торфа массой 2,00 г, помещают в стеклянный стакан вместимостью 100 мл и добавляют 50 мл дистиллированной воды, не содержащей углекислоту. Далее работают как при определении обменной кислотности. Результаты определений записывают в таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Форма записи результатов анализа

Объект исследования	Вытяжка	Время воздействия	Отсчет по шкале, рН	
			Значения рН	рН _{сред}
	Солевая			
	Водная			

Контрольные вопросы и задания

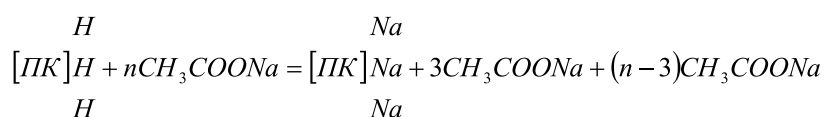
1. Что такое активная кислотность торфа и чем она обусловлена?
2. Что такое обменная кислотность торфа и чем она обусловлена?
3. На какие группы по степени кислотности делятся все торфа?
4. Какой химический элемент является основным регулятором кислотности?
5. Какие средние и предельные значения рН характерны для верховых, переходных и низинных торфов?
6. В чем заключается сущность потенциометрического определения обменной кислотности торфа?

Лабораторная работа 3.5. Определение гидролитической кислотности торфа

Потенциальная кислотность включает в себя обменную и гидролитическую. Потенциальная кислотность измеряется количеством ионов водорода (или алюминия), находящихся в почвенном поглощающем комплексе. При известных условиях эти ионы могут быть переведены в раствор. Более подвижная часть ионов водорода (или алюминия) торфа переходит в раствор при обработке его избытком нейтральной соли с $pH = 6,0-6,5$. Эти ионы обуславливают обменную кислотность. Остальная, менее подвижная часть H -ионов, может быть переведена в раствор лишь при дальнейшей обработке торфа солями, дающими в водном растворе (благодаря гидролизу) щелочную реакцию ($pH = 8,2-8,4$). Обычно для этого применяют ацетат натрия CH_3COONa , ацетат кальция $Ca(CH_3COO)_2$. Эти ионы водорода обуславливают гидролитическую кислотность. Однако на практике обычно за величину гидролитической кислотности принимают все количество уксусной кислоты, образующееся в фильтрате при обработке торфа, например, избытком ацетата натрия. Поэтому величина гидролитической кислотности дает представление об общем содержании в торфе поглощенных ионов водорода.

Гидролитическую кислотность используют при вычислении величины емкости поглощения кислых почв или торфов, при установлении доз извести или фосфоритной муки на кислых почвах.

Гидролитическая кислотность почв и торфа определяется по методу Каппена. При взаимодействии пробы торфа, почвы с раствором уксуснокислого натрия происходит энергичное вытеснение ионов водорода из поглощающего комплекса. Одновременно нейтрализуется активная кислотность пробы, обусловленная наличием водородных ионов в почвенном растворе. Указанное взаимодействие можно представить в следующем виде:



Таким образом, происходит обменная реакция катионов соли с водородными ионами торфа. В результате этого обмена в солевой вытяжке образуется свободная уксусная кислота. По количеству освободившейся уксусной кислоты судят о величине гидролитической кислотности.

Цель работы: определить гидролитическую кислотность торфа методом Каппена.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Колбы мерные на 1 л, мерные цилиндры на 1 л, воронки, фильтры, пипетки на 100 мл, глазные пипетки, стеклянные палочки.
3. 1 н $CH_3COONa \cdot 3H_2O$, 0,1 М H_2SO_4 , 0,1 н NaOH, 1 % раствор фенолфталеина, 95 % этиловый спирт, вода дистиллированная, не содержащая углекислоты.

Приготовление реактивов:

1. 1 н $CH_3COONa \cdot 3H_2O$. Навеску уксуснокислого натрия массой $136,0 \pm 1,0$ г растворяют в мерной колбе на 1 л и отфильтровывают. 20-25 мл полученного раствора при добавлении нескольких капель фенолфталеина должно давать слабо-розовое окрашивание (pH 8,3-8,4). При яркомалиновом окрашивании (pH более 8,3-8,4) раствор $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ доводят до заданного значения pH 0,1 н H_2SO_4 . **Раствор хранят не более 3 дней.**
2. 0,1 н NaOH. Навеску NaOH массой $4,0 \pm 0,1$ г растворить в 1 л кипяченой дистиллированной воды.
3. 1 % фенолфталеин. Навеску фенолфталеина массой $1 \pm 0,01$ г растворяют в 80 мл этилового спирта, переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой.
4. 0,1 М H_2SO_4 . 2,8 мл H_2SO_4 вносят в мерную колбу на 1 л, содержащую 500-600 мл дистиллированной воды и доводят объем раствора водой до метки.

Ход работы:

Навеску анализируемого торфа, составляющую 2 г в пересчете на абсолютно сухой торф (а.с.т.), помещают в колбу на 750-1000 мл, приливают 600 мл 1 н раствора уксуснокислого натрия, перемешивают и настаивают 18-20 ч.

Масса навески влажного торфа зависит от исходной влаги и определяется согласно таблице 5.

Определение массы навески торфа для определения гидролитической кислотности

Влажность, %	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Масса навески влажного торфа	3,3	3,6	4,0	4,4	5,0	5,7	6,7	8,0	10,0	13,3

На следующий день суспензию перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр. Из фильтрата отбирают пипеткой 100 мл, добавляют 2–3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором гидроксида натрия до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Гидролитическую кислотность (X) в молях в 100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \times K \times 600 \times 100}{V_1 \times m}, \quad (6)$$

где V – объем 0,1 н раствора NaOH, израсходованный на титрование используемого раствора, мл; K – коэффициент молярности раствора NaOH – 0,1 н; 600 – объем 1 н раствора CH_3COONa , приливаемый к навеске торфа, мл; V_1 – объем фильтрата, взятый для титрования, мл; m – масса навески торфа, г; 100 – пересчет на 100 г торфа.

Гидролитическую кислотность торфа в 100 г сухого вещества (X_1) вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - W}, \quad (7)$$

где W – массовая доля влаги в торфе, %; X – гидролитическая кислотность торфа, мл*ммоль/100 г сырого торфа.

Абсолютное допустимое расхождение между результатами двух параллельных определений при доверительной вероятности $P = 0,95$ не должно превышать значений, представленных в таблице 6.

Пример: Для определения гидролитической кислотности была взята навеска торфа массой 5 г, влажность – 84,6 %. Навеска заливалась 600 мл 1 н уксуснокислого натрия. Из отстоявшейся и отфильтрованной суспензии для анализа было отобрано 100 мл, на титрование которых ушло 2,46 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия.

Таким образом, гидролитическая кислотность исследуемого торфа (X) в молях в 100 г торфа составила:

$$X = \frac{2,46 \times 1 \times 600 \times 100}{100 \times 5} = 295,2 \text{ мл*ммоль/100 г.}$$

Гидролитическая кислотность торфа в 100 г сухого вещества (X_1):

$$X_1 = \frac{295,2 \times 100}{100 - 84,6} = 1916,88 \text{ мл*ммоль/100 г с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое гидролитическая кислотность, от чего она зависит?
2. Для вычисления каких величин используют гидролитическую кислотность?
3. В чем заключается суть метода Каппена определения гидролитической кислотности торфов?

Лабораторная работа 3.6. Определение суммы поглощенных оснований в торфе

Суммой поглощенных оснований называют общее количество поглощенных ионов Ca, Mg, Na, K, NH₄ торфами. Среди обменно-поглощенных почвой или торфом катионов обычно преобладает кальций, на втором месте стоит магний. В меньшем количестве имеются калий и аммоний. В кислых почвах и торфах часть поглощающего комплекса не занята основаниями, а замещена ионами водорода.

Учет количества поглощенных оснований, с одной стороны, и количества поглощенного водорода (гидролитической кислотности), с другой, позволяет судить о степени насыщенности основаниями. Степенью насыщенности основаниями называют процентное отношение суммы поглощенных оснований к емкости поглощения. Она показывает, какую часть всей емкости поглощения занимают обменные основания.

Степень насыщенности основаниями вычисляют по формуле:

$$V = \frac{100 \times S}{S + H_r} = \frac{100 \times S}{E}, \quad (8)$$

где V – степень насыщенности основаниями, %; S – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г; H_r – гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г; E – емкость поглощения, которая вычисляется по формуле 9.

$$E = S + H_r, \text{ мг-экв/100 г.} \quad (9)$$

Сумма поглощенных оснований увеличивается при переходе от верховых торфов к низинным, составляя в среднем в верховом торфе 29,8; в переходном – 74 и в низинном – 153,7 мг-экв/100 г, изменяясь соответственно в пределах: 6,3–136,0; 11,8–151,2; 19,1–736,4 мг-экв/100 г.

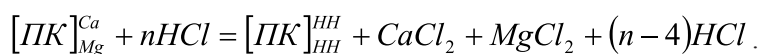
При наличии данных о степени насыщенности торфа основаниями можно с достаточной для практических целей точностью установить потребность торфа в известковании. В зависимости от степени насыщенности основаниями кислые почвы и торфа делят на три группы:

I группа – степень насыщенности основаниями менее 50 %. Такие почвы и торфа сильно нуждаются в известковании. Известь вносят в них в первую очередь.

II группа – степень насыщенности основаниями находится в пределах 50–70 %. Вопрос об известковании в данном случае решается в зависимости от величины обменной кислотности pH_{KCl} .

III группа – степень насыщенности основаниями больше 70 %. Эти торфа и почвы не нуждаются в известковании.

Сумма поглощенных оснований определяется по методу Каппена и Гильковица. Метод основан на обработке торфа определенным количеством соляной кислоты известной концентрации. При этом часть кислоты идет на вытеснение и нейтрализацию поглощенных оснований по схеме:



Остаток кислоты учитывают титрованием щелочью такой же концентрации. Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству соляной кислоты, израсходованной на вытеснение катионов. Её находят по разности между взятым и оставшимся количеством соляной кислоты.

Цель работы: определить сумму поглощенных оснований в торфе методом Каппена и Гильковица.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г, плитка электрическая.
2. Колбы конические на 250-300 мл, мерные цилиндры на 100, 200 мл, плоскодонные колбы на 50 мл, пипетки на 10 мл, колбы на 250-500 мл, пипетки глазные, воронки, бюретки на 25-50 мл, фильтр желтая лента.
3. 0,1 н HCl, 0,1 н NaOH, 1 % фенолфталеин.

Приготовление реактивов:

1. 0,1 н HCl. 8,2 мл HCl растворяют в 1 л безаммиачной дистиллированной воды.
2. 0,1 н NaOH. Навеску NaOH массой 4 г растворяют в 1 л кипяченой дистиллированной воды.

3. 1 % фенолфталеин. Навеску фенолфталеина массой $1 \pm 0,01$ г растворяют в 80 мл этилового спирта, переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой.
4. Дистиллированная вода без аммиака. К дистиллированной воде прибавляют х.ч. Na_2CO_3 до слабощелочной реакции по фенолфталеину (при щелочной реакции добавление фенолфталеина дает розовое окрашивание) и выпаривают примерно на $\frac{1}{4}$ объема. Конец кипячения устанавливают с реактивом Несслера (при наличии аммиака добавление реактива Несслера дает желтое окрашивание).

Ход работы:

Из лабораторной пробы торфа берут навеску массой 4 г, переносят в колбу на 250–500 мл и заливают 200 мл 0,1 н раствора соляной кислоты (отношение сухой навески к раствору должно быть 1:50). Содержимое колб хорошо перемешивают и оставляют до следующего дня.

На следующий день содержимое колб взбалтывают и фильтруют через складчатый фильтр желтая лента (первые партии фильтрата отбрасывают).

Если одновременно анализируется большое количество образцов, то дальнейшие анализы проводятся небольшими партиями по 2–3 колбы.

Из полученного фильтрата отбирают 25 мл раствора и переносят в плоскодонные конические колбы на 50 мл. Отобранный фильтрат кипятят в течение 1-2 минут для удаления CO_2 , затем добавляют 2 капли фенолфталеина и остаток кислоты титруют 0,1 н NaOH до получения слабо розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Титрование иногда осложняется тем, что выпадает осадок полуторных окислов. В этом случае осадку дают осесть и просматривают окраску жидкости над ним. Если прозрачный слой фильтрата имеет розовый оттенок, то титрование следует закончить. В том случае, когда раствор бесцветный, титрование следует продолжить.

Параллельно проводится контрольное титрование 25 мл 0,1 н HCl, в двух повторностях, которое используется для последующих расчетов.

Сумму поглощенных оснований (S) в мг*экв/100 г, рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{(a - b) \times T_{\text{NaOH}} \times V \times 100}{V_1 \times m}, \quad (10)$$

где a – количество 0,1 н раствора NaOH, израсходованного на титрование избытка кислоты в контроле, мл; b – количество 0,1 н раствора NaOH, израсходованного на титрование избытка кислоты в исследуемых образцах, мл; T_{NaOH} – поправка к титру 0,1 н раствора NaOH; V – общий объем 0,1 н HCl, мл; V_1 – количество фильтрата, взятое на титрование, мл; m – навеска торфа, г; 100 – коэффициент для пересчета на 100 г торфа.

Сумма поглощенных оснований в сухом торфе (с.т.) (S^c) рассчитывается по формуле:

$$S^c = \frac{S \times 100}{100 - W}, \quad (11)$$

где W – влажность торфа, %; S – сумма поглощенных оснований, мг*экв/100 г.

Степень насыщенности торфа основаниями (V) вычисляют по формуле:

$$V = \frac{S \times 100}{S + H}, \quad (12)$$

где S – сумма поглощенных оснований, мг-экв на 100 г сухого торфа; H – гидролитическая кислотность, мг-экв.

Пример: Для определения суммы поглощенных оснований была взята навеска торфа массой 3,02 г, влажность – 89,3 %. Навеска торфа заливалась 200 мл 0,1 н HCl и отфильтровывалась. Из полученного фильтрата было отобрано 25 мл, которые после добавления необходимых реактивов титровались 0,1 н NaOH. На титрование фильтрата из исследуемого образца торфа было израсходовано 18,9 мл NaOH, на титрование контрольной пробы, содержащей только HCl, – 27,1 мл NaOH.

Таким образом, сумма поглощенных оснований исследуемого торфа (S) в мг*экв/100 г составила:

$$S = \frac{(27,1 - 18,9) \times 1 \times 200 \times 100}{25 \times 3,02} = 2172,19 \text{ мг*экв/100 г.}$$

Сумма поглощенных оснований в сухом торфе (S^c):

$$S^c = \frac{2172,19 \times 100}{100 - 89,3} = 20300,84 \text{ мг*экв/100 г с.т.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое сумма поглощенных оснований?
2. Что показывает степень насыщенности основаниями?
3. На какие три группы по степени насыщенности основаниями делятся кислые почвы? Дайте их краткую характеристику.
4. Приведите средние значения суммы поглощенных оснований в верховых, переходных и низинных торфах.
5. Каким методом определяется сумма поглощенных оснований в торфе, в чем заключается сущность метода?

Лабораторная работа 3.7. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из торфа

Водная и солянокислая вытяжка готовятся для последующего определения в них азота, фосфора, железа и др. элементов. В водной вытяжке определяют нитратный азот и водорастворимый углерод, в солянокислой вытяжке – аммиачный азот, подвижные формы фосфора, калия, железа, обменный кальций и магний.

Цель работы: приготовить водную и солянокислую вытяжку из торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Колбы на 250 мл, цилиндры на 100-250 мл, воронки, фильтры синяя лента.
3. Тoluол, дистиллированная вода, 0,2 н HCl, приготовленный на безаммиачной воде.

Приготовление реактивов:

1. 0,2 н HCl, приготовленный на безаммиачной воде. 16,4 мл HCl вносят в мерную колбу на 1 л, содержащую 500-600 мл безаммиачной дистиллированной воды и доводят объем водой до метки.
2. Безаммиачная вода. К дистиллированной воде прибавляют х.ч. Na₂CO₃ до слабощелочной реакции по фенолфталеину (при щелочной реакции добавление фенолфталеина дает розовое окрашивание) и выпаривают примерно на ¼ объема. Конец кипячения устанавливают с реактивом Несслера (в присутствии аммиака добавление реактива Несслера дает желтое окрашивание).

Ход работы:

1. Приготовление водной вытяжки. Навеску торфа массой 2 г помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 100 мл дистиллированной воды, добавляют 3-4 капли толуола, хорошо взбалтывают и оставляют на 18-20 часов. На следующий день содержимое колб хорошо перемешивают и фильтруют через плотный (синяя лента) складчатый фильтр. Первые порции фильтрата отбрасывают или перефильтровывают через тот же фильтр, добиваясь, чтобы фильтрат был прозрачным. **Вытяжку допускается хранить 2-3 дня в холодильнике.**
2. Приготовление солянокислой вытяжки. Навеску массой 4 г торфа переносят в колбу вместимостью 250 мл и приливают 250 мл 0,2 н HCl, приготовленной на безаммиачной воде, перемешивают и настаивают 18-20 ч. Через положенное время суспензию фильтруют через фильтр синяя лента. **Вытяжку допускается хранить в холодильнике неделю.**

Лабораторная работа 3.8. Определение аммонийного азота в торфе

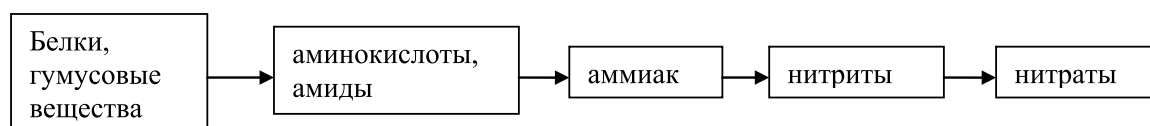
Азот является одним из основных элементов питания растений. Он входит состав белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и других органических веществ растений.

Содержание азота в почвах весьма разнообразно и зависит от исходных почвообразующих пород, интенсивности биологического круговорота веществ и соответственно от типа почв, для которого характерны определённые соотношения органических и минеральных веществ, а также от степени окультуренности почвы и др.

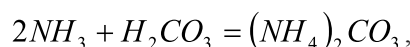
Потенциальные запасы азота в разнотипных почвах различны. Так, в пахотных слоях чернозёма общее содержание азота составляет 0,2–0,5 %, в дерново-подзолистых почвах 0,04–0,13 %, в торфяных – 0,7–3,5 %.

Главным источником азота для растений служат соли азотной кислоты и соли аммония. Почти весь азот торфа находится в форме органических веществ и в основном не доступен для растений. В результате биохимических процессов в почве происходит минерализация органических азотистых соединений и превращение их в доступные формы. Начальным этапом этого процесса является накопление аммиачных форм азота (аммонификация), а затем идет накопление нитратов NO_3 и нитритов NO_2 (нитрификация).

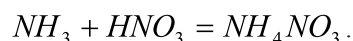
Разложение органических азотистых соединений в почве и торфе в общем виде иллюстрируется следующей схемой:



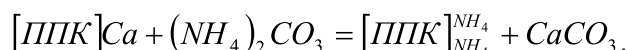
В анаэробных условиях азотистые соединения органических веществ разлагаются до аммиака. Аммонификация приводит к образованию солей с органическими кислотами по схеме:



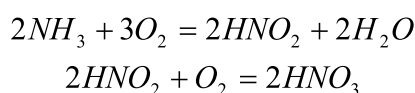
Или с минеральными кислотами по схеме:



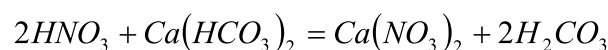
Аммоний поглощается почвой:



В аэробных условиях соли аммония окисляются до нитратов в процессе дегидрирования аммиака по следующей схеме:



В результате процесса нитрификации образовавшаяся азотная кислота нейтрализуется бикарбонатом кальция или поглощенными основаниями:



В торфе нитраты не только накапливаются, но и могут активно вымываться, а также подвергаться денитрификации, т.е. восстановлению нитратного азота до газообразных форм NO , N_2O , N_2 и N_2O_2 , которые лишают торфа азота. В результате биологического синтеза часть азота переходит в не доступные для растений формы.

Азот в торфе находится в различных формах:

- 1) легкодоступный ($\text{NH}_3 + \text{NO}_3$) – 1–2 % от валового количества азота;
- 2) частично доступный (амидный, аминный) – около 45 %, переводится в доступный путем гидролиза;
- 3) труднодоступный (диамино-соединения + азот остатка) – около 50 % от валового азота.

В торфе содержание различных форм азота не одинаково в отдельных типах. Так, в низинном торфе содержание аммиачного азота составляет 1-2 % (от валового содержания), амидного – 4 %; нитратного – 2,3 %; аминного – 0,1 %, а белкового и гумусового азота – 91,9 %. В верховом торфе соответственно – 14,1 %; 5,3 %; 5,8 %; 1,1 % и 73,7 %. Наибольшее количество азота содержится в гуминовых кислотах, меньше в легкогидролизуемых и наименьшее – в негидролизуемом остатке.

Сущность метода определения аммонийного азота заключается в извлечении обменно-поглощенного аммиака растворами соляной кислоты концентрации 0,1 моль/л (0,1 н) из торфа с последующим фотоколориметрическим определением в вытяжках аммиачного азота в виде окрашенного соединения йодистого меркураммония или окрашенного индофенольного соединения, образующегося при взаимодействии аммония с гипохлоритом натрия и салициловокислым натрием.

Цель работы: определить содержание аммонийного азота в торфе фотоколориметрическим методом.

Оборудование и реактивы:

1. Фотоэлектроколориметр.
2. Мерные колбы на 50 мл, пипетки на 1, 5, 10 мл, колбы на 250–300 мл.
3. Дистиллированная вода, безаммиачная дистиллированная вода, 50 % калий-натрий виннокислый (сегнетова соль), реактив Несслера, рабочий образцовый раствор Б хлористого аммония.

Приготовление реактивов:

1. Дистиллированная вода без аммиака. К дистиллированной воде прибавляют х.ч. Na_2CO_3 до слабощелочной реакции по фенолфталеину (при щелочной реакции добавление фенолфталеина дает розовое окрашивание) и выпаривают примерно на $\frac{1}{4}$ объема. Конец кипячения устанавливают с реактивом Несслера (в присутствии аммиака добавление реактива Несслера дает желтое окрашивание).
2. 50 % сегнетова соль (калий-натрий виннокислый $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$). Навеску сегнетовой соли массой 500 г растворяют в 1000 мл безаммиачной дистиллированной воды. Приготовленный раствор с помощью реактива Несслера необходимо проверить на содержание иона аммония (в присутствии аммиака добавление реактива Несслера дает желтое окрашивание). При наличии аммиака в раствор добавляют небольшое количество КОН или NaOH до щелочной реакции. Затем раствор кипятят до начала образования на стенках стакана корки солей, разбавляют дистиллированной водой до прежнего объема и повторяют пробу на аммиак с реактивом Несслера. Если раствор сегнетовой соли получается желтоватой окраски, следует приготовить реактив из перекристаллизованной соли. Для этого нужно приготовить насыщенный раствор соли в горячей воде с температурой до 70–80 °С. Раствор фильтруют в фарфоровую чашку диаметром 260–280 мм, упаривают на водяной бане до выпадения кристаллов, оставляют на 18–20 ч. Затем выпавшие кристаллы фильтруют с применением водоструйного насоса, один раз промывают дистиллированной водой и сушат между листами фильтрованной бумаги.
3. Основной образцовый раствор А хлористого аммония. Навеску NH_4Cl массой 0,3821 г растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе на 1 л, доводя объем раствора водой до метки. В 1 мл раствора А содержится 0,1 мг азота.
4. Рабочий образцовый раствор Б хлористого аммония. Основной образцовый раствор А разбавляют в 10 дистиллированной водой. В 1 мл раствора В содержится 0,01 мг азота.

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика. В мерные колбы на 50 мл наливают указанное в таблице 7 количество рабочего раствора Б, доливают дистиллированной водой до половины объема, прибавляют 2 мл 50 % сегнетовой соли, 2 мл реактива Несслера и дистиллированную воду до метки, тщательно перемешивают после добавления каждого реактива. Через 5–10 мин измеряют оптическую плотность с синим светофильтром при длине волны 400–425 нм (655), используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором. На основании показаний прибора строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массу аммонийного азота в мг, а по оси ординат – соответствующие ей значения оптической плотности.
2. Определение аммонийного азота. Из приготовленной заранее солянокислой вытяжки отбирают 2–5 мл и переносят в мерную колбу на 50 мл. Затем добавляют безаммиачную дистиллированную воду до половины объема колбы, 2 мл раствора сегнетовой соли, 2 мл реактива

Несслера и доводят безаммиачной дистиллированной водой до метки. **Тщательно перемешать, но не трясти.** Через 5–10 мин определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–425 нм (655), используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором. По градуировочному графику находят концентрацию аммонийного азота в анализируемой пробе, соответствующую оптической плотности на фотоэлектроколориметре.

Контрольный раствор содержит все реактивы, кроме анализируемой вытяжки.

Результаты определений заносят в таблицу (прил. 5).

Массу аммонийного азота (X) в мг/100 г рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (13)$$

где m – масса аммонийного азота, соответствующая на градуировочном графике, мг; V – общий объем фильтрата, мл; V_1 – объем фильтрата, взятый для определения, мл; K – поправка на разбавление; m_1 – масса сырой навески торфа, г.

Масса аммонийного азота (X_1) в мг/100 г с.в. вычисляется по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - W}, \quad (14)$$

где W – массовая доля влаги в торфе, %; X – масса аммонийного азота, мг/100 г.

Пример: Для определения подвижных соединений аммонийного азота в образце низинного торфа с влажностью 69,4 % была взята навеска массой 5 г. Навеска заливалась 250 мл раствора 0,2 н соляной кислоты и отфильтровывалась. Из полученного фильтрата в мерную колбу на 50 мл было отобрано 5 мл. После добавления к 5 мл солянокислого фильтрата всех необходимых реагентов определяли оптическую плотность.

1. Построение градуировочного графика. При построении градуировочного графика для определения аммонийного азота в мерные колбы на 50 мл вносили указанное в таблице 7 количество образцового раствора Б хлористого аммония. После добавления всех реагентов измеряли оптическую плотность эталонных растворов, результаты заносят в таблицу 8.

Таблица 7

Приготовление шкалы образцовых растворов

Номер колбы эталонного раствора	Объем рабочего раствора Б, мл	Масса аммонийного азота в эталонном растворе, мг
1	0,5	0,005
2	1,0	0,010
3	2,0	0,020
4	4,0	0,040
5	8,0	0,080
6	12,0	0,120
7	16,0	0,160
8	20,0	0,200

Таблица 8

Данные для построения градуировочного графика

Номер колбы эталонного раствора	Объем раствора 0,01 мг NH ₄ Cl, мл	Масса аммонийного азота, мг	Оптическая плотность
1	0,5	0,005	0,03
2	1,0	0,010	0,051
3	2,0	0,020	0,093
4	4,0	0,040	0,17
5	8,0	0,080	0,34
6	12,0	0,120	0,51
7	16,0	0,160	0,64
8	20,0	0,200	0,83

На основании полученных результатов был построен градуировочный график, на котором по оси абсцисс откладывалась масса аммонийного азота в мг, а по оси ординат – соответствующие ей значения оптической плотности (рис. 18).

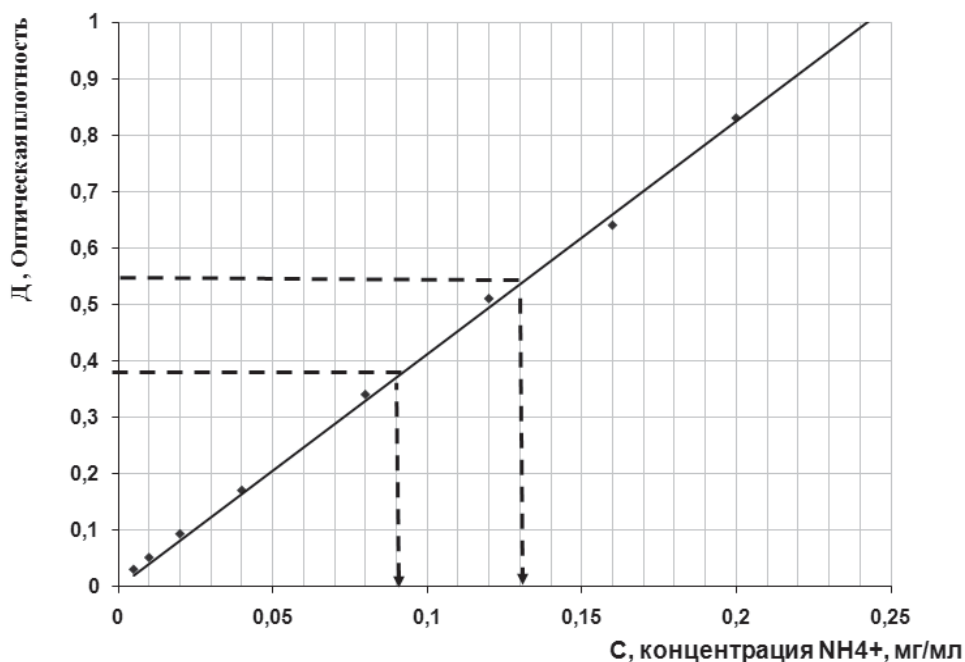


Рис. 18. Градуировочный график для определения аммонийного азота

2. Определение аммонийного азота.

При анализе имеющихся образцов торфов были получены следующие значения оптической плотности 0,038, 0,053 нм, для первой и второй повторности, соответственно. По градуировочному графику было определено, что эти плотности соответствуют концентрациям 0,092 и 0,13 мг/мл NH₄⁺, соответственно.

Таким образом, масса аммонийного азота в мг/100 г торфа составила:

$$m_1(NH_4^+) = \frac{0,092 \times 250 \times 100}{5 \times 5} = 92 \text{ мг/100 г,}$$

$$m_2(NH_4^+) = \frac{0,13 \times 250 \times 100}{5 \times 5} = 130 \text{ мг/100 г.}$$

При пересчете на сухую навеску масса аммонийного азота составила:

$$m_1(NH_4^+) = \frac{92 \times 100}{100 - 69,4} = 300,66 \text{ мг/100 г с.в.,}$$

$$m_2(NH_4^+) = \frac{130 \times 100}{100 - 69,4} = 424,83 \text{ мг/100 г с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. От чего зависит содержание азота в почве?
2. Что служит главным источником азота для растений?
3. Сколько в торфе содержится легкогидролизуемого, частично доступного и трудногидролизуемого азота от его валового количества?
4. В чем заключается сущность фотокolorиметрического метода определения аммонийного азота?

Лабораторная работа 3.9. Определения нитратного азота в торфе

Сущность метода заключается в извлечении нитратов из торфа дистиллированной водой с последующим колориметрическим определением в вытяжках нитратов с помощью фенолдисульфокислоты.

Цель работы: определить содержание нитратного азота в торфе с помощью фенолдисульфокислоты.

Оборудование и реактивы:

1. Фотоэлектроколориметр, плитка электрическая, водяная баня.
2. Мерные колбы на 50 мл, фарфоровые выпарительные чашки, пипетки на 1, 5, 10 мл, стеклянные палочки, маленькие воронки, лакмусовая бумага.
3. Дистиллированная вода, 10 % NaOH или KOH, 20 % NaOH или KOH, насыщенный раствор квасцов алюмокалиевых (или 15% алюминий сернокислый), фенолдисульфокислота, основной образцовый раствор А KNO_3 , рабочий образцовый раствор Б KNO_3 .

Приготовление реактивов:

1. Фенолдисульфокислота. Навеску 2,4-фенолдисульфокислоты массой $30,0 \pm 0,1$ г помещают в термостойкую колбу вместимостью 500 мл, добавляют 200 мл концентрированной серной кислоты, закрывают воронкой, которая служит обратным холодильником. Содержимое колбы осторожно перемешивают и колбу опускают в кипящую водяную баню до полного растворения кислоты.
2. 15 % алюминий сернокислый ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 19H_2O$). Навеску алюминия сернокислого массой $15,0 \pm 0,1$ г растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды, переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят объем в колбе до метки водой.
3. 20 % NaOH или KOH. Навеску NaOH или KOH массой $200,0 \pm 0,1$ г растворяют в 800 мл дистиллированной воды в термостойкой колбе.
4. 10 % NaOH или KOH. Навеску NaOH или KOH массой $100,0 \pm 0,1$ г растворяют в 900 мл дистиллированной воды в термостойкой колбе.
5. Насыщенный раствор алюмокалиевых квасцов. Навеску алюмокалиевых квасцов массой $10,0 \pm 0,1$ г растворяют в 800 мл дистиллированной воды в термостойкой колбе.
6. Приготовление основного образцового раствора А калия азотнокислого (KNO_3), концентрации 0,1 мг/мл. Навеску KNO_3 массой $0,7218 \pm 0,0002$ г растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу на 1 л и доводят объем водой до метки. В 1 мл приготовленного раствора содержится 0,1 мг азота. Для консервации прибавляют 1 мл толуола.
7. Рабочий раствор Б калия азотнокислого (KNO_3) концентрации 0,01 мг/мл. Рабочий раствор Б получают путем разбавления основного раствора А дистиллированной водой в 10 раз. В 1 мл рабочего раствора Б содержится 0,01 мг азота. **Рабочий раствор не устойчив, поэтому его готовят непосредственно в день определения.**

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика

Из рабочего раствора Б готовят серию эталонных растворов. Для этого в фарфоровые чашки наливают из пипетки количество раствора Б, указанное в таблице 9, которое соответствует определенной массе нитратного азота, мг.

Таблица 9

Приготовление шкалы образцовых растворов

Номер колбы эталонного раствора	Объем рабочего раствора, мл	Масса нитратного азота, мг
1	0,5	0,005
2	1,0	0,010
3	2,0	0,020
4	4,0	0,040
5	8,0	0,080
6	12,0	0,120
7	16,0	0,160
8	20,0	0,200

Содержимое чашек выпаривают на водяной бане. При этом нельзя допускать пересыхания осадка в чашке. Чашки следует снимать, когда на дне остается капелька раствора. В чашку к сухому

остатку добавляют по каплям 1 мл фенолсульфоокислоты и растирают палочкой. Через 10 мин добавляют 15 мл дистиллированной воды, нейтрализуют 20 % NaOH или KOH по лакмусовой бумаге. Жидкость из чашки переносят в мерные колбы на 100 мл через воронку, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают. Измеряют оптическую плотность окрашенных растворов относительно контрольного раствора на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400-450 нм. На основании показаний прибора строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массу нитратного азота в мг, а по оси ординат – соответствующие ей значения оптической плотности.

Контрольный раствор готовят следующим образом: выпаривают в фарфоровой чашке установленный для образцов объем дистиллированной воды (10–50 мл). Далее прибавляют реактивы в последовательности, описанной выше.

2. Определение нитратного азота

Пипеткой отбирают 10–50 мл прозрачного и бесцветного фильтрата из водной вытяжки в фарфоровую чашку и выпаривают на водяной бане. В чашку к сухому остатку добавляют по каплям 1 мл фенолсульфоокислоты и растирают стеклянной палочкой. Через 10 мин добавляют 15 мл дистиллированной воды, нейтрализуют 20 % NaOH или KOH по лакмусовой бумаге. Жидкость из чашки переносят в мерную колбу на 50 мл, доводят объем дистиллированной водой до метки и измеряют оптическую плотность окрашенных растворов относительно контрольного раствора на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–450 нм.

Если фильтрат водной вытяжки слишком темный, то его осветление производят следующим образом. К взятому на определение количеству фильтрата (10–50 мл) добавляют 1 мл 10 % NaOH или KOH, взбалтывают и добавляют по каплям насыщенный раствор алюмокалиевых квасцов. При этом появляется муть, вначале исчезающая, а затем собирающаяся в хлопья. Жидкость отфильтровывают в фарфоровую чашку и используют для определения нитратов, как указано выше.

Результаты определений заносят в таблицу (прил. 5).

По градуировочному графику находят концентрацию нитратного азота в анализируемой пробе, соответствующую оптической плотности на фотоэлектроколориметре.

Массу нитратного азота (X) в мг/100 г рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (15)$$

где m – масса нитратного азота, соответствующая на градуировочном графике, мг; V – общий объем фильтрата, мл; V_1 – объем фильтрата, взятый для определения, мл; K – поправка на разбавление; m_1 – масса влажной навески торфа, г.

Масса нитратного азота в мг/100 г с.в. (X_1) вычисляется по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - W}, \quad (16)$$

где W – массовая доля влаги в торфе, %; X – масса нитратного азота, мг/100 г.

Пример: Для определения содержания нитратного азота была взята навеска торфа массой 5 г, влажность – 89,1 %. Из 100 мл приготовленного фильтрата водной вытяжки для анализа было отобрано 50 мл, разбавления раствора не потребовалось, поскольку окраска раствора была бледно-желтой. В результате фотометрического определения прибор показал оптическую плотность равную 0,04 нм, что соответствует концентрации 0,018 мг на градуировочном графике.

Таким образом, содержание нитратного азота в исследуемом торфе в мг/100 г торфа составило:

$$X = \frac{0,018 \times 100 \times 1 \times 100}{50 \times 5} = 0,72 \text{ мг/100 г.}$$

Масса нитратного азота в мг/100 г с.в.:

$$X_1 = \frac{0,72 \times 100}{100 - 89,1} = 6,61 \text{ мг/100 г с.в.}$$

Лабораторная работа 3.10. Определение подвижного фосфора в торфе

подавляющее большинство процессов обмена веществ, особенно синтеза, проходят при участии фосфорной кислоты. Фосфор в растениях содержится в минеральных и органических веществах. В минеральной форме он чаще всего находится в растениях в виде кальциевых, калиевых, магниевых солей фосфорной кислоты, но их мало. Главную роль в растениях играет фосфор, входящий в органические соединения. Среди них на первое место следует поставить нуклеиновые кислоты.

Главным источником фосфора для растений в природных условиях являются соли ортофосфорной кислоты. Содержание фосфора зависит от структуры, химического состава торфа и количества гуминовых веществ в них. Основная масса фосфора в почве и торфе находится в виде труднорастворимых, неусвояемых растениями соединений. В доступных для растений соединениях содержится лишь незначительная часть солей фосфорной кислоты от их общего запаса.

В торфе содержание общего фосфора (в % на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,09–0,38, в торфе верхового типа – 0,03–0,25. Содержание подвижных соединений соответственно – 4,0–6,5 и до 3,0 мг/100 г. Встречаются вивианитовые виды торфа с содержанием фосфора от 2 до 15 % в виде $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

По растворимости почвенных фосфатов в различных растворителях их можно объединить в следующие группы:

1. Фосфаты, растворимые в дистиллированной воде, насыщенной углекислотой.
2. Фосфаты, растворимые в 0,5 н уксусной кислоте.
3. Фосфаты, растворимые в 0,5 н растворах соляной или серной кислот.
4. Фосфаты, растворимые в 3,0 н растворе NH_4OH .
5. Нерастворимые фосфаты.

Первые три группы фосфатов (фосфаты K, Na, NH_4 , кислые CaHPO_4 , MgHPO_4 , средние $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , основные фосфаты железа и фитин) являются основными источниками питания растений фосфором. Они обеспечивают содержание в почве усвояемого фосфора. В четвертую группу входят фосфаты нуклеинов, нуклеопротеидов, соединения фосфора с гуминовыми кислотами, минералы и т.д.

Наибольшее распространение в агрохимической практике получил метод определения подвижного фосфора по Кирсанову. Метод основан на извлечении из почвы фосфорной кислоты 0,2 н раствором соляной кислоты, и последующем определении в вытяжках фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре. В качестве восстановителя фосфорно-молибденового комплекса используют серноокислый гидразин или аскорбиновую кислоту, которая применяется в данной работе.

Цель работы: определить содержание подвижного фосфора в торфе методом Кирсанова.

Оборудование и реактивы:

1. Фотоэлектроколориметр.
2. Мерные колбы на 50 мл, пипетки на 1, 5, 10 мл, мерные цилиндры на 50 мл.
3. 0,2 н HCl, основной образцовый раствор А, реактив 2.

Приготовление реактивов:

1. 0,2 н HCl. 16,4 мл HCl помещают в мерную колбу на 1 л, содержащую 500–600 мл дистиллированной воды и доводят объем дистиллированной водой до метки.
2. 5 н H_2SO_4 . 140 мл конц. H_2SO_4 вливают в мерную колбу на 1 л, содержащую 200 мл дистиллированной воды, охлаждают до комнатной температуры и доводят объем до метки.
3. Реактив 1. Навеску молибденовокислого аммония массой 6,0 г растворяют в 200 мл дистиллированной воды. Навеску сурьмяновиннокислого калия ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) массой 0,1454 г растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Оба раствора готовят при слабом нагревании. Охлажденные растворы добавляют к 500 мл 5 н раствора серной кислоты. Раствор перемешивают и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. **Реактив готовят заранее и хранят в темной склянке в холодильнике при 5–10°C.**
4. Реактив 2. Навеску аскорбиновой кислоты массой 0,8870 г растворяют в 169 мл реактива 1 и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. **Реактив готовят в день определения.**
5. Основной образцовый раствор А калия фосфорнокислого однозамещенного (KH_2PO_4) концентрации 0,1 мг/мл. Навеску KH_2PO_4 массой 0,1917 г растворяют в 500–600 мл дистиллированной

воды с несколькими каплями 5 н H₂SO₄, переносят в мерную колбу на 1 л и доводят объем раствора до метки водой. В 1 мл раствора А содержится 0,1 мг P₂O₅.

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика

Из основного образцового раствора А готовят серию эталонных растворов. Для этого в мерные колбы вместимостью 50 мл наливают пипеткой или мерными цилиндрами количество раствора А, указанное в таблице 10 и объем доводят до метки 0,2 н раствором HCl.

Таблица 10.

Приготовление шкалы образцовых растворов

№ колбы эталонного раствора	Объем раствора А, мл	Масса P ₂ O ₅ в 1 мл рабочего раствора, мг	Объем рабочего раствора, мл	Масса P ₂ O ₅ в 50 мл эталонного раствора, мг
1	1	0,002	2,5	0,0050
2	2,5	0,005	2,5	0,0125
3	5,0	0,010	2,5	0,0250
4	10,0	0,020	2,5	0,0500
5	15,0	0,030	2,5	0,0750
6	20,0	0,040	2,5	0,1000
7	30,0	0,060	2,5	0,1500
8	40,0	0,080	2,5	0,2000

В день проведения анализа из рабочих растворов берут по 2,5 мл из каждой колбы и переносят в мерные колбы на 50 мл, добавляют 47,5 мл реактива 2 и хорошо перемешивают. Не ранее чем через 10 мин определяют оптическую плотность окрашенных растворов на фотоэлектроколориметре с красным светофильтром при длине волны 650 нм (710), используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором. Контрольным раствором служит реактив 2.

На основании показаний прибора строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массу P₂O₅ в мг, а по оси ординат – соответствующие ей значения оптической плотности.

2. Определение подвижного фосфора

2,5 мл фильтрата солянокислой вытяжки переносят в мерные колбы на 50 мл и до метки приливают реактива 2. Через 30 мин определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре с красным светофильтром при длине волны 650 нм (710), используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором. По градуировочному графику находят концентрацию фосфора в анализируемой пробе, соответствующую оптической плотности на фотоэлектроколориметре.

В случае высокой концентрации фосфора в солянокислой вытяжке необходимо повторить определение, предварительно разбавив испытуемый раствор в 5-10 раз дистиллированной водой. При проведении расчетов следует ввести соответствующую поправку на разбавление.

Результаты определений заносят в таблицу (прил. 5).

Массу фосфора в пересчете на P₂O₅ в мг/100 г (X) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V_1 \times K \times 100}{V \times m_1}, \quad (17)$$

где *m* – масса фосфора, соответствующая на градуировочном графике отсчету на фотоэлектроколориметре, мг; *V*₁ – общий объем фильтрата, мл; *K* – поправка на разбавление фильтрата; *V* – объем фильтрата на определении, мл; *m*₁ – масса навески, г; 100 – пересчет на 100 г.

Массу фосфора в мг/100 г с.в. (X₁) вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - W}, \quad (18)$$

где *W* – массовая доля влаги, %; *X* – масса фосфора в пересчете на P₂O₅, мг/100 г.

Пример: Для определения содержания фосфора была взята навеска торфа массой 5,04 г, влажность – 89,1 %. Из заранее приготовленных 250 мл фильтрата солянокислой вытяжки для анализа было отобрано 2,5 мл (разбавление раствора не потребовалось).

В результате фотометрического определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки при-

бор показал оптическую плотность равную 0,009 нм, что соответствует концентрации 0,006 мг на градуировочном графике.

Таким образом, масса фосфора в пересчете на P_2O_5 в мг/100 г (X) составила:

$$X = \frac{0,006 \times 250 \times 1 \times 100}{2,5 \times 5,04} = 11,90 \text{ мг/100 г.}$$

Массу фосфора в мг/100 г сухого вещества (X_1):

$$X_1 = \frac{11,90 \times 100}{100 - 89,1} = 109,17 \text{ мг/100 г с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Что является главным источником фосфора для растений?
2. В каких пределах изменяется содержание фосфора в низинных и верховых торфах?
3. Что такое вивианитовый торф?
4. Какие группы почвенных фосфатов являются основными источниками питания для растений?
5. В чем заключается суть метода определения подвижного фосфора по Кирсанову?

Лабораторная работа 3.11. Определение подвижных соединений калия в торфе

Калий относится к основным элементам питания растений. Калий в растении находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток.

В торфе основная часть калия находится в составе кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Калий содержится в торфе также в поглощенном состоянии (обменный и необменный) и в форме простых солей. Калий простых солей легкодоступен растениям, но доля его незначительна. Основным источником калия для растений является его обменная форма. Обменный калий обычно составляет 1–2 % от валового. Все формы калия взаимосвязаны между собой и находятся в состоянии подвижного равновесия. Растения в процессе питания усваивают, прежде всего, наиболее подвижные формы, а затем среднеподвижные (обменные) и малоподвижные (необменные). В силу подвижного равновесия при потреблении обменного калия его запасы могут пополняться за счет труднодоступного необменного. Обменно-поглощенный калий нерастворим в воде, но растениям он вполне доступен. Объясняется это способностью поглощенного калия частично переходить в раствор при действии на почву или торф солей, в том числе появляющихся в почвенном растворе при внесении различных минеральных удобрений и при разложении запаханых в почву или торф органических удобрений и растительных остатков.

Содержание общего калия (в % на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,08–0,12, в торфе верхового типа – 0,04–0,06; подвижных его соединений соответственно – 3–8 и до 6 мг/100 г сухого вещества.

Обменный калий устанавливают обычно при вытеснении его солями $NaCl$, $NaNO_3$, CH_3COONH_4 . При вытяжке из пробы раствором одной из этих солей вместе с поглощенным калием извлекаются и его водорастворимые формы.

Для определения содержания подвижного (усвояемого) калия в агрохимических лабораториях чаще всего используют метод пламенной фотометрии. Принцип количественного анализа посредством фотометрии пламени основан на том, что каждый элемент имеет свой характерный спектр излучения, а интенсивность спектра зависит от концентрации элемента. Вытяжку отфильтровывают и определяют содержание калия на пламенном фотометре. Фотометрические измерения проводят с помощью пламенного фотометра, включающего в себя источник света (пламя) и измерительную систему излучения. Обычно применяют высокотемпературное ацетиленовоздушное (2300 °С) и про-

панобутановоздушное (1800 °С) пламя. Наиболее характерная часть спектра исследуемого элемента пропускается через светофильтр на фотоэлемент. В последнем лучистая энергия спектра превращается в электрическую, которую измеряют высокочувствительным микроамперметром. По силе возникающего тока и судят о концентрации введенного в пламя элемента.

Цель работы: определить содержание подвижных соединений калия в торфе методом пламенной фотометрии.

Оборудование и реактивы:

1. Фотометр пламенный.
2. Мерные колбы на 500 мл, пипетки на 10 мл, мерные цилиндры на 50 мл, пенициллиновые бутылочки.
3. Дистиллированная вода, основной образцовый раствор А калия хлористого.

Приготовление реактивов:

Основной образцовый раствор А. Навеску КСl массой 1,5828 г растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, переносят в мерную колбу на 1 л и доводят объем раствора до метки водой. В 1 мл образцового раствора А содержится 1 мг К₂O.

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика

В мерные колбы на 500 мл отбирают пипеткой количество основного образцового раствора А, указанное в таблице 11. Объем доводят до метки дистиллированной водой. Получают шкалу рабочих растворов Б. В порядке возрастания концентраций растворы вводят в пламя горелки пламенного фотометра. По каждому раствору записывают показания прибора.

Таблица 11

Данные для приготовления калибровочных растворов

Наименование показателя	Номер колбы вместимостью 500 мл							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем основного образцового раствора А, мл	5	10	15	20	25	30	40	50
Массовая концентрация К ₂ O в рабочих растворах Б, мг/л	10	20	30	40	50	60	80	100

По результатам измерения строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс значения концентраций К₂O в мг/л, соответствующие рабочим растворам Б в таблице 11, а по оси ординат – показания прибора.

2. Определение подвижного калия

Фильтрат солянокислой вытяжки наливают в пенициллиновые бутылочки и вводят в пламя горелки пламенного фотометра, отмечают показания прибора. Полученные результаты заносят в таблицу.

Если содержание калия в анализируемой пробе выходит за пределы градуировочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив фильтрат в 5–10 раз дистиллированной водой.

Результаты определений заносят в таблицу (прил. 6).

Массу калия (X) в пересчете на К₂O в мг/100 г вычисляют по формуле:

$$X = \frac{c \times V \times K \times 100}{m \times 1000}, \quad (19)$$

где c – масса К₂O, соответствующая на градуировочном графике, мг; V – общий объем фильтрата, мл; K – поправка на разбавление фильтрата; m – масса навески, г; 1000 – пересчет в мл.

Массу калия в пересчете на К₂O мг/100 г с.в. (X₁) вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - W}, \quad (20)$$

где W – массовая доля влаги, %; X – масса калия в пересчете на К₂O, мг/100 г.

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений при доверительной вероятности P = 0,95 не должно превышать значений, указанных в таблице 12.

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений

Масса калия, K ₂ O	Абсолютное допускаемое расхождение, мг/100г
До 100	20-40
От 100 до 500	30-60
От 500 до 1000	50-100
Свыше 1000	100-150

Пример: Для определения содержания калия была взята навеска торфа массой 4,9 г, влажность – 97,3 %. Для анализа использовали фильтрат солянокислой вытяжки (250 мл), разбавления которого не потребовалось.

В результате определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки из торфа на пламенном фотометре было получено показание прибора равное 1,1, что соответствует концентрации 1,1 мг на градуировочном графике.

Таким образом, масса калия (X) в пересчете на K₂O в мг/100 г составила:

$$X = \frac{1,1 \times 250 \times 1 \times 100}{4,9 \times 1000} = 5,61 \text{ мг/100 г.}$$

Массу калия в пересчете на K₂O мг/100 г сухого вещества (X_1):

$$X_1 = \frac{5,61 \times 100}{100 - 97,3} = 207,78 \text{ мг/100 г с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Какие соединения калия имеются в торфе?
2. Как изменяется содержание калия в торфе в зависимости от его типа?
3. Какие методы определения содержания общего калия в торфе известны, в чем заключается сущность этих методов и их отличия друг от друга?

Лабораторная работа 3.12. Определение подвижных соединений железа в торфе

При изучении сезонной динамики почвообразовательного процесса, особенно на заболоченных почвах и выработанных торфяниках, важное значение имеет определение содержания закисного (двухвалентного) и окисного (трехвалентного) железа.

Закисное железо образуется в результате биохимических процессов при недостатке свободного кислорода и развитии анаэробных микроорганизмов. В условиях хорошей аэрации закисных форм не образуется, а образовавшееся ранее закисное железо переходит в окисную форму. Таким образом, по содержанию окисного и закисного железа можно судить о характере окислительно-восстановительных процессов, протекающих в почве и торфе, и о наличии анаэробных или аэробных условий. Присутствие закисного железа свидетельствует о заболачивании и связанном с ним болотном процессе, закисные формы железа токсичны для сельскохозяйственных растений.

Содержание железа (мг/100 г на сухого вещества) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,0-128,5; переходного – 0,0-42,5 и верхового – 0,0-23,3.

Окисное и закисное железо, входящее в состав органоминеральных и минеральных соединений торфа, может находиться в растворимой и нерастворимой форме, а также в поглощённом состоянии в виде обменных ионов. Так, среднее содержание катионов Fe³⁺ для низинных торфов составляет 17,2 мг-экв и изменяется от 25,5 (ольховый торф) до 10,0 мг-экв (осоково-гипновый торф). В верховых торфах содержание Fe³⁺ в среднем равно 3,0 мг-экв, изменяясь от 5,3 (шейхцериевый торф) до 2,0 мг-экв (сосново-пушицевый торф) на 100 г сухого вещества.

Определение содержания железа в торфе имеет большое практическое значение, особенно когда

торф используется для приготовления органоминеральных удобрительных смесей. При содержании валового железа более 5 % торф использовать для приготовления органоминеральных удобрений нельзя, т.к. фосфорная кислота фосфорных удобрений, соединяясь с железом, переходит в малодоступные для растений формы. Торф с содержанием железа более 5% носит название *охристого*.

Еще более важно знать содержание железа при использовании торфа для закрытого грунта в качестве субстрата. В данном случае содержание подвижного железа в торфе не должно превышать 1 %.

Для определения содержания железа в торфе существуют два метода. Сущность методов заключается в извлечении подвижных соединений двух- и трехвалентного железа 0,2 н раствором соляной кислоты с последующим определением в вытяжке железа на фотоэлектроколориметре с помощью роданида калия (или аммония) (метод Веригиной-Аринушкиной) или с использованием сульфосалициловой кислоты. Наиболее избирательным является метод определения соединений железа с помощью сульфосалициловой кислоты.

Цель работы: определить содержание подвижного железа в торфе методом Веригиной-Аринушкиной и сульфосалициловым методом.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г, ротатор для перемешивания почвы с экстрагирующим раствором, фотоэлектроколориметр, рН-метр с погрешностью измерения не более 0,05 единиц рН.
2. Колбы мерные на 50, 100 мл, колбы конические на 250 мл, пипетки на 1, 5, 10, 20 мл, воронки, цилиндры мерные на 50, 250 мл, фильтры белая лента, пипетки глазные.
3. Вода дистиллированная, 0,1 М H_2SO_4 , 1 % NaF, 1% борная кислота, 0,04 % тимоловый синий, 10 % уксуснокислый натрий, 0,5 % о-фенантролин, 5 % гидроксиламин солянокислый, 25 % сульфосалициловая кислота, реактив Б, соль Мора, 10 % гидроксид натрия.

Приготовление реактивов:

1. 0,1 М H_2SO_4 . 2,8 мл концентрированной серной кислоты помещают в мерную колбу на 1 л, наполовину заполненную дистиллированной водой, доводят объем раствора водой до метки и тщательно перемешивают. Допускается использование раствора серной кислоты с молярной концентрацией от 0,09 до 0,11 моль/л.
2. 0,04 % раствор индикатор тимоловый синий. Навеску индикатора тимолового синего массой $0,040 \pm 0,001$ г растворяют в небольшом объеме этилового спирта, переносят в колбу на 100 мл, доводят объем раствора этиловым спиртом до метки и тщательно перемешивают. **Раствор хранят в склянке из темного стекла.**
3. 1 % NaF. Навеску фтористого натрия массой $10 \pm 0,1$ г растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды, переносят раствор в мерную колбу на 1 л, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.
4. 1 % борная кислота (H_3BO_3). Навеску борной кислоты массой $10,0 \pm 0,1$ г растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды переносят в мерную колбу на 1 л, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.
5. 5 % гидроксиламин солянокислый ($NH_2OH \cdot HCl$). Навеску гидроксиламина солянокислого массой $5,0 \pm 0,1$ г растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу на 100 мл, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.
6. 0,5 % о-фенантролин. Навеску о-фенантролина массой $0,50 \pm 0,01$ г растворяют в 100 мл 0,1 М раствора серной кислоты при слабом нагревании, охлаждают до комнатной температуры и тщательно перемешивают.
7. 10 % уксуснокислый натрий ($CH_3COONa \cdot 3H_2O$). Навеску уксуснокислого натрия трехводного массой $16,6 \pm 0,1$ г растворяют дистиллированной водой в мерной колбе на 100 мл, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.
8. Раствор двухвалентного железа с массовой концентрацией 0,1 мг/мл. Навеску соли Мора массой $0,702 \pm 0,001$ г помещают в мерную колбу на 1 л, растворяют в 0,1 М растворе серной кислоты, доводя объем раствора до метки, и тщательно перемешивают. **Раствор, готовят в день проведения анализа.**

9. Раствор двухвалентного железа с массовой концентрацией 0,01 мг/мл. 10,0 ± 0,1 мл исходного раствора соли Мора, приготовленного по пункту 10, вносят в мерную колбу на 100 мл и доводят до метки 0,1 М раствором серной кислоты, и тщательно перемешивают.
10. 10 % NaOH. Навеску NaOH или KOH массой 100,0 ± 0,1 г растворяют в 900 мл дистиллированной воды в термостойкой колбе.
11. 25 % сульфосалициловая кислота. Навеску сульфосалициловой кислоты массой 25 г растворяют в 100 мл воды и фильтруют, раствор хранят в темной склянке с притертой пробкой.
12. Основной образцовый раствор А железоммонийных квасцов ($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) с массовой концентрацией железа 0,1 мг/мл. Навеску железоммонийных квасцов массой 0,4318 ± 0,0002 г смачивают 5 % раствором серной кислоты в мерной колбе на 500 мл, добавляют 1 каплю концентрированной азотной кислоты и объем раствора доводят до метки раствором 5 % серной кислоты. Раствор А содержит 0,1 мг железа в 1 мл (или 0,143 мг Fe_2O_3).
13. Раствор Б железоммонийных квасцов с массовой концентрацией железа 0,01 мг/мл. Из раствора А отбирают пипеткой 100 мл и разбавляют дистиллированной водой в мерной колбе до 1000 мл. В 1 мл рабочего раствора Б содержится 0,01 мг железа (или 0,0143 мг Fe_2O_3).

Ход работы:

1. Определение подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Ариушкиной

1.1. Построение градуировочного графика

В мерные колбы на 50 мл вносят указанные в таблице 13 количества раствора соли Мора, 1 мл 1 % фтористого натрия содержимое перемешивают. Добавляют 1 мл 1 % раствора борной кислоты после перемешивания, добавляют одну – две капли раствора тимолового синего. Затем приливают 10 % раствор уксуснокислого натрия, до желтой окраски.

Далее прибавляют 1–2 мл 0,5 % раствора о-фенантролина, перемешивают, доводят объем раствора до метки дистиллированной водой, снова перемешивают и через 10 мин измеряют оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре или другом аналогичном приборе при длине волны 512 нм относительно контрольного раствора с добавлением всех реактивов.

Контрольный раствор содержит все реактивы, кроме соли Мора.

Таблица 13

Данные для приготовления калибровочных растворов

Показатель	Номер раствора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем раствора соли Мора с массовой концентрацией железа 0,01 мг/мл для мерных колб вместимостью 50 мл, мл	0,0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,0	15,0
Массовая концентрация железа в растворах, мг/мл	0,0000	0,0001	0,0003	0,0005	0,0007	0,0009	0,0010	0,0030

При определении двухвалентного и суммы двух- и трехвалентного железа по оптической плотности растворов сравнения строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массовые концентрации железа (мг/мл), а по оси ординат – соответствующие им оптические плотности (показания прибора).

1.2. Определение железа

Приготовление сернокислой вытяжки. Навеску торфа массой 5,0 г помещают в колбу на 250 мл. Приливают в колбу 250 мл 0,1 М H_2SO_4 . Содержимое колбы взбалтывают в течение 5 мин и отфильтровывают.

В полученном фильтрате определяют содержание двухвалентного железа и суммарное содержание двух- и трехвалентного железа.

Двухвалентное железо. Для определения содержания двухвалентного железа в мерные колбы на 50 мл отбирают 5–20 мл фильтрата, добавляют 1 мл 1 % фтористого натрия и перемешивают. К полученному раствору добавляют 1 мл 1 % раствора борной кислоты, после перемешивания добавляют одну – две капли раствора тимолового синего и приливают раствор 10 % уксуснокислого натрия, до появления желтой окраски. Затем прибавляют 1–2 мл 0,5 % раствора о-фенантролина, перемешивают, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки, снова перемешивают и через 10 мин измеряют оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре при длине волны 512 нм, используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором.

Контрольный раствор: в мерную колбу на 50 мл вносят 1 мл 1 % фтористого натрия, 1 мл 1 % раствора борной кислоты, одну – две капли раствора тимолового синего и раствор 10 % уксуснокислого натрия, до появления желтой окраски. К полученному раствору прибавляют 1-2 мл 0,5 % раствора о-фенантролина, перемешивают, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

Суммарное двух- и трехвалентное железо. Для определения суммарного содержания двух- и трехвалентного железа в мерные колбы вместимостью 50 мл переносят 5–20 мл фильтрата. Для перевода окисного железа в закисное в колбы с вытяжками и растворами сравнения прибавляют 10 мл 5 % раствора гидросиламина солянокислого, перемешивают. После перемешивания прибавляют одну – две капли 0,04 % раствора тимолового синего и приливают 10 % раствор уксуснокислого натрия, до появления желтой окраски. Далее прибавляют 1–2 мл 0,5 % раствора о-фенантролина, перемешивают, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки, снова перемешивают и через 1 час измеряют оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре при длине волны 512 нм, используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором.

Контрольный раствор: в мерные колбы вместимостью 50 мл вносят 10 мл 5 % раствора гидросиламина солянокислого, прибавляют одну – две капли 0,04% раствора тимолового синего и приливают 10 % раствор уксуснокислого натрия, до появления желтой окраски. Далее прибавляют 1–2 мл 0,5 % раствора о-фенантролина и перемешивают, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

По результатам измерения оптической плотности растворов с помощью градуировочных графиков находят массовую концентрацию двухвалентного железа и массовую концентрацию суммы двух- и трехвалентного железа в торфе.

Массу двухвалентного железа (X) в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V_1 \times K \times 100}{V \times m_1}, \quad (21)$$

где m – масса железа, соответствующая на градуировочном графике, мг; V_1 – объем раствора, приливаемого к навеске, мл; K – поправка на разбавление фильтрата; V – объем фильтрата, взятый для анализа, мл; m_1 – масса навески, г; 100 – для пересчета на 100 г.

Аналогично, по формуле 23, вычисляют сумму трех- и двухвалентного железа (X_1).

Массовую долю подвижных соединений трехвалентного железа в торфе вычисляют по формуле:

$$m(Fe^{3+}) = m(Fe_{общ}) - m(Fe^{2+}). \quad (22)$$

Пример: Для определения содержания подвижных соединений двух и трехвалентного железа методом Веригиной-Аринушкиной была взята навеска торфа массой 5,0 г, влажность – 97,3 %. Для анализа использовали фильтрат сернокислой вытяжки общим объемом 250 мл. Для определения железа двухвалентного было отобрано 15 мл фильтрата, оптическая плотность которого, после добавления всех необходимых реактивов измерялась на фотоколориметре, и составила 0,12 нм, что соответствует 0,16 мг на градуировочном графике.

Для определения суммарного содержания двух- и трехвалентного железа было отобрано 20 мл фильтрата, оптическая плотность которого, после добавления необходимых реактивов измерялась на фотоэлектроколориметре и составила 0,21 нм, что соответствует 0,25 мг на градуировочном графике.

Таким образом, масса двухвалентного железа (X) в мг/100 г торфа составила:

$$X = \frac{0,16 \times 250 \times 1 \times 100}{15 \times 5} = 53,33 \text{ мг/100 г.}$$

Суммарная масса двух- и трехвалентного железа (X_1) в мг/100 г торфа:

$$X = \frac{0,25 \times 250 \times 1 \times 100}{20 \times 5} = 62,5 \text{ мг/100 г.}$$

Массовая доля подвижных соединений трехвалентного железа ($m(Fe^{3+})$) в мг/100 г торфа составила:

$$m(Fe^{3+}) = 62,5 - 53,33 = 9,17 \text{ мг/100 г.}$$

2. Определение подвижных форм железа сульфосалициловым методом

2.1. Построение градуировочного графика

Из раствора Б готовят серию эталонных растворов. Для этого в мерные колбы на 100 мл наливают количество раствора Б, указанное в таблице 14.

Таблица 14

Данные для построения калибровочного графика

Номер колбы эталонного раствора	Объем раствора Б, мл	Масса железа (Fe) в 100мл в эталонном растворе, мг
1	1,0	0,010
2	2,0	0,020
3	4,0	0,040
4	8,0	0,080
5	16,0	0,160
6	24,0	0,240
7	32,0	0,320

В каждую колбу добавляют 5 мл 25 % сульфосалициловой кислоты, 5 капель 5 % солянокислого гидроксиламина и по каплям раствор 10 % гидроксида натрия до получения устойчивой желтой окраски. Затем объем раствора доводят до метки дистиллированной водой, перемешивают и определяют оптическую плотность окрашенных растворов на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–440 нм, используя в качестве сравнения кювету с контрольным раствором.

Для приготовления контрольного раствора мерную колбу на 50 мл добавляют 5 мл 25 % сульфосалициловой кислоты, 5 капель 5 % солянокислого гидроксиламина и раствор 10 % гидроксида натрия до получения устойчивой желтой окраски. Затем объем раствора доводят до метки дистиллированной водой.

На основании показаний прибора строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс массу железа в мг, а по оси ординат – соответствующие ей значения оптической плотности.

2.2. Определение подвижного железа

1–20 мл солянокислой вытяжки переносят в мерную колбу на 100 мл, добавляют 5 мл 25 % раствора сульфосалициловой кислоты, 5 капель 5 % солянокислого гидроксиламина и по каплям 10 % раствор NaOH до получения устойчивой желтой окраски. Затем доводят объем в колбе до метки дистиллированной водой, перемешивают и определяют плотность окрашенных растворов на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–440 нм, используя в качестве сравнения кювету с контрольным раствором. По градуировочному графику находят концентрацию железа в анализируемой пробе, соответствующую отсчету на фотоэлектроколориметре.

Полученные результаты заносятся в таблицу (прил. 5).

Массу железа (X) в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V_1 \times K \times 100}{V \times m_1}, \quad (23)$$

где m – масса железа, соответствующая на градуировочном графике, мг; V_1 – общий объем фильтра, мл; K – поправка на разбавление фильтрата; V – объем фильтрата, взятый для определения, мл; m_1 – масса навески, г; 100 – пересчет на 100 г.

Абсолютное допустимое расхождение между результатами двух параллельных определений при доверительной вероятности $P = 0,95$, не должно превышать значений, указанных в таблице 15.

Пример: Для определения содержания железа была взята навеска торфа массой 5,03 г. Из полученных 250 мл солянокислой вытяжки торфа для анализа было отобрано 10 мл (разбавление раствора не потребовалось).

Таблица 15

Абсолютное допустимое расхождение между результатами двух параллельных определений железа

Масса железа, Fe ₂ O ₃	Абсолютное допустимое расхождение
До 100	15-30
От 100 до 200	25-50
От 200 до 500	40-74
Свыше 500	60-100

В результате фотометрического определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки из торфа прибор показал оптическую плотность равную 0,11 нм, что соответствует концентрации 0,19 мг на градуировочном графике.

Таким образом, масса железа (X) в мг/100 г торфа составила:

$$X = \frac{0,19 \times 250 \times 1 \times 100}{10 \times 5,03} = 94,43 \text{ мг/100 г.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. О каких процессах, протекающих в торфах, можно судить по содержанию окисного и закисного железа?
2. В каких пределах изменяется содержание железа в торфах разного типа?
3. Как изменяется содержание катионов железа трехвалентного в зависимости от типа торфа?
4. Почему для приготовления органоминеральных удобрений нельзя использовать торф с содержанием валового железа не более 5 %?

Лабораторная работа 3.13. Определение обменного кальция и магния в торфе

Кальций и магний обуславливают ряд важнейших физико-химических свойств торфа. Изменение содержания кальция, например, приводит к перестройке микроструктуры торфа, а также к изменению его кислотности, водно-физических и многих других свойств. Содержание кальция и магния в торфе увеличивается от верхового к низинному типу. В низинном торфе накапливается кальций, поступающий с подземными водами. Максимальное количество кальция содержится в низинном торфе древесной группы, а минимальное – в верховом торфе моховой группы.

Содержание кальция (мг/100 г на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 5,7-364,0; переходного – 3,6-182,2 и верхового – 2,9-123,5.

Содержание магния (мг/100 г на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,6-93,0; переходного – 0,0-58,3 и верхового – 0,0-47,9.

Сущность комплексонометрического метода заключается в титровании кальция трилоном Б при рН 12,5–13,0 с использованием в качестве индикатора хрома кислотного темно-синего или мурексида и магния при рН около 10 с использованием в качестве индикатора хрома кислотного темно-синего.

Цель работы: определить содержание обменного кальция и магния в торфе комплексонометрическим методом.

Оборудование и реактивы:

1. Колбы конические на 250 мл, пипетки на 50 мл, пипетки на 10 мл, глазные пипетки, бюретки на 25–50 мл, лакмусовые бумажки.
2. 0,05 н трилон Б, 1 % гидроксиламин солянокислый, натрия диэтилдитиокарбамат, хлоридно-аммонийный буферный раствор, раствор индикатора хрома кислотного темно-синего, смесь мурексида и хлорида натрия, 10 % NaOH, разбавленный раствор триэтаноламина.

Приготовление реактивов:

1. 0,05 н трилон Б ($C_{10}H_{14}O_8N_2Na \cdot 2H_2O$). Навеску трилона Б массой 9,306 г растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды. Раствор переносят в мерную колбу на 1 л, доводят объем водой до метки, перемешивают и фильтруют.
Точную концентрацию приготовленного раствора трилона Б устанавливают по раствору хлористого кальция. 50 мл приготовленного раствора $CaCl_2$ разбавляют дистиллированной водой до 100 мл, прибавляют 5 капель 1 % раствора гидроксиламина, несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия (или 2 капли 2 % раствора сульфида натрия) и 10 мл 10 % раствора NaOH, чтобы обеспечить рН = 12,5–13,0. Затем вносят 50–60 мг смеси мурексида и хлорида натрия и титруют раствором трилона Б до изменения розовой окраски в сиреневую.

Одновременно проводят холостое титрование без раствора хлористого кальция. Коэффициент молярности (K) приготовленного 0,05 н раствора трилона Б рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{50}{V \times 5}, \quad (24)$$

где 50 – объем раствора кальция, взятый для титрования, мл; V – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование раствора кальция, мл.

- 0,01 н CaCO_3 . Навеску углекислого кальция массой 0,5 г, высушенного до постоянной массы при температуре 100-105 °С переносят в мерную колбу на 1 л, прибавляют 2 мл 25 % раствора соляной кислоты и доводят объем до метки дистиллированной водой. Полученный раствор хлористого кальция используется для определения точной концентрации раствора трилона Б.
- 1 % раствор гидросиламина солянокислого ($\text{NH}_4\text{OH} \cdot \text{HCl}$). Навеску солянокислого гидросиламина массой 1 г растворяют дистиллированной водой в мерной колбе на 100 мл. **Раствор хранят в закрытой колбе не более 5 дней.**
- 20 % KOH . Навеску KOH массой 100 г растворяют в 400 мл дистиллированной воды.
- 25 % HCl . 635 мл концентрированной соляной кислоты помещают в мерную колбу на 1 л, содержащую 200-300 мл воды, и доводят объем до метки водой.
- 10 % NaOH . Навеску NaOH массой 100 г помещают в термостойкую колбу и растворяют в 900 мл дистиллированной воды.
- Раствор индикатора хрома кислотного темно-синего. Навеску хрома кислотного темно-синего массой 0,5 г помещают в мерную колбу на 100 мл, растворяют в этиловом спирте, разбавленном дистиллированной водой в соотношении 1:5, доводя объем раствора до метки. **Раствор хранят в склянке оранжевого стекла с притертой пробкой не более 2 мес.**
- Сухая индикаторная смесь из мурексида и хлорида натрия. Навеску мурексида массой 0,1 г тщательно растирают в фарфоровой ступке с 20 г хлорида натрия до получения однородной смеси.
- Хлоридно-аммиачный буферный раствор. Навеску хлористого аммония массой 20 г растворяют в 100 мл дистиллированной воды, приливают 100 мл 25 % водного раствора аммиака и доводят объем до 1 л дистиллированной водой.
- 2 % сульфид натрия ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). 11 мл насыщенного раствора сульфида натрия разбавляют дистиллированной водой до 100 мл.

Ход работы:

Для определения используют заранее приготовленную солянокислую вытяжку.

1. Определение суммы кальция и магния

Пипеткой отбирают 50 мл фильтрата солянокислой вытяжки и переносят в коническую колбу на 250 мл. К отобранному фильтрату добавляют 5 капель гидросиламина, несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия или 5-10 мл разбавленного раствора триэтанолamina, прибавляют 10 мл буферного раствора, 12-15 капель индикатора хром кислотного темно-синего и сразу же титруют раствором трилона Б до перехода окраски из вишнево-красной в голубую.

2. Определение кальция

Пипеткой отбирают 50 мл фильтрата солянокислой вытяжки и переносят в коническую колбу на 250 мл. Отобранный фильтрат нейтрализуют по лакмусовой бумажке 10 % NaOH , прибавляют 5 капель гидросиламина, несколько кристалликов диэтилдитиокарбамата натрия или 5-10 мл разбавленного раствора триэтанолamina, затем добавляют еще 2 мл 10 % NaOH и 50-60 г смеси мурексида с хлоридом натрия и сразу же титруют раствором трилона Б до перехода окраски их розовой в сиреневую.

Одновременно проводят титрование контрольной пробы, содержащей все реактивы, кроме анализируемой вытяжки.

Результаты определения кальция и магния заносят в таблицу (прил. 7).

Массовую долю оксида кальция (X) в % вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_{\text{CaO}} \times V \times K \times 100 \times 0,001402}{m \times 50}, \quad (25)$$

где V_{CaO} – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование анализируемой пробы при определении оксида кальция, мл; V – объем раствора 0,2 н соляной кислоты, приливаемый к навеске, мл; K – коэффициент молярности 0,05 н раствора трилона Б; m – масса навески торфа, г; 0,001402 – масса оксида кальция, соответствующая 1 мл 0,05 н раствора трилона Б, г; 50 – объем фильтрата, взятый для титрования, мл; 100 – пересчет на 100 г.

Массовую долю оксида магния (X_1) в % вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{(V_{CaO+MgO} - V_{CaO}) \times K \times V \times 0,00108 \times 100}{50 \times m}, \quad (26)$$

где m – масса навески торфа, г; V – объем раствора 0,2 н соляной кислоты, приливаемый к навеске, мл; 50 – объем фильтрата, взятый для титрования, мл; 0,00108 – масса оксида магния, соответствующая 1 мл 0,05 н раствора трилона Б, г; $V_{CaO+MgO}$ – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование суммы оксидов кальция и магния в пробе вытяжки, мл; V_{CaO} – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование оксида кальция в пробе вытяжки, мл; 100 – пересчет на 100 г.

Массу оксида кальция (X_2) и оксида магния (X_3) в % в пересчете на сухое вещество вычисляют по формулам:

$$X_2 = \frac{X \times 100}{190 - W}, \quad (27)$$

$$X_3 = \frac{X_1 \times 100}{100 - W}, \quad (28)$$

где X – массовая доля оксида кальция, %; X_1 – массовая доля оксида магния, %; W – влажность исследуемого торфа, %.

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений оксида кальция при доверительной вероятности $P = 0,95$, не должно превышать значений, указанных в таблице 16.

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений оксида магния при доверительной вероятности $P = 0,95$, не должно превышать значений, указанных в таблице 17.

Пример: Для определения содержания обменного кальция и магния была взята навеска торфа массой 5,09 г, влажность – 87,6 %. Навеска заливалась 250 мл 0,2 н соляной кислоты, раствор отфильтровывался и из полученного фильтрата было отобрано две аликвоты по 50 мл для определения кальция и суммы кальция и магния. Обе пробы после добавления необходимых реактивов титровали раствором трилона Б. На титрование пробы на кальций потребовалось 0,06 мл трилона Б, на титрование пробы на сумму кальция и магния – 27,8 мл.

Таким образом, массовая доля оксида кальция (X) в % составила:

$$X = \frac{0,06 \times 250 \times 0,05 \times 100 \times 0,001402}{5,09 \times 50} = 4,132 \text{ \%}.$$

Массовую долю оксида магния (X_1) в %:

$$X_1 = \frac{(27,8 - 0,06) \times 0,05 \times 250 \times 0,00108 \times 100}{50 \times 5,09} = 0,147 \text{ \%}.$$

Таблица 16

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений оксида кальция

Масса калия, СаО	Абсолютное допускаемое расхождение
До 1,0	0,10-0,20
От 1,0 до 2,0	0,15-0,30
Свыше 2,0	0,20-0,40

Таблица 17

Абсолютное допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений оксида магния

Масса MgO ₂	Абсолютное допускаемое расхождение
До 0,1	0,02-0,04
От 0,1 до 0,3	0,04-0,08
Свыше 0,3	0,06-0,12

Масса оксида кальция (X_2) и оксида магния (X_3) в % в пересчете на сухое вещество составила:

$$X_2 = \frac{4,132 \times 100}{190 - 87,6} = 4,04 \% \text{ от с.в.},$$

$$X_3 = \frac{0,147 \times 100}{100 - 87,6} = 1,19 \% \text{ от с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Какие последствия отмечаются при изменении содержания кальция в торфах?
2. Как изменяется содержание кальция и магния в торфах разного типа?
3. В чем заключается сущность комплексонометрического метода определения обменного кальция и магния?

Лабораторная работа 3.14. Определение выхода гуминовых кислот в торфе

Гуминовые кислоты – смесь кислых веществ биохимического превращения отмерших высших растений, извлекаемых из торфа водными щелочными растворами; представляющих собой группу аморфных конденсированных поликарбоновых кислот с относительно высокой молекулярной массой, находящихся в виде свободных гуминовых кислот и солей (гуматов) кальция, магния, железа и т.д.

Свободные гуминовые кислоты – гуминовые кислоты, извлекаемые из торфа однократной экстракцией 1 % раствором гидроксида натрия и последующим осаждением их минеральной кислотой.

Общий выход гуминовых кислот – сумма свободных гуминовых кислот и гуминовых кислот, связанных в виде солей (гуматов), получаемая при экстракции торфа щелочным раствором пиррофосфата натрия с последующей экстракцией 1 % раствором гидроксида натрия и осаждением минеральной кислотой.

Гуминовые кислоты являются основной составляющей частью органического вещества торфа и определяют свойства торфяных систем. На основании гуминового комплекса торфов на сегодняшний день существует большое количество стимуляторов роста, средств защиты растений и другой продукции.

Сущность метода заключается в обработке аналитической пробы торфа щелочным раствором пиррофосфата натрия с последующей экстракцией пробы раствором пироксида натрия, осаждением гуминовых кислот избытком минеральной кислоты и определением массы полученного осадка.

Цель работы: определить выход гуминовых кислот в торфе пиррофосфатным методом.

Оборудование и реактивы:

1. Шкаф сушильный, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева 90 ± 5 °С, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,001 г, встряхиватель механический, эксикатор.
2. Колбы конические на 250 и 500 мл, мерные цилиндры на 100 мл, мерные колбы на 500 мл, воронки, беззольные фильтры синяя лента, индикаторная бумага, стеклянные бюксы.
3. Дистиллированная вода, 1 % NaOH, 5 % HCl.

Приготовление реактивов:

1. 1 % NaOH. Навеску гидроксида натрия массой 10 г растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, переносят в мерную колбу на 1 л и доводят объем водой до метки.
2. 5 % HCl. 118,2 мл HCl вносят в мерную колбу на 1 л, содержащую 500-600 мл дистиллированной воды и доводят водой до метки.

Ход работы:

1. Определение гуминовых кислот.

Навеска торфа массой 2 г в пересчете на сухое вещество переносится в коническую колбу на 250 мл. К навеске добавляют 100 мл 1 н NaOH и перемешивают в течение 1 ч с помощью механического встряхивателя.

Через час раствор гуматов декантируют (сливают надосадочную часть), собирая в коническую колбу на 500 мл.

После декантации остаток торфа промывают дважды по 100 мл раствором гидроксида натрия, сливая каждый раз растворы в колбу к гуматам. Остаток торфа в колбе, отмытый от щелочных гуматов до нейтральной реакции, фильтруют через воздушно-сухой предварительно взвешенный фильтр и 1-2 раза промывают на фильтре дистиллированной водой. Фильтрат присоединяют к гуматам, которые после этого хорошо перемешивают, измеряют объем и отбирают для осаждения гуминовых кислот 200 мл.

В колбу с гуматами приливают 10 % соляную кислоту из расчета 5 мл кислоты на 200 мл гуматов (до сильно кислой реакции). Кислоту добавляют постепенно при постоянном перемешивании. Выпавшим гуминовым кислотам дают осесть и по возможности отделяют надосадочную жидкость (раствор фульвовых кислот). Осадок гуминовых кислот фильтруют через абсолютно-сухой, предварительно взвешенный беззольный фильтр.

Гуминовые кислоты на фильтре промывают дважды 0,5 % HCl, затем холодной водой отмывают до нейтральной реакции на лакмусовую бумагу.

Гуминовые кислоты с фильтром подсушивают на воздухе, помещают в предварительно взвешенный стеклянный бюкс и сушат до постоянного веса в сушильном шкафу при 80 °С.

Полученные результаты заносят в таблицу (прил. 8).

Выход гуминовых кислот (X) в пересчете на сухое состояние в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \times m_1 \times 100 \%}{V_1 \times m}, \quad (29)$$

где m_1 – масса сухих гуминовых кислот, г; V – общий объем щелочного раствора, мл; V_1 – объем аликвоты щелочного раствора, взятой для осаждения гуминовых кислот, мл; m – масса навески торфа в расчете на сухое состояние, г.

Таблица 18

Результат определения выхода гуминовых кислот вычисляют с точностью до 0,1 %.

За результат принимают среднее арифметическое двух наиболее близких результатов в пределах допускаемых расхождений, указанных в таблице 18.

Допускаемые расхождение между результатами двух параллельных определений выхода гуминовых кислот

Выход гуминовых кислот	Максимально допустимое расхождение между результатами
До 20 %	10 % низшего результата
Свыше 20 %	5 % низшего результата

Пример: При щелочной экстракции 2 г торфа получили 500 мл раствора. Для осаждения гуминовых кислот отобрали 200 мл раствора. После осаждения и фильтрации через сухой беззольный фильтр массой 1,9233 г, вес фильтра составил 2,0419 г.

Таким образом, масса сухих гуминовых кислот составила:

$$2,0419 - 1,9233 = 0,1186 \text{ г.}$$

Выход гуминовых кислот в пересчете на сухое состояние в процентах составил:

$$X = \frac{200 \times 0,1186 \times 100 \%}{500 \times 2} = 2,37 \%$$

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое гуминовые кислоты?
2. Дайте определение понятию общий выход гуминовых кислот.
3. Для чего в современной промышленности и сельском хозяйстве используются гуминовые кислоты торфов?
4. В чем сущность пирофосфатного метода определения гуминовых кислот в торфах?



ГЛАВА 4. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЗИМОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФА

4.1. Микробиологические свойства торфа

Микроорганизмы играют важную роль в процессах торфогенеза. Очень долгое время существовало представление о крайней бедности торфяных почв микроорганизмами, и даже его стерильности. Считалось, что превращение органических веществ в торфяных почвах осуществляется чисто химическим путем, и исключалось какое-либо участие микроорганизмов. Однако было установлено, что торфяные почвы содержат различные группы микроорганизмов, численность которых может достигать сотни тысяч – миллионы.

Разложение растительных остатков осуществляется различными микроорганизмами: актиномицетами, плесневыми и дрожжевыми грибами, бактериями. Наиболее интенсивно процесс разложения растительных остатков протекает в самом поверхностном, наиболее аэрированном слое. Глубина его в среднем составляет 50 см и все основные свойства торф получает именно в этом слое. Однако и в более глубоких слоях микроорганизмы могут находиться в жизнеспособном состоянии по всему профилю торфяника, о чем свидетельствует их рост на питательных средах, высеваемых с разных глубин, вплоть до подстилающей породы.

Еще С. Н. Виноградский разделил все микроорганизмы на две группы, использующие принципиально разные типы экологической стратегии. К первой группе относятся автохтонные микроорганизмы, ко второй группе – зимогенные.

Микрофлора зимогенная – совокупность микроорганизмов, господствующих в почвах, в которые поступают свежие органические вещества. По современным представлениям, зимогенные микроорганизмы, наряду с автохтонными, могут участвовать в минерализации гумусовых веществ. Зимогенная микрофлора играет роль поставщика материалов, из которых синтезируются молекулы гумуса, и ферментов, участвующих в этом процессе. Зимогенные микроорганизмы присутствуют «всплесками», когда есть много органического вещества (например, один раз в году при листопаде), растут с высокими скоростями, требуют повышенных концентраций питательных веществ. При таком быстром росте рассеивается много энергии и органического вещества.

Микрофлора автохтонная – совокупность микроорганизмов, господствующих в почве, не получающих длительное время свежих органических веществ. Частично продукты растительного и животного опада превращаются в перегной, который постепенно минерализуется автохтонной микрофлорой. Она представляет собой специфическую подгруппу сапрофитов. К таким микроорганизмам, прежде всего, относятся актиномицеты и проактиномицеты. Рост таких микроорганизмов происходит медленно, но постоянно.

Процесс трансформации растительных остатков можно подразделить на процессы разложения и процессы гумификации (образование гумуса).

Процессы разложения сопровождаются образованием биомассы микроорганизмов-разрушителей и ресинтезом органических веществ. Участие тех или иных микроорганизмов в разложении

различных растительных материалов определяется их физиологическими свойствами, и прежде всего особенностями их ферментативных систем. В частности, способность разлагать полимерные соединения в большей степени свойственна грибам и актиномицетам, чем бактериям. По мере изменения химического состава растительных остатков в процессе разложения происходит сукцессия видов микроорганизмов, участвующих в деструкции растительных остатков. В первую очередь развиваются микроорганизмы, использующие простые водорастворимые соединения – неспоронные бактерии и «сахарные» грибы. За ними – споронные бактерии, разрушители клетчатки; затем – деструкторы лигнина и гумуса.

Гумусом, или гумусовыми веществами, называются специфические органические соединения (гумусовые кислоты, гумин), образующиеся в результате множественных химических превращений и способные к полимеризации (уплотнению молекул). Характерная черта гумуса – устойчивость против микроорганизмов и как следствие накопление и длительное сохранение в почве.

Процесс образования гумуса очень сложен, он протекает под действием различных бактерий – разрушителей клетчатки и пектиновых веществ, маслянокислых бактерий, гнилостных бактерий; так же в этом процессе участвуют актиномицеты.

Торфообразование включает в себя множество процессов. Одним из активных процессов является аммонификация – процесс минерализации азотсодержащих органических веществ с выделением аммиака. Микроорганизмы, которые осуществляют этот процесс, получили название аммонификаторы. По данным ряда авторов аммонификаторы наиболее многочисленная в торфяных почвах группа микроорганизмов.

Нитрификация – следующий за аммонификацией этап превращения азота микроорганизмами. Этот процесс представляет собой окисление аммиака, образующегося при разложении органических азотсодержащих соединений. В торфах процессы нитрификации протекают слабо или отсутствуют вообще. Численность денитрифицирующих бактерий варьирует в низинных торфяных почвах от 4 тыс. до 2 млн. КОЕ/г, а в верховых – от 0,3 до 1,3 тыс. КОЕ/г.

Процессы разложения азотсодержащих органических веществ завершают денитрификаторы. Денитрификация – процесс, обратный нитрификации.

Азотфиксация в торфяных почвах осуществляются олигонитрофильными микроорганизмами и анаэробными бактериями рода *Clostridium*.

Торфяные почвы содержат значительное количество углеводов, особенно целлюлозы, которые подвергаются разложению целлюлозолитическими организмами. Придавая большое значение процессу разрушения целлюлозы в почвах, С.Н. Виноградский писал, что именно целлюлоза является основным источником энергии для всей жизни почвы. Микроорганизмы, принимающие участие в превращении одного из наиболее стойких углеродсодержащих соединений – клетчатки, обнаружены во всех типах торфяных почв. Энергично процесс разрушения целлюлозы идет в верхних слоях, большинство целлюлозоразрушающих микроорганизмов найдено в верхнем (0-10 см) слое, с глубиной их численность падает. В целинных торфяных почвах всех типов, обнаруживался в качестве преобладающего грибной тип разложения клетчатки. В качестве основных видов грибов – разрушителей целлюлозы называли *Penicillium*, *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Mucor* и темноокрашенные грибы. Среди бактерий – представители порядка *Mycobacteriales*. В разрушении целлюлозы принимают участие и актиномицеты, особенно в глубоких слоях, но роль их в разрушении клетчатки невелика, в среднем 10-15 % от общего количества деструкторов целлюлозы.

Размножение микроорганизмов в торфяной почве и их активность очень зависят от условий среды, они обусловлены характером органических остатков, зольностью, а также условиями аэрации и влажности, уровнем рН и пр. Также на активность микроорганизмов влияет ботанический состав. Травянистые формы растений, по сравнению с древесными формами значительно богаче доступными питательными веществами и легче поддаются разложению.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что торфообразование – это сложный биохимический процесс, в котором принимают участие многочисленные микроорганизмы, выполняющие функции по разложению и синтезу органического вещества, приводящие, в конечном счете, к образованию торфа болотных почв.

Лабораторная работа 4.1.1. Определение микробной биомассы методом люминесцентной микроскопии

Микробная биомасса (общее содержание микроорганизмов в торфяных почвах) один из важнейших компонентов, влияющих на развитие и функционирование торфяно-болотных экосистем. Четко дифференцировать эукариотные и прокариотные клетки позволяет метод люминесцентной микроскопии.

Метод люминесцентной микроскопии основан на способности некоторых веществ светиться при воздействии коротковолнового излучения. При этом испускаемые световые волны длиннее волны, вызывающей свечение. Иными словами, флюоресцирующие объекты поглощают свет одной длины волны и излучают в другой области спектра. Например, если индуцирующее излучение сильнее, то образующееся свечение может быть красным или желтым. Эти вещества (акридиновый оранжевый, родамин, калькофлуор и др.) используют как флюоресцирующие красители для наблюдения флюоресцирующих (люминесцирующих) объектов. Этот метод обладает рядом преимуществ, заключающихся в быстроте, разносторонности и высокой точности исследований.

Цель работы: определить содержание микробной биомассы в разных видах торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания 0,01 г, ультразвуковая установка УЗДН-1, люминесцентный микроскоп.
2. Колбы на 250 мл со 100 мл стерильной воды, фарфоровая ступка и пестик, пипетка на 1 мл, микропипетка на 0,1 мл, пробирки с 10 мл стерильной водопроводной воды, предметные стекла, покровные стекла, спиртовка, спички, бактериологические петли, кристаллизатор.
3. Водный раствор калькофлуора белого, водный раствор акридина оранжевого, спирт, не люминесцирующее иммерсионное масло.

Приготовление реактивов:

1. Водный раствор калькофлуора белого (разведение 1 : 10 000). 0,5 г красителя растворить в 500 мл дистиллированной воды.
2. Водный раствор акридина оранжевого. Сначала готовят основной 0,1 % раствор акридина оранжевого (разведение 1 : 10 000), для этого 1 г красителя растворяют в 1 л дистиллированной воды. Для приготовления рабочего раствора стерильной пипеткой берут 1 мл концентрированного красителя и помещаем в пробирку с 10 мл стерильной воды. **Основной раствор красителя следует хранить при температуре 4 °С в посуде из темного стекла с притертой пробкой. Рабочие растворы акридина оранжевого не хранят.**

Ход работы:

1. Приготовление почвенной суспензии

Навеску торфа массой 1 г помещаем в колбу со 100 мл стерильной воды. Далее почвенную суспензию обрабатывают на ультразвуковой установке УЗДН-1 (3 мин, сила тока 0,40 А, частота 15 кГц). В случае отсутствия в лаборатории ультразвуковой установки для подготовки почвенной суспензии можно воспользоваться растиранием торфа. Для этого берут 1 г торфа и 100 мл стерильной воды. Торф растирают в ступке в течение 5 мин. Затем полученную смесь переносят в колбу с остатками стерильной воды.

Из приготовленной суспензии стерильной пипеткой отбирают 1 мл и переносят в пробирку с 10 мл стерильной водопроводной воды, затем новой пипеткой из пробирки, предварительно перемешав, отбирают 1 мл суспензии и переносят во вторую пробирку с 10 мл стерильной водопроводной воды. Из второй пробирки 1 мл суспензии переносят в третью пробирку с 10 мл стерильной водопроводной воды. Третью пробирку используют для анализа.

2. Приготовление микропрепаратов

Для одного образца нужно приготовить 4 предметных стекла (2 на бактерии и 2 на грибы). На каждом стекле с обратной стороны готовят трафареты 2×2 см. На каждом стекле можно приготовить 3 препарата.

Далее микропипеткой на 0,1 мл на стекла для бактерии наносят по 0,01 мл почвенной суспензии из третьего разведения. На стекла для грибов наносят по 0,04 мл суспензии. Нанесенную каплю распределяют покровным стеклом по площади трафаретов, заранее расчерченных с обратной стороны. Препараты высушивают на воздухе при комнатной температуре. Затем фиксируют над пламенем спиртовки, три раза проведя через него.

После фиксирования препараты окрашивают. Для грибов используют калькофлюор белый, время окрашивания – 10 мин, для бактерии – акридин оранжевый – 3 мин.

Окраска препаратов грибов. Разведенный раствор наносят пипеткой на стекла с грибами, растирают бактериологической петлей, оставляют на 10 мин. Затем стекло обмывают в водопроводной воде и высушивают при комнатной температуре.

Окраска препаратов бактерий. Раствор красителя наносят на стекла с бактериями, растирают и оставляют для окраски на 3 минуты.

Затем для удаления избытка красителя стекла погружают на 10 мин в стакан или кювету с водопроводной водой, или промывают на кристаллизаторе. Окрашенные и промытые препараты высушивают при комнатной температуре.

3. *Микроскопирование и расчет микробной биомассы.* Препараты просматривают на люминесцентном микроскопе со светофильтрами ЖС-19, ЖС-18, объектив Х90 Л, окуляры Х4 или Х5. До начала микроскопирования микроскоп должен нагреться до 4 А. Грибы следует смотреть на 2 диафрагме, бактерии на 1.

На окрашенное стекло наносят каплю воды, накрывают покровным стеклом и убирают излишки воды фильтровальной бумагой. Поверх покровного стекла капают нелюминесцирующее иммерсионное масло (можно вазелин), устанавливают стекло на столик микроскопа, открывают шторку. На каплю масла опускают объектив на 90 ФЛ, наводят на поле зрения и двигают по стеклу с помощью иммерсионного масла.

Подсчет клеток бактерий и спор грибов ведут в 20 полях зрения, а длину актиномицетного и грибного мицелия посчитывают с помощью окулярной линейки на 50 полях зрения. Расчет микробной биомассы проводят по формуле:

$$N = \frac{4 \times a \times n}{s \times b} \times 10^{10}, \quad (30)$$

где N – количество клеток (в 1 г сухого торфа); a – среднее число (длина) клеток (мицелия) в поле зрения; n – показатель разведения; s – площадь поля зрения (мкм^2); b – навеска торфа, взятая для анализа.

Численность бактерий определяем в млрд., споры – в млн., мицелий в м или км.

Биомассу бактерий и актиномицетного мицелия высчитывают следующим образом. Учитывая, что удельная масса микроорганизмов равна $1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, а содержание воды в клетках – 80 %, то сухая биомасса одной бактериальной клетки объемом $0,1 \text{ мкм}^3$ составляет $2 \cdot 10^{-14} \text{ г}$, а одного метра актиномицетного мицелия диаметром $0,5 \text{ мкм}$ – $3,9 \cdot 10^{-8} \text{ г}$. Соответственно биомасса бактерий = $2 \cdot 10^{-14} \cdot N$; биомасса актиномицетного мицелия равна $3,9 \cdot 10^{-8} \cdot N$.

В результате получаем все величины в размере мг/г, далее суммируем их, получаем сумму биомассы в образце.

Лабораторная работа 4.1.2. Определение активности микроорганизмов методом субстрат-индуцированного дыхания

Метод субстрат-индуцированного дыхания (СИД) дает информацию о взаимосвязи величины микробной биомассы, ее дыхательной активности и параметрах экофизиологического статуса микробного сообщества. Метод СИД является чувствительным, воспроизводимым, менее трудоемким и время затратным, а также менее субъективным по сравнению, например, с методом прямой люминесцентной микроскопии. Следует также заметить, что определение микробной биомассы и ее основных характеристик методом СИД, позволяет оценить реальное состояние торфяной залежи. Знания о потенциальной и индуцированной дыхательной активности микрофлоры торфяного профиля болот важны для прогнозных сценариев (динамика процесса торфообразования, использование торфяных экосистем в сельском хозяйстве, осушение, образование диоксида углерода и его эмиссия в атмосферу). В ряде зарубежных стран метод СИД входит в перечень стандартных параметров, характеризующих биологические свойства почв.

Цель работы: оценить активность микробной биомассы разных видов торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью 0,01 г, газовый хроматограф, термостат.
2. Флаконы на 250 мл с резиновыми пробками, пипетки на 1 мл,
3. Глюкозо-минеральная смесь (ГМС).

Приготовление реактивов:

Глюкозо-минеральная смесь (мг/мл): глюкоза – 200; K_2HPO_4 – 20; $(NH_4)_2SO_4$ – 20.

Ход работы:

1. Определение субстрат-индуцированного дыхания (СИД)

Навеску торфа массой 2 г помещают во флакон объемом 250 мл, добавляют 0,1 мл раствора глюкозо-минеральной смеси, закрывают флакон пробкой и шприцом отбирают пробу воздуха на хроматографический анализ. Отобранную пробу газовой смеси вводят в хроматограф. Флаконы с навеской торфа, обогащенный глюкозо-минеральной смесью, помещают в термостат и инкубируют их в течение 3 ч при температуре 22 °С. По истечении времени из флакона отбирают газовую пробу и анализируют ее на хроматографе.

Расчет СИД в (мкг CO_2 -С/г торфа*час) проводят по следующей формуле:

$$СИД = \frac{CO_{2\text{ конц.раб.}} - CO_{2\text{ конц.исход.}} \times V \times 1,8}{1000 \times m \times t} \times 1000, \quad (31)$$

где СИД (мкг С- CO_2 /г торфа*час) – скорость субстрат-индуцированного дыхания, мкг С- CO_2 г торфа*ч; $CO_{2\text{ конц.раб.}}$ – концентрация С- CO_2 в газовой фазе флакона с почвой через 3 часа после инкубации, ррт; $CO_{2\text{ конц.исход.}}$ – концентрация С- CO_2 в газовой фазе флакона сразу после добавления ГМС, ррт; V – объем флакона, л; 1,8 – коэффициент перевода ррт в мг/л; m – масса навески торфа, г; t – время инкубации образца, часы.

2. Определение базального дыхания (БД)

Базальное дыхание (БД) определяют по скорости выделения CO_2 почвой за 24 часа ее инкубации при температуре 22 °С. Определение проводят так же, как и для СИД, но без добавления глюкозо-минеральной смеси.

Навеску торфа массой 2 г помещают во флакон объемом 250 мл, флакон закрывают пробкой и из него отбирают пробу газа на хроматографический анализ. Отобранную пробу вкалывают в хроматограф. Флакон с торфом инкубируют в термостате 24 ч при температуре 22 °С, по истечении этого времени из флакона отбирают газовую пробу и анализируют ее на хроматографе. Расчет БД (мкг CO_2 -С/г торфа*час) проводят по формуле (31).

3. Углерод микробной биомассы

Данный показатель рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{мик}} = СИД \times 40,04 + 0,37, \quad (32)$$

где $C_{\text{мик}}$ – углерод микробный, мкг С/г почвы; СИД – субстрат-индуцированное дыхание, мкг С/г торфа*ч; 40,04 и 0,37 – коэффициенты пересчета.

4. Микробная биомасса (МБ)

Данный показатель рассчитывается по формуле:

$$МБ = C_{\text{мик}} \times K_W, \quad (33)$$

где МБ – микробная биомасса, мг/г сухого торфа; $C_{\text{мик}}$ – углерод микробный, мкг С/г почвы; K_W – коэффициент влажности.

5. Микробный метаболический коэффициент (QR)

Рассчитывается как отношение скорости базального дыхания к субстрат-индуцированному дыханию.

$$QR = \frac{БД}{СИД}, \quad (34)$$

где QR – микробный метаболический коэффициент; СИД – субстрат-индуцированное дыхание; БД – базальное дыхание.

Лабораторная работа 4.1.3. Определение численности аммонификаторов и амилолитиков методом посева

По соотношению бактерий, учитываемых на средах МПА и КАА, судят о коэффициенте минерализации торфа. Если количество бактерий, усваивающих минеральные формы азота, превышает численность аммонификаторов, то считается, что коэффициент минерализации довольно высок. Однако, по мнению Н. И. Гантимуровой (1970), это соотношение не всегда указывает на высокую активность процессов минерализации, а скорее оно свидетельствует о бедности торфяно-болотных почв легкодоступным для бактерий органическим азотом.

Определение количества микроорганизмов проводится методом посева на плотные среды (чашечный метод). Сущность метода заключается в высеве определенного объема исследуемой суспензии микроорганизмов на плотную среду в чашке Петри и последующем подсчете выросших колоний.

Цель работы: определить количество аммонификаторов и амилолитиков в разных типах торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания 0,01 г, спиртовки, спички.
2. Колбы на 250 мл с 90 мл стерильной водопроводной воды, пробирки с 9 мл стерильной водопроводной воды, шпатели микробиологические, пипетки на 1 мл, чашки Петри с питательной средой.
3. Мясо-пептонный агар, крахмало-аммиачный агар.

Приготовление реактивов:

1. Мясо-пептонный агар. В 500 мл дистиллированной воды вносят 3,5 г мясо-пептонного бульона и 10 г агара. Среду кипятят, а затем стерилизуют в автоклаве при избыточном давлении 0,1 МПа в течение 30-40 минут.
2. Крахмало-аммиачный агар. В 500 мл дистиллированной воды вносят $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 1 г, MgSO_4 – 0,5 г, NaCl – 0,5 г, CaCO_3 – 1,5 г, крахмал растворимый – 5 г, агар – 10 г. Среду кипятят, а затем стерилизуют в автоклаве при избыточном давлении 0,1 МПа в течение 30-40 минут. Отдельно в небольшом количестве дистиллированной воды растворяют 0,5 г K_2HPO_4 . После стерилизации среды к ней добавляют раствор K_2HPO_4 .

Ход работы:

1. Приготовление почвенного разведения

Перед приготовлением разведений готовят почвенную болтушку. Для этого взвешивают 10 г торфа и переносят его в колбу с 90 мл стерильной водопроводной воды. Затем 1 мл исходной суспензии (болтушки), взятый стерильной пипеткой, переносят в пробирку с 9 мл стерильной воды – это 1-е разведение. Полученную в 1-м разведении суспензию с помощью новой стерильной пипетки тщательно перемешивают и этой же пипеткой 1 мл полученного разведения переносят во 2-ю пробирку, а затем в третью и т.д. (рис. 19).

Приготовление почвенной болтушки и последующих разведений проводятся с соблюдением правил стерильности, т.е. при зажженной спиртовке, торф отбирается пинцетом прокаленным в пламени спиртовки, для каждого нового разведения используется новая стерильная пипетка.

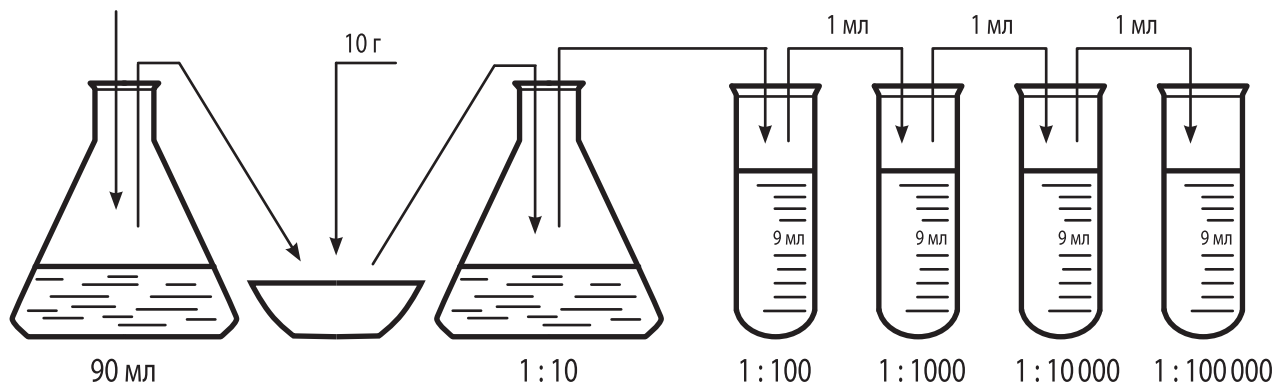


Рис. 19. Схема приготовления почвенного разведения

2. Посев на чашки Петри

Перед посевом на стол расставляют чашки Петри с агаризованной питательной средой. Для аммонификаторов – мясопептонный агар (МПА), для микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (амилолитиков) – крахмалоаммиачный агар (КАА). На чашках указывается номер образца, и разведение из которого будет сделан посев. Посев делают из 4 и 3 разведения, посев на каждую среду делают в трех повторностях.

Посев на МПА: На поверхность готовой среды в три чашки Петри стерильной пипеткой наносят 0,05 мл суспензии из пробирки с 4 разведением. Далее стерильным стеклянным шпателем суспензию распределяют по поверхности среды. Распределять суспензию нужно достаточно быстро, чтобы она не успела впитаться в агаризованную пластинку.

Посев на КАА: На поверхность готовой среды в три чашки Петри стерильной пипеткой наносят 0,05 мл суспензии из пробирки с 3 разведением. Далее стерильным стеклянным шпателем этот объем распределяют по поверхности среды.

Засеянные чашки Петри помещают в термостат крышками вниз и инкубируют при температуре 25-28 °С в течение 4-12 дней. Посевы, сделанные на МПА, обычно просматривают на 4-7 день, на КАА – через 10-12 дней.

3. *Подсчет количества микроорганизмов.* По истечении необходимого времени производят подсчет колоний на всех чашках и определяют среднюю численность микроорганизмов. Для подсчета берут чашки на которых вырастает от 50 до 150 колоний. Чашки с количеством колоний менее 50 считаются недостоверными. При большом количестве выросших колоний (более 150) производят подсчет на $\frac{1}{4}$ чашки с последующим пересчетом на всю ее площадь. Из суммы колоний, выросших на трех чашках, выводят среднеарифметическое число. Результаты анализа пересчитывали на 1 г сухого торфа (с.т.) по формуле (Аникеев, Лукомская, 1983).

$$N = \frac{A \times K_w}{V} \times 10^n, \quad (35)$$

где N – количество КОЕ (колонии образующие единицы) в 1 г с.т.; A – количество колоний в чашке Петри; K_w – коэффициент пересчета на сухое вещество; V – объем разведения, наносимый на чашку Петри (0,05 мл); n – номер рабочего разведения.

Пример: Для определения количества микроорганизмов была взята навеска торфа массой 10 г. Коэффициент пересчета на сухое вещество исследуемого образца торфа – 6,88. В чашку Петри на поверхность питательной среды было нанесено 0,05 мл почвенной суспензии из пробирки с 3 разведением. Через неделю на чашке Петри выросло 53 колонии микроорганизмов. Подсчет полученных данных показал, что количество КОЕ (колонии образующие единицы) в 1 г с.т. равно

$$N = \frac{(53 \times 6,88)}{0,05} \times 10^3 = 7292800 \text{ КОЕ/г с.т.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. На какой глубине процесс разложения растительных остатков протекает наиболее интенсивно?
2. Какая группа микроорганизмов преобладает в почвах, в которые поступают свежие органические вещества?
3. Как называются специфические органические соединения, образующиеся в результате множественных химических превращений и способные к полимеризации?
4. Что такое аммонификация?
5. Какие растения легче поддаются разложению микроорганизмами?
6. Что такое микробная биомасса?

4.2. Энзимологические свойства торфа

Биологическое состояние торфов и торфяных почв наряду с микробиологическими методами можно оценить путем определения ферментов. Преобразование органического вещества, мобилизация макро- и микроэлементов в торфяных залежах осуществляется с помощью ферментов. По активности различных ферментов можно диагностировать ряд биохимических процессов происходящих в почвах и торфяных залежах: минерализация, гумусообразование, азотфиксация, нитрификация и др. Активность ферментов, как предполагают, дает более объективные данные при биодиагностике почв, чем активность микроорганизмов, в связи с более чутким реагированием ферментов на различные изменения факторов окружающей среды.

Ферменты (энзимы) – вещества белкового происхождения, которые во много раз ускоряют биохимические реакции. Термин «ферменты» произошел от лат. «fermentum» – закваска, а энзимы – от греч. *ен* – внутри, *зим* – закваска). Эффективность ферментов высока: 1 молекула катализирует превращение 10^2 – 10^6 молекул субстрата в минуту. Каждый фермент каталитически ускоряет, преимущественно, одну-единственную химическую реакцию или, в крайнем случае, группу реакций одного типа. Например, полифенолоксидаза окисляет полифенолы и их производные.

Начало развития почвенной энзимологии в нашей стране было положено работами В. Ф. Купревича, который обозначил основные задачи этой дисциплины: исследование активности, состава, происхождения почвенных ферментов, их роли в плодородии почвы.

По строению ферменты бывают *однокомпонентные, простые белки* и *двухкомпонентные, сложные белки*. Во втором случае в составе фермента обнаруживается добавочная группа небелковой природы. Добавочная группа, которая прочно связана и не отделяема от белковой части, называют *простетической группой*. Добавочную группу, которая легко отделяется от фермента и способную к самостоятельному существованию, обычно называют *коферментом*.

Основную роль в механизме ферментативного катализа играет образование фермент-субстратных комплексов, на существование которых впервые указал Д. Браун (1902).

На первой фазе ферментативного катализа между субстратом (или субстратами) и ферментом образуется соединение, в котором реагенты связаны между собой ионной, ковалентной или иного типа связью.

На второй фазе субстрат под действием присоединенного к нему фермента претерпевает изменение, делающее его более доступным для соответствующей химической реакции.

На третьей фазе происходит сама химическая реакция.

На четвертой фазе образовавшиеся продукты реакции освобождаются из фермент-продуктного комплекса.

По типу важнейших биохимических процессов, лежащих в основе жизнедеятельности любого организма, все ферменты делят на 6 классов.

1. Оксидоредуктазы – ускоряют реакции окисления – восстановления.
2. Трансферазы – ускоряют реакции переноса функциональных групп и молекулярных остатков.
3. Гидролазы – ускоряют реакции гидролитического распада, т.е. ферменты, ускоряющие реакции расщепления (а иногда и синтеза) органических соединений при участии воды.
4. Лиазы – ускоряют негидролитическое отщепление от субстратов определенных групп атомов с образованием двойной связи (или присоединяют группы атомов по двойной связи).
5. Изомеразы – ускоряют пространственные или структурные перестройки в пределах одной молекулы.
6. Лигазы – ускоряют реакции синтеза, сопряженные с распадом богатых энергией связей.

Среди почвенных ферментов наибольшее внимание исследователи уделяют ферментам класса гидролаз, а также ферментам класса оксидоредуктаз, участвующих в окислительно-восстановительных процессах синтеза гумусовых веществ.

Почвенные ферменты представляют собой смесь ферментов различного происхождения, поступающих из микроорганизмов, лишайников, водорослей, корней высших растений, почвенной мезофауны. Важнейшим источником ферментов в почве, торфе являются микроорганизмы. Суммарная ферментативная активность складывается из следующих составляющих: 1) внеклеточных иммобилизованных ферментов; 2) внеклеточных свободных ферментов; 3) внутриклеточных ферментов живых клеток; 4) внутриклеточных ферментов мертвых клеток; 5) внутриклеточных и внеклеточных

ферментов, которые образовались в искусственных условиях эксперимента и не свойственные для естественной почвы.

Аккумуляция ферментов в торфяных почвах осуществляется, главным образом, за счет внеклеточных ферментов, как выделенных микроорганизмами, так и поступивших после отмирания растений и животных, которые находятся в иммобилизованном состоянии, то есть скомплексированы с почвенными компонентами – минеральной частью и гумусом. Иммобилизованные торфом ферменты становятся стабильными катализаторами протекающих в нем биохимических процессов.

Ферменты принимают участие на всех этапах трансформации органического вещества, которые осуществляются по двум основным направлениям: а) минерализация до конечных продуктов с освобождением минеральных элементов, CO_2 и воды; б) разложение с прохождением стадии гумификации, обеспечивающее синтез биологически устойчивых веществ гумусовой природы.

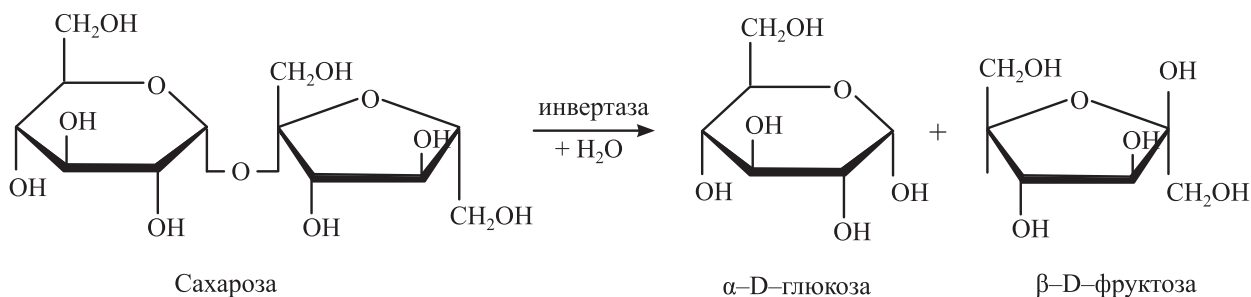
Почвы и торфяные залежи являются самыми богатыми по разнообразию ферментов. Ферментативная активность торфов определяется их геоботанической природой, степенью разложения, зольностью и другими факторами. Более высокая активность ферментов наблюдается в эвтрофном типе торфяных залежей, так как они формируются в условиях богатого водно-минерального питания.

Лабораторная работа 4.2.1. Определение инвертазной активности торфа

Инвертаза (β -фруктофуранозидаза, сахараза). Инвертазная активность является показателем интенсивности трансформации легкогидролизуемых углеводов торфа.

β -фруктофуранозидаза имеет гликопротеиновую природу. Независимо от происхождения фермента, в молекуле белка преобладают аспарагиновая и глутаминовая кислоты, серин и треонин. Углеводные компоненты в составе фермента могут быть очень разнообразны и включают маннозу (до 43–50 %), глюкозу (до 50 %) и некоторое количество галактозы.

Инвертаза действует на β -фруктофуранозидазную связь в сахарозе, раффинозе и др. Наиболее энергично инвертаза гидролизует сахарозу с образованием редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы. В дальнейшем глюкоза, например, может включаться в биосинтез гумусовых соединений в виде вторичных метаболитов.



На инвертазную активность оказывают влияние такие факторы как ботанический состав, степень разложения, зольность, pH и другие факторы. Чем выше степень разложения и зольность, тем ниже инвертазная активность. Одноименные по ботаническому составу группы торфов верхового и низинного типов характеризуются в среднем одинаковой инвертазной активностью, за исключением моховой группы, среди которых верховые торфа имеют большую активность инвертазы. Самой низкой инвертазной активностью отличаются древесные торфа низинного типа.

Химический метод определения инвертазной активности основан на измерении количества редуцирующих гексоз (инвертных сахаров – глюкозы и фруктозы), образующихся при гидролизе сахарозы. Сумму редуцирующих гексоз выражают в глюкозном эквиваленте. В основе метода Т. А. Щербаковой (1983) лежит реакция редуцирования сахаров с 3,5-динитросалициловой кислотой. Эта кислота в щелочной среде при кипячении восстанавливается сахарами в 3-амино-5-нитросалициловую кислоту, которая имеет желто-оранжевый цвет.

Цель работы: определить инвертазную активность разных типов торфа.

Оборудование и реактивы:

1. Фотокolorиметр, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,0001 г, термостат, водяная баня.
2. Штатив для пробирок, конические колбы с притертыми пробками на 50 мл, пробирки, пипетки на 1, 10 мл, фильтр белая (или желтая) лента.
3. Дистиллированная вода, 8%-ный раствор сахарозы, фосфатный буфер с рН 4,9, раствор 3,5-динитросалициловой кислоты, стандартный раствор глюкозы,

Приготовление реактивов:

1. 8 % сахароза. 8 г сахарозы растворяют в 92 мл дистиллированной воды.
2. Фосфатный буфер с рН 4,9. К 90 мл 1/15 М KH_2PO_4 приливают 3 мл 1/15 М $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, проверяют значение рН. При необходимости изменения рН до требуемого значения приливают 0,1 н соляной кислоты или 0,1 н КОН.
3. 1/15 М KH_2PO_4 . 9,066 г KH_2PO_4 растворяют в 1 л дистиллированной воды.
4. 1/15 М Na_2HPO_4 . 11,876 г $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 1 л дистиллированной воды (или 23,876 г $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 1 л дистиллированной воды).
5. 0,1 н. КОН. 5,611 г КОН растворяют в 1 л дистиллированной воды.
6. 0,1 н. HCl. Готовят из фиксанала (растворяют в 1 л дистиллированной воды).
7. Раствор 3,5-динитросалициловой кислоты. 0,5 г динитросалициловой кислоты растворяют в 20 мл 2 н NaOH, и 50 мл воды, добавляют 30 г сегнетовой соли, доводят объем до 100 мл дистиллированной водой. Раствор готовят обычно при комнатной температуре, но если растворяется плохо, то раствор медленно нагревают на магнитной мешалке примерно в течение 20 минут (при этом окраска раствора приобретает ярко-оранжевый цвет). Готовый раствор остужают и фильтруют через фильтр красная лента. **Реактив хранится в темной склянке с притертой пробкой (его необходимо защищать от CO_2). Срок хранения реактива не более 7 суток.**
8. 2 н NaOH. 8 г NaOH растворяют в 100 мл дистиллированной воды.
9. Стандартный раствор глюкозы. Глюкозу предварительно высушивают под вакуумом при 50–58 °С до постоянного веса. Навеску глюкозы массой 0,5 г перенести в мерную колбу на 100 мл и долить насыщенным раствором бензойной кислоты. Титр стандартного раствора глюкозы: 5 мг в 1 мл раствора.
10. Насыщенный раствор бензойной кислоты. Растворить 0,27 г бензойной кислоты в 100 мл дистиллированной воды. Если бензойная кислота плохо растворяется, то помещают колбу с раствором бензойной кислоты в стакан с горячей водой (на поверхности могут плавать хлопья – анализу они не мешают).

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика

Для построения графика готовят 8 рабочих растворов в соответствии с таблицей 19. Для построения калибровочной кривой в пробирки приливают от 0,05 до 1,2 мл стандартного раствора, 5 мл фосфатного буфера с рН 4,9; 3–5 капель толуола, перемешивают. К 1 мл смеси приливают 2 мл реактива динитросалициловой кислоты, пробирки нагревают в кипящей бане 5 мин, охлаждают под струей холодной воды и через 10–20 мин объем смеси доводят до 10 мл, хорошо перемешивают и колориметрируют при длине волны 508 нм против холостого раствора. **Холостой раствор:** в пробирку приливают 1 мл дистиллированной воды, 2 мл динитросалициловой кислоты, опускают пробирку в кипящую водяную баню на 5 мин, затем охлаждают и добавляют 7 мл дистиллированной воды. Полученные результаты заносят в таблицу и по ним строят калибровочный график.

Таблица 19

Данные для построения градуировочного графика

Показатель	Номера рабочих растворов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем стандартного раствора, мл	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Концентрация глюкозы, мг/мл	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Оптическая плотность								

2. Определение активности фермента

Навеску сырого торфа массой 0,5 г помещают в конические колбы на 50 мл с притертыми пробками (или резиновыми пробками № 24), приливают 15 мл 8%-ного раствора сахарозы, тщательно перемешивают, затем добавляют 5 мл фосфатного буфера с $pH = 4,9$.

Параллельно с приготовлением опытных образцов готовят контрольные образцы.

1. К навеске торфа приливают 15 мл дистиллированной воды, перемешивают, затем добавляют 5 мл фосфатного буфера с $pH = 4,9$ (для каждой пробы торфа – 1 колба в качестве контроля без субстрата).
2. В колбу добавляют 15 мл 8%-ного раствора сахарозы, перемешивают, затем приливают 5 мл фосфатного буфера с $pH = 4,9$ (2 колбы на всю партию образцов для определения чистоты субстрата – контроль без торфа).

Во все колбы, опытные и контрольные, добавляют по 3-4 капли толуола, содержимое колб тщательно перемешивают, закрывают пробками и помещают в термостат на 4 часа при температуре $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. После экспозиции растворы охлаждают 10-15 минут, отфильтровывают от торфа (через фильтр желтой или белой ленты). Из колб отбирают в пробирки по 1 мл фильтрата, добавляют 2 мл реактива 3,5-динитросалициловой кислоты, и нагревают в кипящей водяной бане в течение 5 мин, что останавливает действие фермента и способствует проявлению окраски.

По истечении времени пробирки со смесью охлаждают в холодной воде, выдерживают 10–20 мин для полного окрашивания. Затем доводят конечный объем смеси до 10 мл в каждой пробирке, хорошо перемешивают и фотоколометрируют при длине волны 508 нм в кювете 1 мл против холостого раствора.

Активность инвертазы выражают в мг глюкозы на 1 г сухого торфа за 4 часа по формуле:

$$A = \frac{C_{ГЛ} \times V \times k \times 10}{m \times V_a}, \quad (36)$$

где A – потенциальная инвертазная активность, мг глюкозы за 4 часа на 1 г сухого торфа; $C_{ГЛ}$ – концентрация глюкозы, мг в 1 мл раствора; V – объем инкубируемой жидкости до фильтрования, мл (20 мл); V_a – объем аликвоты, мл (1 мл); m – масса навески торфа, г; k – коэффициент пересчета на сухое вещество.

При расчете $C_{ГЛ}$ сумму показателей обеих контролей вычитают из показателей опытного раствора:

$$C_{ГЛ} = C_{ОП} - C_{ГЛ1} - C_{ГЛ2}, \quad (37)$$

где $C_{ГЛ1}$ – концентрация глюкозы в контроле; $C_{ГЛ2}$ – концентрация глюкозы в субстрате, $C_{ОП}$ – концентрация глюкозы в опытном растворе.

Пример: Для определения инвертазной активности торфов была взята навеска торфа массой 0,5 г. Коэффициент пересчета на сухое вещество исследуемого образца торфа составил – 6,88. После проведения анализа в результате фотометрического определения были получены следующие данные:

- оптическая плотность опытного раствора – 0,083 нм, что соответствует концентрации 0,1 мг глюкозы на градуировочном графике;
- оптическая плотность контрольного образца 1 (торф без субстратов) – 0,015 нм, что соответствует концентрации 0,025 мг на градуировочном графике;
- оптическая плотность контрольного образца 2 (субстраты без торфа) – 0,038 нм, что соответствует концентрации 0,05 мг на градуировочном графике;

Таким образом, активность инвертазы составила:

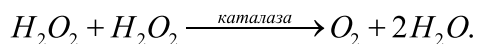
$$C_{ГЛ} = 0,1 - 0,025 - 0,05 = 0,025 \text{ мг глюкозы в 1 мл раствора.}$$

$$A_1 = \frac{0,025 \times 20 \times 6,88 \times 10}{0,5 \times 1} = 68,8 \text{ мг глюкозы за 4 часа / 1 г с.в.}$$

Лабораторная работа 4.2.2. Определение каталазной активности торфа

Одним из наиболее широко распространенных и изученных почвенных ферментов является каталаза.

Каталаза – двухкомпонентный фермент, состоящий из белка и соединенной с ним простетической группой, содержащей гематин. В настоящее время известно два типа каталаз, содержащих гем железа и марганец. Гемовые формы каталазы обнаружены у многих организмов и растений, тогда как Mn-каталаза – только у прокариот. Каталазная активность присуща для всех живых организмов, в том числе и микроорганизмов, а также широко распространена в почвах и торфах. Каталаза всегда присутствует в системах, где происходят процессы клеточного дыхания с участием флавиновых дегидрогеназ, в результате деятельности которых образуется токсичная для клетки перекись водорода. Каталаза играет важную роль, разлагая перекись водорода, образующуюся как в процессе дыхания живых организмов, так и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и свободный кислород. Этот кислород принимает участие в дальнейшем окислении органических веществ.



В реакции одна молекула перекиси водорода действует как донор электронов, а другая – в качестве акцептора. Во время реакции перенос электрона по цепи сопровождается синтезом АТФ, поэтому для микроорганизмов разложение перекиси – один из источников пополнения запасов высокоэнергетических материалов для синтеза различных веществ. Поэтому некоторые исследователи считают, что активность каталазы можно рассматривать как показатель функциональной деятельности микроорганизмов в различных экологических нишах.

Каталаза также катализирует окисление первичных спиртов до альдегидов в присутствии перекиси водорода, а также других соединений. Фермент иммобилизуется различными почвенными компонентами, после чего приобретает устойчивость и не теряет своей активности. В процессе разложения перекиси водорода в почвах и торфяных залежах могут принимать участие и неорганические катализаторы, такие как соединения железа и марганца, что необходимо учитывать при определении активности каталазы.

Газометрический метод определения каталазной активности почв основан на определении объема кислорода, который выделяется при разложении перекиси водорода при температуре 16–18 °С.

Прибор для газометрического измерения каталазы конструкции Ю. В. Круглова и Л. Н. Пароменской (1966) состоит из измерительной части, представляющей собой систему сообщающихся сосудов, конической колбы объемом 100 мл для реакционной смеси, а также пробирки с отверстием, которая вмонтирована в резиновую пробку, закрывающей колбу (рис. 20).

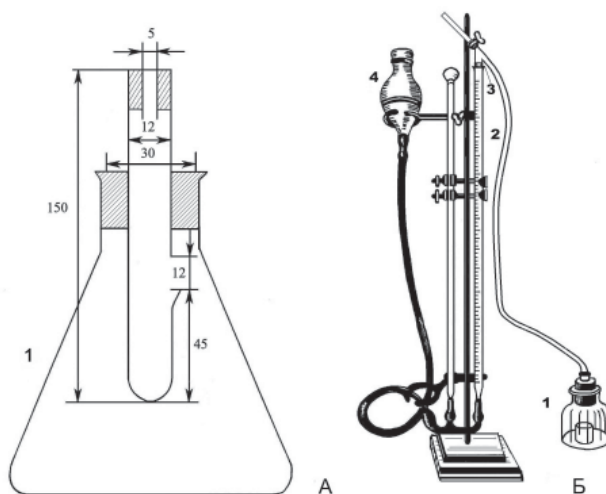


Рис. 20. Схема прибора для газометрического определения каталазной активности [Инишева и др., 2003]

А – коническая колба на 100 мл для реакционной смеси с вмонтированной пробиркой конструкции Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской (1966),

Б – прибор для газометрического определения каталазной активности: 1 – сосуд с реакционной смесью, 2 – измерительная бюретка, 3 – резиновая трубка с тройником, 4 – грушевидная воронка

Пробирка имеет высоту 150 мм, диаметр 10–12 см, с отверстием 10–12 мм на высоте 45–50 мм. Нижний край отверстия пробирки оттянут на 3–4 мм в виде носика. Верхнюю часть пробирки закрывают резиновой пробкой, в которую вмонтирована стеклянная трубка диаметром 4–5 мм. Эту стеклянную трубку соединяют через резиновый шланг с измерительной бюреткой прибора, заполненной 5%-ной серной кислотой. Серная кислота снижает растворимость газов в воде и предохраняет от размножения водорослей и грибов.

Измерительная часть прибора состоит из двух параллельно укрепленных на штативе бюреток, соединенных в суженной части резиновыми трубочками с трехконечной «гребенкой» (тройником, у которого два противоположных конца изогнуты в одну и ту же сторону). Третий конец тройника соединен резиновой трубкой со стеклянной грушей. Таким образом, получается система сообщающихся сосудов. Бюретка с делениями необходима для измерения объемов газа. Вторая бюретка или стеклянная трубка предназначена для быстрой и правильной установки уровня газа при отсчете.

Цель работы: определить каталазную активность разных типов торфа газометрически методом в модификации Ю. В. Круглова и Л. Н. Пароменской.

Оборудование и реактивы:

1. Прибор для определения каталазной активности, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,0001 г, магнитная мешалка, стерилизатор, секундомер.
2. Колбы конические на 100 мл, стеклянные бюксы, стеклянные палочки, пипетки на 5 мл.
3. Дистиллированная вода, 3%-ный раствор перекиси водорода, трис-буфер (pH 7,2), 0,2 М раствора триса.

Приготовление реактивов:

1. 3 % перекиси водорода. Готовится разбавлением 10 мл 30 % H_2O_2 до 100 мл дистиллированной водой. Концентрацию перекиси водорода периодически проверяют, рабочий раствор готовят непосредственно перед анализом.
2. Трис-буфер (pH 7,2). К 25 мл 0,2 М раствора трис-буфера приливают 45 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты и доводят объем дистиллированной водой до 100 мл. **Готовый буфер хранится в холодильнике не больше недели.** Необходимо каждый раз перед анализом проверять pH трис-буфера и по необходимости подкислять 0,1 н HCl или подщелачивать 0,2 М раствором триса.
3. 0,2 М раствора триса. 2,423 г трис-(гидроксиметил)аминометана [$H_2NC(CH_2OH)_3$; М.м. = 121,14 г] растворяют в 100 мл дистиллированной воды.

Ход работы:

В коническую колбу на 100 мл, предназначенную для реакционной смеси, вносят 1 г сырого торфа (0,5 сухого торфа), приливают 5 мл раствора трис-буфера (pH 7,2) и добиваются полного смачивания путем встряхивания в течение двух минут. В пробирку прибора через боковое отверстие пипеткой приливают 5 мл 3%-ного раствора перекиси водорода.

Пробирку с пробкой плотно вставляют в горлышко колбы и подсоединяют к измерительной бюретке газометра. Устанавливают уровни 5%-ной серной кислоты в бюретках на нуле (для этого открывают кран, чтобы давление внутри прибора выровнялось с атмосферным, и если необходимо, опускают или поднимают грушу, закрепляя ее на определенной высоте). Убедившись, что уровень кислоты в бюретке находится на нуле, перекрывают сообщение прибора с внешней средой (закрывают кран). Проверяют герметичность прибора. Затем, наклоняя колбу, сливают перекись водорода из пробирки. Колбу быстро помещают на магнитную мешалку и засекают время начала реакции. Выделяющийся кислород вытесняет из бюреток 5 %-ный раствор серной кислоты, уровень которого отмечают через каждую минуту в течение 2 минут.

После окончания опыта пробку с пробиркой вынимают из колбы, ополаскивают дистиллированной водой и процедуру повторяют со следующей подготовленной колбой.

Примечание: в случае, если температура в помещении выше или ниже 16–18 °С, то колбы после добавления к торфу раствора трис-буфера помещают в водяную баню или термостат и выдерживают при температуре 16–18 °С в течение 30 минут, затем анализ продолжают, как описано выше.

Параллельно готовят контрольный образец для определения доли неорганического катализа разложения перекиси водорода некоторыми соединениями торфа. Для этого торф готовят следующим образом: навеску торфа помещают в стеклянный бюкс и стерилизуют в сушильном шкафу сухим жаром при 180 °С в течении 2 часов. Бюкс остужают и затем анализ повторяют, как описано выше.

Каталазная активность выражается в мл O_2 , выделившегося за 1 или 2 мин на 1 г торфа.

Активность каталазы определяют, вычитая значение, полученное для контрольного образца из значения, полученного для опытного образца.

Пример: Для определения каталазной активности торфов была взята навеска торфа массой 1 г. Коэффициент пересчета на сухое вещество исследуемого образца – 5,25. При определении каталазной активности газометрическим методом в опытной колбе количество мл O_2 , выделившегося за 2 мин на 1 г торфа, составило 1,51 мл, а в контрольной колбе – 0,11 мл.

Таким образом, каталазная активность составила:

$$1,51 - 0,11 \times 5,25 = 3,15 \text{ мл } O_2/\text{г за 2 мин.}$$

Лабораторная работа 4.2.3. Определение полифенолоксидазной и пероксидазной активности торфа

Активность ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы является показателем интенсивности процессов гумификации разлагающихся органических веществ в почвах и торфяных залежах.

Полифенолоксидаза (О-дифенол: кислород-оксидоредуктаза). Это медьсодержащий фермент, широко распространенный в природе. Главным источником продуцирования полифенолоксидазы в почву являются растения и микроорганизмы, преимущественная роль принадлежит почвенным грибам. Фермент полифенолоксидаза катализирует окисление фенолов (моно-, ди-, три-) до хинонов в присутствии кислорода воздуха. Хиноны в соответствующих условиях при конденсации с аминокислотами и пептидами образуют первичные молекулы гуминовой кислоты.



Пероксидаза (донор: H_2O_2 – оксидоредуктаза). Пероксидаза также как и каталаза является двухкомпонентным ферментом, в протетической группе которого содержится железо, соединенное с остатками четырех пиррольных колец в виде гематина. Пероксидазы осуществляют окисление органических веществ почв (фенолов, аминов, некоторых гетероциклических соединений) за счет кислорода перекиси водорода и других органических перекисей, которые образуются в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов и действия некоторых оксидаз. Под действием кислорода перекиси при участии пероксидазы полифенолы окисляются и переходят в хиноны.



Пероксидаза может выполнять и оксидазную функцию – осуществляет окисление субстратов в присутствии кислорода воздуха. В торфяных залежах основным источником пероксидазы, по мнению некоторых исследователей, являются микроорганизмы.

Метод Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской (1986) основан на измерении скорости окисления

гидрохинона кислородом воздуха по интенсивности окраски образующегося хинона. В качестве субстрата используют гидрохинон, который окисляется под действием полифенолоксидазы в присутствии кислорода воздуха в 1,4-бензохинон (или пара-бензохинон; п-бензохинон), имеющий желтую окраску. Активность полифенолоксидазы, пероксидазы выражают в мг хинона за 30 мин на 1 г торфа.

Цель работы: определить полифенолоксидазную и пероксидазную активность разных типов торфа методом Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской.

Оборудование и реактивы:

1. Фотоколориметр (спектрофотометр), весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,0001 г, термостат.
2. Конические колбы на 50 мл с притертыми пробками, воронки, пипетки на 1 и 10 мл, фильтр синяя лента, мерные колбы на 25 мл.
3. Дистиллированная вода, этиловый спирт (70 %), 0,3%-ный раствор перекиси водорода, фосфатный буфер с pH 5,8, 1%-ный раствор гидрохинона, стандартный раствор хинона.

Приготовление реактивов:

1. 0,3 % перекиси водорода. 1 мл 30%-ный перекиси водорода разбавляют до 100 мл дистиллированной водой.
2. 1 % гидрохинон. Навеску гидрохинона массой 1 г растворяют в 100 мл дистиллированной воды. **Раствор готовят в день проведения анализа.**
3. Фосфатный буфер с pH 5,8. К 60,45 мл 0,2 М раствора $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ приливают 39,55 мл 0,1 М раствора лимонной кислоты. **Буфер желательно готовить в день проведения анализа.**
4. 0,2 М раствор $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Навеску $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ массой 7,16276 г растворяют в 100 мл дистиллированной воды.
5. 0,1 М раствор лимонной кислоты. Навеску лимонной кислоты массой 1,9213 г растворяют в 100 мл дистиллированной воды.
6. Стандартный раствор хинона (1,4-бензохинона). Навеску хинона массой 200 мг помещают в мерную колбу на 100 мл, тщательно растворяют в 20 мл этилового спирта и доводят дистиллированной водой до метки. Титр раствора: 2 мг/мл.

Ход работы:

1. Построение градуировочного графика

Для построения графика готовят 11 рабочих растворов в соответствии с таблицей 20. Необходимый объем стандартного раствора отбирают в мерные колбы на 25 мл при помощи пипетки и доводят водой до метки. Через 20-30 мин растворы колориметрируют на фотоколориметре, относительно дистиллированной воды. Данные оптической плотности заносят в таблицу и строят градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации 1,4-бензохинона.

Таблица 20

Данные для построения градуировочного графика

Показатель	Номера рабочих растворов										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объем стандартного раствора, мл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Концентрация хинона, мг/мл	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88
Оптическая плотность											

2. Определение активности ферментов

Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы проводится параллельно в трех повторностях, поэтому для анализа требуется шесть конических колб объемом 50 мл с притертыми пробками (три колбы для определения полифенолоксидазной активности, три – для пероксидазной активности).

В каждую колбу помещают 0,2-0,5 г сырого торфа (0,1-0,2 г воздушно-сухого торфа). Колбы расставляют в два ряда.

1 ряд (для определения полифенолоксидазной активности): приливают 1 мл фосфатного буфера (pH = 5,8), содержимое колб тщательно встряхивают, затем вносят 10 мл 1 % гидрохинона и еще раз перемешивают.

2 ряд (для определения пероксидазной активности): приливают 1 мл фосфатного буфера (pH = 5,8), содержимое колб тщательно встряхивают, добавляют 10 мл 1 % гидрохинона и затем вносят 1 мл 0,3 % раствора перекиси водорода, тщательно перемешивают.

Для внесения корректировок на спирторастворимые органические вещества и чистоту гидрохинона, параллельно для каждого фермента готовят контрольные образцы – соответственно торф без субстратов и субстраты без торфа (по две колбы на каждый фермент).

Контрольные образцы для определения полифенолоксидазной активности:

1. В коническую колбу на 50 мл помещают навеску торфа массой 0,2-0,5 г, добавляют 1 мл фосфатного буфера (рН = 5,8), тщательно встряхивают содержимое колбы и вносят 10 мл дистиллированной воды (торф без субстратов – 1 колба на каждый анализируемый образец торфа).
2. В коническую колбу на 50 мл вносят 1 мл фосфатного буфера (рН = 5,8) и 10 мл 1%-ного раствора гидрохинона (субстраты без торфа – 2 колбы на всю партию образцов).

Контрольные образцы для определения пероксидазной активности:

1. В коническую колбу на 50 мл помещают навеску торфа массой 0,2-0,5 г, добавляют 1 мл фосфатного буфера (рН = 5,8), тщательно встряхивают содержимое колбы и вносят 10 мл дистиллированной воды (торф без субстратов).
2. В коническую колбу на 50 мл наливают 1 мл фосфатного буфера (рН = 5,8), 10 мл 1%-ного раствора гидрохинона и 1 мл 0,3%-ного раствора перекиси водорода (субстраты без торфа).

Содержимое опытных и контрольных колб встряхивают, закрывают пробками и помещают в термостат на 35 мин при температуре 30 °С. После инкубации колбы охлаждают 10 мин, затем во все колбы добавляют по 10 мл этилового спирта, перемешивают и отфильтровывают раствор через плотный фильтр (синяя лента). При наличии мутного фильтрата фильтрацию повторяют. Фильтрат спиртовой вытяжки колориметрируют при длине волны 430 нм, относительно дистиллированной воды. Концентрацию 1,4-бензохинона в анализируемых образцах находят по калибровочному графику.

Активность полифенолоксидазы и пероксидазы выражают в г хинона за 30 мин на 1 г торфа. Расчет активности полифенолоксидазы и пероксидазы производится по одной формуле:

$$A = \frac{(C_{T+S} - C_{T+B} - C_S) \times K}{m}, \quad (38)$$

где A – потенциальная полифенолоксидазная или пероксидазная активность торфа, мг 1,4-бензохинона за 30 мин на 1 г торфа; C_{T+S} – концентрация 1,4-бензохинона в опытном образце, мг/мл спиртового раствора, после инкубации торфа с субстратом; C_{T+B} – концентрация 1,4-бензохинона в первом контрольном образце, мг/мл спиртового раствора, после инкубации торфа без субстрата; C_S – концентрация 1,4-бензохинона во втором контрольном образце (без торфа), мг/мл спиртового раствора, после инкубации субстрата без торфа; m – масса торфа, г; K – коэффициент пересчета на сухую массу торфа.

Пример: Для определения полифенолоксидазной и пероксидазной активности торфов было взято две навески торфа массой по 0,3 г каждая: первая – для определения активности полифенолоксидазы, вторая – для определения активности пероксидазы. Коэффициент пересчета на сухое вещество исследуемого образца торфа – 6,88. После проведения анализа в результате фотометрического определения были получены следующие данные:

- оптическая плотность опытного раствора для полифенолоксидазы – 0,251 нм, что соответствует концентрации 0,499 мг на градуировочном графике;
- оптическая плотность опытного раствора для пероксидазы – 1,32 нм, что соответствует концентрации 2,627 мг на градуировочном графике;
- оптическая плотность контрольного образца 1 (торф без субстратов) для полифенолоксидазы и пероксидазы – 0,148 нм, что соответствует концентрации 0,295 мг на градуировочном графике;
- оптическая плотность контрольного образца 2 (субстраты без торфа) для полифенолоксидазы – 0,08 нм, что соответствует концентрации 0,16 мг на градуировочном графике;
- оптическая плотность контрольного образца 2 (субстраты без торфа) для пероксидазы – 0,116 нм, что соответствует концентрации 0,23 мг на градуировочном графике.

Таким образом, активность полифенолоксидазы составила:

$$A_1 = \frac{(0,499 - 0,295 - 0,16) \times 6,88}{0,3} = 1,01, \text{ г 1,4-бензохинона за 30 мин/1 г с.в.}$$

Активность пероксидазы:

$$A = \frac{(2,627 - 0,295 - 0,23) \times 6,88}{0,3} = 48,21, \text{ г 1,4-бензохинона за 30 мин/1 г с.в.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое ферменты?
2. На какие классы делятся ферменты?
3. Каково происхождение почвенных ферментов?
4. Показателем интенсивности какого процесса в торфяных залежах является активность фермента инвертазы?
5. Какие торфа отличаются более высокой инвертазной активностью?
6. В каких реакциях участвуют ферменты, относящиеся к классу оксидоредуктаз?
7. Что такое каталаза?
8. Каким методом определяют активность каталазы в торфах?
9. Какую роль играют ферменты полифенолоксидаза и пероксидаза в торфообразовательном процессе?
10. На чем основан метод определения полифенолоксидазы и пероксидазы в торфах?



ГЛАВА 5. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА

Торфяные болота – это одновременно производственный ресурс, элемент ландшафта, сельскохозяйственные и лесные угодья, гидрологические объекты. Торфяные болота встречаются почти во всех странах, общая площадь торфяных болот мира составляет 176 млн. га, запасы торфа – 250 млрд. т. Наибольшие запасы торфа сосредоточены в двух странах: России и Канаде. Общие запасы торфа на территории Российской Федерации оцениваются в размере 162,7 млрд. тонн торфа 40 % влажности, что составляет 31,4 % мировых запасов. Крупнейший торфяной регион России – это Западная Сибирь.

Торф – это органическая горная порода, содержащая не более 50 % минеральных веществ (от абсолютно сухого вещества торфа), образовавшаяся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода. Торф – молодое горючее ископаемое, относящееся к возобновляемым природным ресурсам, ежегодный прирост которых составляет более 60 млн. т 40 % влажности при скорости накопления 0,2–2,5 мм в год.

В настоящее время в мире особое внимание уделяется решению задач по экономичному расходованию природного минерального сырья, созданию новых перерабатывающих производств, обеспечивающих их эффективное комплексное использование. **Сущность комплексного использования сырья заключается в том, что отходы одного производства являются сырьем для другого и так далее.** Среди природных ресурсов, которые требуют комплексного и экологически сбалансированного подхода к освоению и переработке, торф занимает особое место по сложности состава и свойств. Торф содержит различные органические вещества, которые представляют важное значение для различных направлений хозяйственной деятельности человека.

Краткая история использования торфа.

Сведения об использовании торфа в практической деятельности человека содержатся в различных исторических материалах. В первую очередь торф отмечается как горючий материал. Первое упоминание об этом относится к IV веку нашей эры: римляне и греки добывали «черную землю», сушили ее, формировали в виде «кирпичиков» и использовали в домашнем хозяйстве.

В Голландии и Шотландии торф начали использовать значительно раньше, чем каменный уголь. В XVI веке разработки торфа велись в местах, близких к морю, а выработанные торфяники использовались в сельскохозяйственных целях. В XVII веке торф интенсивно использовали в Пруссии и Австрии. В XVIII веке возможности применения торфа значительно расширились. В Шотландии в горах строились дома, а из смеси торфа с тростником делали крыши. В Германии торф применялся в санитарии, о чем свидетельствует постановление об использовании торфяной подстилки в выгребных ямах. Чисто русским изобретением является применение в России в больших масштабах торфа в качестве удобрения. Основатели этого изобретения – крестьяне Архангельской губернии, которые были вынуждены искать способы повышения плодородия своих скудных, по преимуществу песчаных, почв.

В 1812 г. Айзелен, один из выдающихся теоретиков и практиков торфяного дела того времени, публикует одну из первых обобщающих статей о применении торфа в строительстве. В 1858 г. было издано руководство П. Введенского по осушению и возделыванию болот, в котором содержались обобщенные практические советы для владельцев личного подсобного хозяйства по изготовлению и применению торфяной подстилки. В XIX веке были изобретены сушильные аппараты и прессы для получения сухопрессованного шаровидного торфа. Торф использовался в получении масел, парафинов, газов. В первой половине XX века большое значение уделялось газификации торфа, при этом низкокалорийный газ использовался в стекольной, металлургической и машиностроительной промышленности.

В «Сборнике статей о применении торфяного мха в медицине и санитарии», которая была опубликована в начале XX века, имеются сведения о том, что торфяной мох и торфяная вата применялись в качестве дешевого и одновременно хорошего перевязочного материала для лечения ран и язв. Торф использовался как антисептик, а также в качестве сорбента для удаления неприятных запахов в помещениях.

История использования торфа в России насчитывает более 200 лет, начиная со времен правления Петра I. В период 1970-1980-х гг. в изучении торфяных ресурсов в СССР был отмечен значительный прогресс, чего не было ни в одной стране мира. Торфяная отрасль являлась одной из высокомеханизированных добычных отраслей, и на ее долю приходилось около 17 % производимого торфа и торфяной продукции в мире. На торфяном топливе работало от 29 до 40 электростанций общей мощностью 3800 МВт, но к 2005 г. их осталось всего 9. Торфяное топливо неоднократно спасало страну, как в годы Великой Отечественной войны, так и в послевоенное время в периоды энергетических кризисов.

Была разработана схема развития торфяной промышленности в Сибири и на Дальнем Востоке на период до 2010 года, которая содержала технологии и экономику производства торфяной продукции как для промышленности, так и для сельского хозяйства. В структуру отрасли входило более 200 предприятий: торфяные предприятия, брикетные производства, машиностроительные заводы и цеха по производству различной продукции на основе торфа. Так, еще в 30-е годы XX века были построены Бокситогорский завод искусственного обезвоживания торфа, Редкинский и Нижнетагильский торфохимические заводы. В Европейской части России широкое распространение получило использование болот в земледелии и лесном хозяйстве после проведения мелиоративных работ. Однако в тот период отсутствовало понятие о рациональном природопользовании. За период промышленной разработки торфяных месторождений использовано менее 10 % всех торфяных ресурсов России. Вместе с тем активное использование торфяных ресурсов в наиболее густо населенных районах привело к почти полному их исчезновению (например, в Тульской, Орловской, и Московской областях России).

Переход России к рыночным отношениям обострил проблему использования торфа и торфяных почв и резко затормозил научно-технический прогресс в торфяной отрасли. В первой половине 90-х годов Россия уступила место мирового лидера в добыче торфа и, сейчас занимает четвертое место, после Финляндии, Ирландии, Канады. С 1990-х годов отмечается почти полное прекращение мелиоративных мероприятий. Мелиоративное состояние торфяных почв в связи с отсутствием надлежащего ухода за осушительной сетью и ремонтом постоянно ухудшается, в неудовлетворительном состоянии находится 25 % осушаемых земель. Почти везде на осушаемых и выработанных торфяных почвах происходит процесс вторичного заболачивания.

В настоящее время во многих регионах России идет поиск перспективных направлений подъема торфяной отрасли, который связывают с переводом ее из торфодобывающей в торфоперерабатывающую. Даже в период бурного развития торфяной промышленности в России менее 1 % добываемого торфа использовалось для химической переработки. И это несмотря на то, что из единицы торфа при химической переработке можно получить в 23 раза больше продукции в денежном эквиваленте, чем при использовании торфа в качестве топлива. Таким образом, освоение технологий глубокой переработки торфа является наиболее перспективным направлением использования торфа. Процесс перевода торфяной отрасли в торфоперерабатывающую начался еще в советский период, но в настоящее время является определяющим для развития торфяного дела. Особенностью данного периода является отказ от создания мощных торфоперерабатывающих комбинатов, но не из-за низкой рентабельности, а в связи с необходимостью значительных капитальных вложений и большого (3–5 лет) срока их окупаемости. В настоящее время перспективными являются не крупные предприятия, имеющие гибкую системой переналадки оборудования с быстрым (до одного года) сроком окупаемости.

На данный момент в 19 регионах России разрабатываются и внедряются региональные программы по добыче топливного торфа и комплексному использованию торфяной продукции. Утверждена энергетическая стратегия России на период до 2020 г. (28.08.2003 г.), в которой указано важное значение оптимального использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива.

Направления использования торфа и торфяной продукции в различных отраслях народного хозяйства определяются рыночным спросом на конкретный вид продукции и соответствующую технологию ее производства. Низинные торфяные месторождения наиболее перспективно использовать в сельском хозяйстве и для топливно-энергетических целей, а верховые в силу их генетического строения, состава и свойств торфа – для производства ряда новых дефицитных материалов. В настоящее время имеется возможность производить до 70 видов наименований продукции из торфа, которые используются в народном хозяйстве. Основные из них следующие:

1. Топливо-энергетический комплекс. В качестве местного коммунально-бытового топлива применяется фрезерный торф, кусковой торф и топливные брикеты. Существуют разработки в области получения торфяного бензина.
2. Агропромышленный комплекс. Получение компостов, торфяной подстилки, торфогуминовых гранулированных удобрений, торфяных горшочков, торфодерновых ковров, стимуляторов роста, кормовых дрожжей, энтеросорбентов в ветеринарии и др.
3. Metallургия. Использование торфяного кокса в производстве ферросплавов, для литейного производства.
4. Строительство. Получение торфяных изоплит, стеновых панелей для жилищного строительства с наполнителем на основе торфа и др.
5. Производство активных углей (сорбентов), а также сорбционных составов для охраны окружающей среды (например, торфяной бертинат – сорбент для поглощения разливов нефти и нефтепродуктов).
6. Медицина и бальнеология. Присутствие физиологически активных веществ в отдельных соединениях торфа определяет его медицинские возможности. Известно применение торфа в бальнеологии в качестве лечебных грязей и как сырья для выделения различных по природе экстрактов, которые используются при производстве лечебных мазей, специальных биологически активных добавок, применяемых при производстве очистителей рук, жидких моющих средств, зубных паст и т.д. Разрабатываются различных медицинские препараты на основе торфа. Например, разработаны: инъекционный препарат «Торфот», применяемый для лечения заболеваний нервной системы, в гинекологии, офтальмологии; мазь «Торфенал», содержащая экстракт смолы торфяного воска, используемая для лечений кожных заболеваний. В перспективе экстракты торфа можно вводить в различные типы мазей, лосьонов, шампуней в качестве совмещения лечебно-профилактического действия с косметико-гигиенической функцией.

Таким образом, выделяют несколько направлений использования торфа. Наиболее перспективным направлением является освоение технологий глубокой переработки как торфа, так и сапропеля, но в настоящее время наиболее распространенным является использование торфа в сельском хозяйстве.

Как отмечалось выше, болота являются и сельскохозяйственными и лесными угодьями. Находясь в естественном состоянии, торфяные почвы практически не дают какой-либо сельскохозяйственной продукции. В результате проведения гидротехнической мелиорации торфяные болота преобразуются в высокоплодородные сельскохозяйственные угодья. В настоящее время исследуются, осваиваются в промышленном или в опытно-промышленном вариантах новые схемы в мелиорации торфяников как сельскохозяйственных угодий с учетом их максимальной продуктивности и минимальных потерь органического вещества в результате эрозии и минерализации. В перспективе сельскохозяйственное использование осушаемых торфяных почв, скорее всего, будет связано с развитием кормопроизводства. Наиболее оптимальным является выращивание многолетних трав на осушенных торфяниках, использование их под сенокосы и пастбища.

Осушение является началом и лесохозяйственного освоения заболоченных территорий. Часть площадей с верховыми торфяными болотами, которые преобладают в средней и северной тайге лесной зоны могут в перспективе, после проведения лесомелиорации, стать основанным заготовительными районами России. При этом сформируются высокопродуктивные лесные угодья, в которых может быть создана система рекреационных, охотничьих, ягодных угодий и база лекарственного сырья.

5.1. Вегетационный опыт: краткие сведения

Вегетационный опыт, или постановка опытов с выращиванием растений в сосудах, применяется в различных целях:

- для определения количества усвояемых питательных веществ в почве;
- для изучения влияния удобрений и гербицидов на рост и развитие растений;
- для оценки быстрых методов определения потребности растений в удобрениях.

Вегетационный опыт классифицируют на шесть видов по среде обитания корневой системы.

1. Почвенные культуры – в этом вегетационном опыте растения выращиваются в сосудах с почвой, что позволяет исследователям определить роль растения, почвы и удобрения в их взаимодействии. В почвенных культурах, кроме растения, в изучение включается почва, ее физико-химические и другие свойства, изменения этих свойств и химических показателей под влиянием тех или иных воздействий, самого растения, удобрения, а также влияние растений и почвы на удобрения.

2. Водная культура – вегетационный опыт, в котором используют сосуды, наполненные водой, жидким раствором или субстратом. Такие вегетационные опыты направлены на решение физиологических исследований, изучения роли отдельных элементов в растениях, для выявления физиологических и биохимических исследований, вызываемых недостатком отдельных элементов в разные периоды роста и развития растений.

3. Изолированная культура – опыт, в котором делят корневую систему растений и отдельные ее части помещают или в разные сосуды, или в изолированные секторы одного сосуда.

4. Агрегатная культура – в этом опыте используют сосуды, наполненные твердым сыпучим материалом искусственного или естественного происхождения, лишенным питательных элементов.

5. Воздушная культура – вегетационный опыт, в котором используют сосуды, позволяющие корневой системе растений произрастать полностью или частично в воздушной среде.

6. Пленочная культура – опыт, в котором используют пленки, имеющие различный состав и свойства.

Наиболее распространенной модификацией вегетационного опыта является почвенная культура. Закладка такого опыта обычно производится в следующей последовательности:

- 1) подготовка вегетационных сооружений или помещений;
- 2) подготовка грунта, сосудов;
- 3) подготовка удобрений, семян;
- 4) набивка сосудов;
- 5) посев;
- 6) полив, уход за растениями (фенологические наблюдения, биометрические измерения в течение вегетационного периода);
- 7) уборка и учет урожая;
- 8) химический анализ почвы, удобрений, растений;
- 9) оформление опыта, статистическая обработка полученных результатов и составление отчета.

Вегетационные опыты проводят в специальных вегетационных домиках (теплицы со стеклянной крышей), лабораторных камерах искусственного климата либо в специально оборудованных комнатах. Комната должна быть оборудована устройством для искусственного освещения с регулятором светового дня (реле времени), термометром. При выращивании растений в искусственных условиях необходимо следить за тепловым режимом, влажностью почвы и воздуха, режимом освещения и др. факторами.

Подготовка грунта и сосудов. При выборе грунта для вегетационного опыта необходимо заранее установить, на какой почве должен быть поставлен опыт. В опытах может быть использована целинная, окультуренная почва. Для культурных почв обязательно изучить историю участка за последние 3-5 лет. Недопустимо брать почву с полей, где вносили минеральные или органические удобрения. Почву отбирают весной из пахотного горизонта, лопатой в чистые мешки. Доставку, хранение и разборку почвы должна быть организована так, чтобы почва не успела высохнуть. Общее количество почвы, необходимое для опытов зависит от емкости и количества сосудов, влажности почвы. Подготовка почвы для опытов заключается в приведении ее в однородную по своему составу и свойствам массу и состоит из перемешивания почвы, пропускания ее через сито с отверстиями в 3 мм и удаления камней, корней и пожнивных остатков. Хранят почву в плотно закрытой таре или мешках.

Вторым компонентом грунта для вегетационного опыта является кварцевый песок, который предварительно отмучивают от глинистых частиц и органических примесей водопроводной водой, затем высушивают.

Третий компонент грунта – торф. Обычно используют торф низинного типа (древесного или древесно-травяного видов) со степенью разложения 25-30 %. Торф хорошо перетирают, просеивают через сито с отверстиями 7 мм, удаляя при этом древесные остатки.

Предполагаемые компоненты для грунта тщательно перемешивают в нужном соотношении (обычно 1:1:1) для получения однородной массы.

До набивки сосудов берут пробы грунта для определения влажности, влагоемкости и химического состава. Для определения влажности грунт берут в 3 алюминиевых бюкса (заполняют 2/3 объема), для остальных анализов отбирают около 100 г, помещают в полиэтиленовый мешок и хранят в холодильнике при температуре от +2 °С до +4 °С.

При постановке опытов с почвенными культурами используют сосуды двух типов, которые различаются по способу полива – сосуды с отверстием в дне (Митчерлиха) и сосуды без отверстия в дне (Вагнера). Сосуды изготавливают из стекла, оцинкованного железа, пластмассы. Размер сосудов должен соответствовать опытному растению – для нормального развития в течение всего вегетационного развития. Перед набивкой сосуды надо тщательно вымыть водопроводной водой и обработать раствором марганцевокислого калия, высушить и пронумеровать.

Подготовка удобрений. При возделывании сельскохозяйственных культур применяют удобрения, содержащие основные элементы питания растений: азот, фосфор, калий.

Азот – основной биогенный элемент, от количества которого зависит скорость превращения синтезированных углеводов в протеины и протоплазму, высокая величина которой способствует увеличению размера клеток растений.

Фосфор играет важнейшую роль в росте, делении клеток и образовании эмбриональных меристематических тканей.

Калий играет роль в обмене веществ растений. Калий регулирует водный обмен клетки, физическое состояние коллоидов цитоплазмы, ее набухаемость и вязкость. Под влиянием калия усиливается образование сахаров в листьях и передвижение их в другие органы растений.

В вегетационном опыте с почвенной культурой используют гранулированные удобрения на основе торфа (сапропеля, гуматов натрия, птичьего помета, микроэлементов) и промышленные минеральные удобрения. За один – два дня до набивки сосудов готовят навески удобрений согласно схеме опыта.

Расчет доз удобрений следует проводить согласно схеме опыта, указывая виды, формы применяемых удобрений. Минеральные удобрения рассчитывают по количеству содержащегося в них питательных веществ (действующего вещества или ДВ).

Существует несколько приемов расчета удобрений:

1. Расчет удобрений на вес сухой почвы.
2. Расчет удобрений на площадь выращивания культуры.
3. Расчет удобрений на планируемый урожай.

Расчет доз удобрений ведется по методикам, приведенным в (О. Г. Савичевой, 2006).

Набивка сосудов. После подготовки грунта, сосудов, расчета и навески удобрений приступают к набивке сосудов. При набивке сосудов необходимо создать как можно более однородное сложение и плотность грунта, поэтому желательно, чтобы этот этап работы делал один человек. Набивка всех сосудов должна заканчиваться в течение одного дня.

При проведении опыта в сосудах грунт для каждого сосуда помещают в большую емкость (таз), в котором руками перемешивают грунт с заранее подготовленными и взвешенными удобрениями, а затем помещают в сосуд. До посева сосуды с грунтом накрывают плотной бумагой, во избежание пересыхания верхнего слоя.

Посев растений и уход за ними. Посев опытной культуры необходимо производить на следующий день после набивки сосудов, поэтому посевной материал готовится заранее. Для посева берут высококачественные семена со всхожестью близкой к 100 %. Посев можно производить сухими, намоченными или пророщенными семенами, которые перед этим протравливают 0,1 % раствором формалина, а после тщательно промывают водой.

Количество семян, высеваемых в сосуд, должно быть несколько больше желательного числа растений. Если посев производится пророщенными семенами, то высеваемых семян должно быть примерно на 5-10 шт. больше, чем желательное число растений. При посеве сухими семенами высеваемых семян должно быть примерно на 15-20 шт. больше, чем желательное число растений.

Когда растения окрепнут, минует опасность гибели всходов от вредителей, производят прореживание, оставляя наиболее выровненные, близкие по развитию растения и удаляя как отставшие, так и наиболее сильные растения.

Сорняки в сосудах удаляют сразу, а при заболевании растений или при появлении вредителей проводят необходимые меры борьбы или закладывают опыт заново.

5.2. Физико-химический анализ грунта

При использовании в опыте почвы отмечается ее тип и разновидность. Перед закладкой опыта в грунте определяют следующие показатели: влажность, влагоемкость, обменная кислотность (рН сол.), содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Эти же показатели определяют и по завершении опыта. Дополнительно может быть определена ферментативная активность почвы.

Подготовка грунта к химическому анализу

Средний образец грунта перед закладкой опыта берут, когда смесь песка, почвы и торфа тщательно перемешана и готова к закладке опыта. Среднюю пробу лучше брать квартованием. Для этого грунт располагают на бумаге, в виде квадрата и делят диагоналями на четыре равные части. Две противоположные части высыпают обратно в тару с грунтом. Оставшийся на бумаге грунт раздавливают в фарфоровой ступке до агрегатов не больше 3–5 мм в диаметре. Грунт тщательно перемешивают и распределяют по листу ровным слоем толщиной 0,5 см в виде квадрата. Квадрат делят горизонтальными и вертикальными линиями на небольшие квадраты площадью 3х3 см. Из каждого квадрата или через один берут шпателем небольшое количество грунта, захватывая его на всю глубину слоя. В отобранном образце тщательно отбирают корешки, растирают в фарфоровой ступке, просеивают через сито 1 мм, помещают в картонную коробку, подписывают и из нее берут пробу на анализ.

Образцы грунта после проведения опыта берут следующим образом. Грунт из каждой повторности отдельно (всего берут 3 повторности) размещают на поверхности стола, удаляют корни, располагают на бумаге в виде квадрата и далее прodelывают все процедуры, описанные выше.

Лабораторная работа 5.2.1. Определение обменной кислотности грунта

Цель работы: определить обменную кислотность разных типов грунта.

Оборудование и реактивы:

1. рН-метр с погрешностью измерения не более 0,1 рН, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Стаканы стеклянные на 100 мл, палочки стеклянные, цилиндры на 50 мл.
3. 1 н КСl, стандарт-титры для приготовления образцовых буферных растворов.

Приготовление реактивов:

1 н КСl. Навеску КСl массой 74,6 г растворяют в 300–400 мл воды и фильтруют через фильтр красная лента в мерную колбу емкостью 1 л, доводят до метки дистиллированной водой. Раствор должен иметь рН 5,5–6,0. Если рН раствора ниже 5,5, то добавляют по каплям 10 % раствор КОН. Если рН раствора выше 6,0, то добавляют по каплям 10 % раствор НСl. **Раствор хранят в бутылки с притертой пробкой не более 6 месяцев.**

Ход работы:

Навеску грунта массой 20 г помещают в стакан на 100 мл, заливают 50 мл 1 н КСl с рН 5,5–6,0. Перемешивают стеклянной палочкой (2–3 раза по 1–3 мин) до полного смачивания, накрывают и оставляют на ночь. Утром перемешивают и определяют рН при помощи рН-метра.

Лабораторная работа 5.2.2. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из грунта

Цель работы: приготовить водную и солянокислую вытяжку из разных типов грунта.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Колбы на 250 мл, цилиндры на 100 мл, воронки, фильтр синяя лента, фильтры желтая лента, пипетки глазные.
3. Тoluол, дистиллированная вода, 0,2 н HCl.

Приготовление реактивов:

0,2 н HCl 16,4 мл конц. HCl разбавляют в 1 л дистиллированной воды.

Ход работы:

1. Приготовление водной вытяжки

Навеску массой 7 г грунта помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 50 мл дистиллированной воды, добавляют 3–4 капли толуола, хорошо взбалтывают и оставляют до утра. Утром содержимое колб перемешивают и фильтруют через плотный (синяя лента) складчатый фильтр. Первые порции фильтрата отбрасывают или перефильтровывают через тот же фильтр, добиваясь, чтобы фильтрат был прозрачным. Вытяжку допускается хранить 2–3 дня в холодильнике.

2. Приготовление солянокислой вытяжки

Навеску массой 10 г грунта помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 50 мл 0,2 н HCl, хорошо взбалтывают в течение 1 мин и оставляют на 15 мин. Затем содержимое колб фильтруют через фильтр желтая лента. Вытяжку допускается хранить неделю в холодильнике.

В водной вытяжке определяют нитратный азот и водорастворимый углерод, в солянокислой вытяжке – аммонийный азот, калий и подвижные формы фосфора.

Методы определения влажности, аммонийного и нитратного азота, подвижных форм фосфора и калия описаны в главе 3 (*лабораторные работы 3.2, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11*).

Лабораторная работа 5.2.3. Определение содержания водорастворимого углерода в грунте

Цель работы: определить содержание водорастворимого углерода в грунте методом И.В. Тюрина.

Оборудование и реактивы:

1. Сушильный шкаф, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева 150-160 °С, плитка электрическая, водяная баня.
2. Колбы конические на 100 мл, пипетки на 10, 20 мл, бюретка на 50 мл, маленькие воронки, пипетки глазные.
3. 0,4 н $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной 1:1 серной кислоте (хромовая смесь), 0,2 н соль Мора, раствор о-фенилантрахиноновой кислоты.

Приготовление реактивов:

1. 0,4 н $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной 1:1 серной кислоте. Навеску $K_2Cr_2O_7$ массой 40 г растворяют в 500-600 мл дистиллированной воды и фильтруют через фильтр желтая лента в мерную колбу на 1 л. Раствор доводят водой до метки и переносят в термостойкую колбу на 2-3 л. К этому раствору приливают небольшими порциями (около 100 мл) 1 л конц. H_2SO_4 при осторожном тщательном перемешивании после добавления каждой порции.
2. 0,2 н соль Мора. Навеску соли Мора массой 80 г (используют только голубые кристаллы) помещают в колбу на 1 л и заливают 1 н раствором H_2SO_4 примерно на 2/3 объема колбы. Раствор взбалтывают до полного растворения соли, фильтруют через складчатый фильтр красная лента, добавляют дистиллированную воду до метки и хорошо перемешивают. **Раствор хранят в бутылке с плотно притертой пробкой.**
3. 0,1 н раствор $KMnO_4$ готовят из стандарт-титра.

4. Раствор о-фенилантраниловой кислоты. Навеску фенилантраниловой кислоты массой 0,2 г растворяют в 0,2 % растворе Na_2CO_3 . Рекомендуют взятую навеску предварительно перемешать в фарфоровой чашке стеклянной палочкой с несколькими миллилитрами 0,2 % раствора соды до пастообразного состояния. А затем добавить остальное количество соды при тщательном перемешивании. **Раствор о-фенилантраниловой кислоты хранится долго.**

Ход работы:

В термостойкие конические колбы на 100 мл отбирают пипеткой 10–20 мл водной вытяжки (в зависимости от цвета вытяжки: при темно-коричневой – 10 мл, при светло-коричневой – 20 мл). Отобранную вытяжку выпаривают на водяной бане до влажных солей. При этом необходимо следить, чтобы содержимое колб не кипело. По окончании выпаривания проводится окисление органического вещества хромовой смесью. Для этого из бюретки по каплям приливают в каждую колбу по 5–10 мл хромовой смеси (в зависимости от цвета вытяжки: при вытяжке светлого оттенка – 5 мл, темного оттенка – 10 мл), колбы накрывают маленькими воронками и помещают на 20 мин в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры 150–160 °С. Параллельно определяют контрольную пробу – с 5 или 10 мл хромовой смеси. В подготовленные растворы добавляют 2–3 капли фенилантраниловой кислоты и титруют солью Мора до перехода темно-оранжевой окраски в зеленую. Титрование можно проводить, не остужая раствор.

Полученные результаты заносят в таблицу (прил. 9).

Массу водорастворимого углерода (m) в мг/100 г с. в. рассчитывают по формуле:

$$m = \frac{(x - a) \times N \times V \times k_w \times 0,003 \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (39)$$

где x – количество соли Мора, пошедшей на титрование контрольного раствора, мл; a – количество соли Мора, пошедшее на титрование анализируемой вытяжки, мл; V – общий объем фильтрата, мл; V_1 – объем фильтрата, взятый для определения, мл; 0,003 – коэффициент пересчета на углерод; k_w – коэффициент пересчета на сухое вещество; m_1 – масса навески, г; N – нормальность соли Мора; 100 – для пересчета на 100 г.

Пример: Навеску грунта массой 2 г (коэффициент пересчета на сухое вещество – 1,4) залили 100 мл дистиллированной воды. Из полученной водной вытяжки для дальнейшего анализа было отобрано 10 мл, после выпаривания которых к оставшемуся осадку добавили 5 мл хромовой смеси. После нагревания в сушильном шкафу и добавления фенилантраниловой кислоты растворы титровали солью Мора. Параллельно определили контрольную пробу с 5 мл хромовой смеси. На титрование контрольной пробы было израсходовано 4,5 мл соли, на титрование анализируемой вытяжки – 2,1 мл.

Таким образом, масса водорастворимого углерода (m) в мг/100 г с. в. составила:

$$m = \frac{(4,5 - 2,1) \times 0,2 \times 100 \times 1,4 \times 0,003 \times 100}{10 \times 2} = 1,01 \text{ мг/100 г с. в.}$$

5.3. Физико-химический анализ удобрений

Для определения химического состава удобрений с целью изучения их свойств и расчета доз внесения (определение действующего вещества), в гранулированных удобрениях проводят следующие анализы: влажность, обменную кислотность, содержание аммонийного и нитратного азота, подвижных соединений фосфора и калия, водорастворимого углерода по И. В. Тюрину, общих и свободных гуминовых кислот.

Лабораторная работа 5.3.1. Определение влажности в удобрениях

Цель работы: определить влажность гранулированных удобрений.

Оборудование и реактивы:

1. Шкаф сушильный с устойчивой температурой нагрева до 200 °С, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Бюксы алюминиевые.

Ход работы:

Навеску удобрений массой 5–10 г помещают в предварительно высушенные при температуре 105–110 °С алюминиевые бюксы, закрывают крышками. Определяют массу бюксов с удобрениями на лабораторных весах. Бюксы открывают и помещают в сушильный шкаф, где образцы выдерживают при температуре 105–110 °С в течение 4–6 часов. По истечении срока бюксы вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышками, охлаждают до комнатной температуры и определяют массу. Затем повторно высушивают в течение 1 часа, охлаждают и снова определяют массу. Следует сушить до постоянной массы с точностью до 0,01 г.

Полученные результаты заносят в таблицу (прил. 10).

Влажность (W) в % определяют по формуле:

$$W = \frac{m_g}{m} \times 100, \quad (40)$$

где m_g – масса содержащейся в удобрениях воды, г; m – масса сырого образца, г.

Для дальнейших подсчетов применяется коэффициент пересчета на сухое вещество (K_w), который вычисляется по формуле:

$$K_w = \frac{100}{100 - W}. \quad (41)$$

Лабораторная работа 5.3.2. Определение обменной кислотности в удобрениях

Цель работы: определить обменную кислотность в гранулированных удобрениях.

Оборудование и реактивы:

1. рН-метр с погрешностью измерения не более 0,1 рН, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Стаканы стеклянные на 100 мл, палочки стеклянные, цилиндры на 50 мл.
3. 1 н КСl, стандарт-титры для приготовления образцовых буферных растворов.

Приготовление реактивов:

1 н КСl. Навеску КСl массой 74,6 г растворяют в 300-400 мл воды и фильтруют через фильтр красная лента в мерную колбу емкостью 1 л и доводят водой до метки. Раствор должен иметь рН 5,5–6,0. Если рН раствора ниже 5,5, то добавляют по каплям 10 % раствор КОН. Если рН раствора выше 6,0, то добавляют по каплям 10 % раствор НСl. **Раствор хранят в бутылки с притертой пробкой не более 6 месяцев.**

Ход работы:

Навеску удобрений массой 5 г помещают в стакан на 100 мл, заливают 50 мл 1 н КСl с рН 5,5–6,0. Перемешивают стеклянной палочкой (2–3 раза по 1–3 мин) до полного смачивания, накрывают и оставляют на 18-20 часов. По истечении указанного времени перемешивают и определяют рН при помощи рН-метра.

Лабораторная работа 5.3.3. Приготовление водной и солянокислой вытяжки из удобрений

Цель работы: приготовить водную и солянокислую вытяжку из гранулированных удобрений.

Оборудование и реактивы:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Колбы на 250 мл, цилиндры на 100 мл, воронки, фильтры синяя лента, фильтры желтая лента, пипетки глазные.
3. Тoluол, дистиллированная вода, 0,2 н HCl.

Приготовление реактивов:

0,2 н HCl. 16,4 мл конц. HCl разбавляют в 1 л дистиллированной воды.

Ход работы:

1. Приготовление водной вытяжки

Навеску удобрений массой 2 г помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 100 мл дистиллированной воды, добавляют 3-4 капли толуола, хорошо взбалтывают и оставляют на 18–20 часов. На следующий день содержимое колб хорошо перемешивают и фильтруют через плотный (синяя лента) складчатый фильтр. Первые порции фильтрата отбрасывают или перефильтровывают через тот же фильтр, добиваясь, чтобы фильтрат был прозрачным. **Вытяжку допускается хранить 2–3 дня в холодильнике.**

2. Приготовление солянокислой вытяжки

Навеску удобрений массой 5 г помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 250 мл 0,2 н HCl, хорошо взбалтывают и оставляют на 18–20 часов. На следующий день содержимое колб хорошо перемешивают и фильтруют через фильтр желтая лента. **Вытяжку допускается хранить в холодильнике неделю.**

В водной вытяжке определяют нитратный азот и водорастворимый углерод, в солянокислой вытяжке – аммонийный азот, калий и подвижные формы фосфора.

Методы определения аммонийного и нитратного азота, подвижных форм фосфора и калия описаны в главе 3 (лабораторные работы 3.8, 3.9, 3.10, 3.11), методика определения водорастворимого углерода описана в главе 5 (лабораторная работа 5.2.3).

Лабораторная работа 5.3.4. Физиологическая активность удобрений

Известно, что торф и его гуминовые вещества стимулируют рост и развитие корневых систем растений, усиливают биологическую активность почвы. О физиологической активности водной вытяжки из гранулированных удобрений можно судить по приросту массы корней и зеленой массы проросших семян пшеницы.

Цель работы: определить физиологическую активность водной вытяжки из гранулированных удобрений.

Оборудование и реактивы:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,2 мг, шкаф сушильный с устойчивой температурой нагрева до 200 °С.
2. Семена пшеницы.
3. Чашки Петри, фильтровальная бумага желтая лента, бюксы стеклянные, ножницы, пинцеты, эксикатор.
4. 1 % раствор KMnO_4 , дистиллированная вода, толуол.
5. Гранулированные удобрения.

Приготовление реактивов:

1 % раствор KMnO_4 . Навеску калия марганцевокислого массой $1,00 \pm 0,01$ г растворяют в мерной колбе на 100 мл, доводя объем до метки дистиллированной водой.

Ход работы:

1. Подготовка к анализу

Чашки Петри моют горячей водой с моющими средствами, ополаскивают 1 % раствором марганцевокислого калия, а затем водой. Семена пшеницы дезинфицируют слабым раствором марганцевокислого калия и промывают проточной водой. Затем замачивают в дистиллированной воде: семена раскладывают на 2–3 слоях увлажненной проточной водой фильтровальной бумаги в чашках Петри. После прорастания отбирают семена для опыта. В опыте используют проросшие семена с хорошо развитыми, одинакового размера (2–3 мм) корешками и имеющие здоровый вид.

Водную вытяжку из гранулированных удобрений получают путем замачивания 2 г удобрений в 100 г дистиллированной воды на 18–20 часов, консервируют толуолом и хранят в холодильнике.

2. Проведение анализа

Проросшие семена помещают в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную водной вытяжкой из гранулированных удобрений до полной влагоемкости (смачивают в вытяжке, а затем дают стечь ее избытку), при температуре 20 °С в 4 повторностях по 15 штук. Параллельно закладывают контрольный вариант, где водная вытяжка из гранулированных удобрений заменяется на дистиллированную воду. Ежедневно фильтровальную бумагу в чашках Петри смачивают вытяжкой, доведенной до комнатной температуры (20 °С). Необходимо обеспечивать постоянную вентиляцию в чашках Петри. Для этого ежедневно на несколько секунд следует приоткрывать крышки чашек Петри. По истечении 7 суток отделяют от семян корешки и зеленую массу проросших семян пшеницы. Обрезанные части по отдельности раскладывают в бюксы в соответствии с повторностями и сушат в сушильном шкафу при температуре 40–55 °С до постоянной массы. Высушенные корни и зеленую массу проростков каждой повторности взвешивают и вычисляют их общую и среднюю массы.

Прирост сухой зеленой массы проростков и корешков (A) определяют в % относительно контрольного выращивания по формуле:

$$A = \frac{a \times 100}{b}, \quad (42)$$

где a – масса проростков (или корешков) исследуемого варианта опыта, г; b – масса проростков (или корешков) контрольного варианта опыта, г.

Пример: Проросшие семена пшеницы были помещены в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную водной вытяжкой из гранулированных удобрений, в 4 повторностях по 15 штук. Параллельно был заложен контрольный вариант, где водная вытяжка из гранулированных удобрений была заменена на дистиллированную воду. Через семь суток от проросших семян пшеницы отделяли корешки и зеленую массу, которые по отдельности раскладывали в бюксы в соответствии с повторностями и сушили в сушильном шкафу при температуре 40–55 °С до постоянной массы. Средняя масса корешков всех повторностей исследуемого варианта опыта после сушки составила – 1,02 г, контрольного варианта – 0,45 г. Средняя масса проростков всех повторностей исследуемого варианта опыта после сушки – 2,16 г, контрольного варианта – 0,68 г.

Таким образом, прирост сухой зеленой массы проростков (A_1) и корешков (A_2) в % составил:

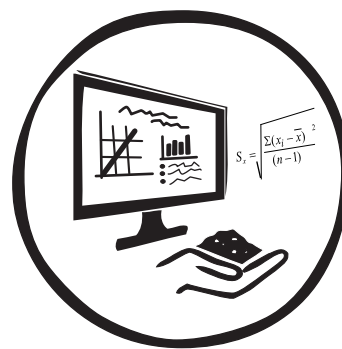
$$A_1 = \frac{2,16 \times 100}{0,68} = 317,65\%,$$

$$A_2 = \frac{1,02 \times 100}{0,45} = 226,67\%.$$

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего проводятся вегетационные опыты с удобрениями?
2. Какие существуют виды вегетационных опытов по среде обитания корневой системы? Дайте их краткое описание.

3. В какой последовательности производится закладка вегетационного опыта с почвенной культурой?
4. Какие требования предъявляются к помещениям или сооружениям, в которых проводят вегетационный опыт?
5. Какие требования предъявляются к почве, используемой в вегетационном опыте?
6. Какие условия необходимо выполнять при отборе почвы для вегетационного опыта?
7. Какой торф используется в вегетационном опыте?
8. Перечислите сосуды, используемые в вегетационных опытах и их основные особенности.
9. В чем заключается роль азота, фосфора и калия в жизни растений?
10. Опишите агротехнику посева и ухода за растениями в вегетационном опыте.



ГЛАВА 6. РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

Основными метрологическими характеристиками химико-аналитических определений являются их **воспроизводимость, правильность и точность**. Эти характеристики отражают влияние на результат анализа различных по характеру погрешностей измерений.

Случайная погрешность характеризует воспроизводимость (при параллельных измерениях, выполненных в идентичных условиях – сходимости) результатов повторных определений, т.е. степень их близости друг к другу.

Систематическая погрешность характеризует правильность результатов анализа.

Суммарная погрешность выражает его точность, т.е. близость к нулю всех видов погрешностей.

Статистическую обработку данных анализа проводят по следующей схеме:

1. Расчет среднего из серии параллельных определений:

$$x_{cp} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (43)$$

где n – число определений; x – определяемый параметр.

Расчет стандартного отклонения из серии n -параллельных определений:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}. \quad (44)$$

2. Расчет стандартного отклонения результата анализа:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}. \quad (45)$$

Расчет случайной погрешности результата анализа с использованием критерия Стьюдента для n -параллельных определений и вероятности $P = 0,95$:

$$\Delta \bar{x} = t_{nP} \times S_{\bar{x}}. \quad (46)$$

3. Представление результата анализа в статистической форме:

$$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}. \quad (47)$$

Целесообразно также рассчитывать **относительное стандартное отклонение (S_r)**, характеризующее воспроизводимость (или сходимость) результатов параллельных определений:

$$S_r = \frac{S_x}{x}. \quad (48)$$

Пример. При проведении анализа по определению аммонийного азота в образце низинного торфа была приготовлена солянокислая вытяжка из 5 г торфа и 250 мл соляной кислоты. Для анализа из приготовленной вытяжки было отобрано по 5 мл фильтрата на каждую повторность (анализ проводился в трех повторностях). Показания фотоколориметра составили 0,047, 0,043 и 0,045 нм, что соответствовало содержанию аммонийного азота на градуировочном графике 0,0195, 0,0196 и 0,0198 мг/мл NH_4^+ , соответственно. Таким образом, содержание ионов NH_4^+ в 100 г торфа составило:

$$m_1[\text{NH}_4^+] = \frac{0,0195 \times 250 \times 100}{5 \times 5} = 19,50 \text{ мг} / 100 \text{ г} ,$$

$$m_2[\text{NH}_4^+] = \frac{0,0196 \times 250 \times 100}{5 \times 5} = 19,60 \text{ мг} / 100 \text{ г} ,$$

$$m_3[\text{NH}_4^+] = \frac{0,0198 \times 250 \times 100}{5 \times 5} = 19,80 \text{ мг} / 100 \text{ г} .$$

1. Находим среднее содержание аммонийного азота:

$$M = \frac{\sum m}{n} = \frac{(19,50 + 19,60 + 19,80)}{3} = 19,63 \text{ мг} / 100 \text{ г} .$$

2. Рассчитаем стандартное отклонение от среднего значения для результатов анализа при доверительной вероятности $P = 0,95$:

$$S_{mi} = \sqrt{\frac{\sum (mi - \bar{m})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{((19,63 - 19,50) + (19,63 - 19,60) + (19,63 - 19,80))^2}{(3-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(0,13^2 + 0,03^2 + 0,17^2)}{2}} = \sqrt{0,0234} = 0,154 .$$

3. Рассчитываем стандартное отклонение результата анализа:

$$S_m = \frac{S_{mi}}{\sqrt{n}} = \frac{0,154}{\sqrt{3}} = 0,089 .$$

4. Рассчитываем случайную погрешность результата анализа с использованием критерия Стьюдента для 3-х параллельных определений и вероятности $P = 0,95$. При доверительной вероятности $P = 0,95$ и количестве параллельных определений $n = 3$ коэффициент Стьюдента $t_\alpha = 4,3$.

$$\Delta \bar{m} = t_\alpha \times S_m = 4,3 \times 0,089 = 0,38 \text{ мг} .$$

5. Рассчитываем относительное стандартное отклонение:

$$Sr = \frac{S_{mi}}{m} = \frac{0,154}{19,63} = 0,0078 .$$

Таким образом, содержание аммонийного азота в низинном торфе составляет

$$[\text{NH}_4^+] = (19,63 \pm 0,38) \text{ мг} / 100 \text{ г} .$$

Литература

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – Москва : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Астафурова, Т. П. Специальный практикум по физиологии и биохимии растений / Т. П. Астафурова и др. – Томск : Изд-во ТГУ, 2001. – 54 с.
3. Базин, Е. Т. Технический анализ торфа / Е. Т. Базин, В. Д. Копенкин, В. И. Косов и др. – Москва : Недра, 1992. – 431 с.
4. Большой практикум : физикохимия, биология и комплексная переработка торфа : учебное пособие / Л. И. Инишева, М. С. Гостищева, Е. В. Порохина, М. А. Сергеева, И. В. Федько. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2007. – 120 с.
5. ГОСТ 21123-85. Торф. Термины и определения. – Введ. 1986-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1983.
6. ГОСТ 11305-85. Торф. Методы определения влаги. – Введ. 1984-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985.
7. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. – Введ. 1991-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1990.
8. ГОСТ 27894.1.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения гидролитической кислотности. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
9. ГОСТ 27894.3.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
10. ГОСТ 27894.4.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения нитратного азота. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
11. ГОСТ 27894.5.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм фосфора. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
12. ГОСТ 27894.6.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм калия. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
13. ГОСТ 27894.7.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм железа. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
14. ГОСТ 27894.8.88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм хлора. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
15. ГОСТ 27894.10-88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения обменного кальция и обменного магния. – Введ. 1990-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
16. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. – Введ. 1990-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
17. Денисенков, В. П. Основы болотоведения : учеб. пособие / В. П. Денисенков. – Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2000. – 224 с.
18. Журбицкий, З. И. Теория и практика вегетационного метода / З. И. Журбицкий. – Москва : Наука, 1968. – 260 с.
19. Инишева, Л. И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов / Л. И. Инишева, С. Н. Ивлева, Т. А. Щербакова. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. – 122 с.
20. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
21. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России / Под общ. ред. чл.-корр. РАСХН Л. И. Инишевой. – Томск : ЦНТИ, 2005. – 76 с.
22. Лещук, Р. И. Практикум по биохимии / Р. И. Лещук, О. Б. Вайшля, С. А. Войцековская. – Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2002. – 192 с.
23. Петербургский, А. В. Лабораторный практикум для лаборантов агрохимических лабораторий / А. В. Петербургский, В. П. Замота. – Москва : Высшая школа, 1965. – 168 с.

24. Савичева, О. Г. Комплексная переработка торфа. Вегетационный опыт: задачи, методика, обработка результатов / О. Г. Савичева. – Томск : Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2006. – 84 с.
25. Сергеева, М. А. Торф: химический анализ и основы комплексной переработки / М. А. Сергеева, О. А. Голубина. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2011. – 84 с.
26. Тюремнов, С. Н. Торфяные месторождения / С. Н. Тюремнов. Москва : Недра, 1976. – 489 с.
27. Физика и химия торфа : учеб. пособие для вузов / И. И. Лиштван, Е. Т. Базин, Н. И. Гамаюнов, А. А. Терентьев. – Москва : Недра, 1989. – 304 с.
28. Филиппович, Ю. Б. Основы биохимии / Ю. Б. Филиппович. – Москва : Агар, 1991. – 512 с.
29. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – Москва : Наука, 2005. – 252 с.
30. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск : Наука и техника, 1983. – 222 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Классификация видов торфа (Тюремнов С.Н., 1976)

Тип	НИЗИННЫЙ																						
	Лесной							Топяной															
	Лесо-топяной							Топяной															
Подтип																							
Группа	Древесная							Травяная															
Виды торфа	Березовый	Лиственничный	Пихтовый	Сорговый	Ивовый	Еловый	Сосновый низинный	Кедровый	Древесно-осоковый	Древесно-тостниковый	Древесно-травяной низинный	Древесно-типовый	Древесно-сфагновый низинный	Хвощевый	Тростниковый	Ваховый	Осоковый	Шейхцериевый низинный	Осоково-типовый низинный	Травяно-моховая низинный	Осоково-сфагновый низинный	Типовый низинный	Сфагновый-низинный

Тип	ПЕРЕХОДНЫЙ													
	Лесной							Топяной						
	Лесо-топяной							Травяно-моховая						
Подтип														
Группа	Древесная							Травяная						
Виды торфа	Древесно-переходный	Древесно-осоковый переходный	Древесно-травяной переходный	Древесно-сфагновый переходный	Древесно-моховая	Древесно-травяной переходный	Пущицево-сфагновый переходный	Пущицево-переходный	Осоково-сфагновый переходный	Комплексный переходный	Травяно-сфагновый переходный	Магланкум переходный	Типовый переходный	Сфагновый переходный

Тип	ВЕРХОВОЙ													
	Лесо-топяной							Топяной						
	Древесно-травяная							Травяно-моховая						
Подтип														
Группа	Древесно-травяная							Травяная						
Виды торфа	Сосново-пущицево-верховой	Сосново-осоковый верховой	Сосново-сфагновый верховой	Пущицево-верховой	Шейхцериево-верховой	Пущицево-сфагновый	Осоково-сфагновый	Шейхцериево-сфагновый	Медум торф	Ангустифолиум торф	Фускум торф	Сфагново-мочажинный	Комплексный верховой	

Приложение 2

Количество концентрированных растворов кислот и аммиака, необходимое для приготовления 1 л раствора различной концентрации, мл

Раствор	Удельный вес	Количество кислоты и аммиака для приготовления разбавленных растворов, мл							
		25 %	20 %	10 %	5 %	2 %	1 %		
Соляная кислота	1,190	635	497	237	115,5	45,5	23		
Серная кислота	1,840	168	130	61	29	11,5	6		
Азотная кислота	1,400	313	244	115	56	22	11		
Уксусная кислота	1,050	248	197	97	48	19	9,5		
Водный раствор аммиака	0,910	без разбавления						87	44

Приложение 3

Количество различных веществ для приготовления 1 л титрованных растворов различной нормальности

Исходное химическое вещество	Молекулярный вес	Эквивалентная масса	1 н	0,5 н	0,2 н	0,1 н	0,05 н	0,02 н	0,01 н	Вещества для установления титра указанных растворов и их эквивалентный вес для данной реакции
H ₂ SO ₄ конц.	98,08	49,04	28 мл	14 мл	5,6 мл	2,8 мл	1,4 мл	0,56 мл	0,28 мл	Тетраборат натрия (бура) N ₂ B ₄ O ₇ * 10 H ₂ O экв. вес 190,72 (перекристаллизованный при t не выше 60°C)
HCl конц.	36,46	36,46	82 мл	41 мл	16,4 мл	8,2 мл	4,1 мл	1,64 мл	0,82 мл	
HNO ₃ конц.	63,02	63,02	67 мл	33,5 мл	13,4 мл	6,7 мл	3,4 мл	1,34 мл	0,67 мл	
H ₂ C ₂ O ₄ * 2H ₂ O	126,07	63,04	—	—	—	6,30 г	3,15 г	1,26 г	0,63 г	Титрованный раствор KMnO ₄ экв. вес 31,61
KMnO ₄ в кислой среде	158,03	31,61	—	—	—	3,16 г	1,58 г	0,63 г	0,32 г	Щавелевокислый натрий H ₂ C ₂ O ₄ экв. вес 67,01
NaOH	40,00	40,00	40,00 г	20,00 г	8,00 г	4,00 г	2,00 г	0,80 г	0,40 г	
KOH	56,11	56,11	56,11 г	28,06 г	11,20 г	5,60 г	2,80 г	1,12 г	0,56 г	Янтарная кислота H ₆ C ₄ O ₄ экв. вес 59,04
Ba(OH) ₂ * 8H ₂ O	315,50	157,75	157,75 г	78,88 г	31,54 г	15,77 г	7,88 г	3,15 г	1,58 г	
AgNO ₃	169,89	169,89	—	—	—	17,00 г	8,50 г	3,40 г	1,70 г	Хлористый натрий NaCl экв. вес 58,45
FeSO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄ *6H ₂ O (соль Мора)	392,16	392,16	—	—	78,40 г	39,20 г	19,60 г	7,84 г	3,92 г	Титрованный раствор KMnO ₄ экв. вес 31,61
K ₂ C ₂ O ₇	294,22	49,04	—	—	9,81 г	4,90 г	2,45 г	0,98 г	0,49 г	FeSO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄ *6H ₂ O (соль Мора) экв. вес 392,16
KCl	74,54	74,54	74,54	37,27	14,91	7,454	3,73	1,49	0,7454	

Приложение 4

Форма записи результатов определения влажности торфа

Образец	Повторность	№ блока	Масса пустого блока (M), г	Масса блока с торфом до сушки (m ₁), г	Навеска влажного вещества (M _{вж} = m ₁ - M), г	Масса блока с торфом после сушки (m ₂), г	Масса сухого вещества (M _{сух} = m ₂ - M), г	Влажность (W), %	Коэффициент влажности (K _в)

Приложение 5

Форма записи результатов определения алюминия, аммонийного и нитратного азота, фосфора, железа в торфах фотоколориметрическим методом

Объект	Масса навески сырого торфа (m), г	Влажность (W), %	Навеска а.с.в. (P _о), г	Общий объем фильтрата (V), мл	Объем для анализа (V ₁), мл	Оптическая плотность (D)	Масса Al ₂ O ₃ , NO ₃ , NH ₄ , P ₂ O ₅ , Fe по градуировочному графику (m), мг	
								мг/100 г а.с.в.

Приложение 6

Форма записи результатов определения калия

Объект	Масса навески (m), г	Влажность (W), %	Навеска а.с.в. (m _{с.в.}), г	Общий объем фильтрата (V), мл	Содержание K ₂ O по градуировочному графику (с), мг	Содержание K ₂ O, мг/100 г с.в.

Приложение 7

Форма записи результатов определения кальция и магния

Объект	Повторность	Масса навески (m), г	Общий объем фильтрата (V), мл	Объем для анализа, мл	V _{CaO+MgO} , мл	CaO, %	СаО средн., %	MgO, %	MgO средн., %

Приложение 8

Форма записи результатов определения выхода гуминовых кислот

Объект	Повторность	Навеска торфа на определение ГК, г	Общий объем (V) ГВ, мл	Объем на осаждение (V), мл	Вес фильтра (абсолют. сух.), г	Вес фильтра с ГК (абсолют. сух.), г	Вес сухих ГК, г	Выход ГК, %	Средний выход ГК, %

Приложение 9

Форма записи результатов определения содержания водорастворимого углерода

Объект	Повторность	Масса навески (m), г	Общий объем (V), мл	Объем фильтра для определения (V ₁), мл	Объем соли Мора, пошедшей на титрование контроля (x), мл	Объем соли Мора, пошедшей на титрование выязки (a), мл	Содержание водорастворимого углерода, мг/100 г с.в.

Приложение 10

Форма записи результатов определения влажности удобрений

Повторность	№ бюкса	Масса пустого бюкса (M), г	Масса бюкса с торфом до сушки (m ₁), г	Навеска почвы (m), г	Масса бюкса с торфом после сушки (m ₂), г	Масса воды (m _в = m ₁ - m ₂ - M), г	Влажность (W), %