

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**БОЛЬШОЙ ПРАКТИКУМ:  
ФИЗИКОХИМИЯ, БИОЛОГИЯ  
И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА**

*Учебное пособие*

**Томск  
2007**

УДК  
ББК

С

Печатается по решению редакционно-издательского совета Томского государственного педагогического университета

Инишева Л.И., Гостищева М.С., Порохина Е.В., Сергеева М.А., Федько И.В.

И Большой практикум: Физикохимия биология и комплексная переработка : учеб. пособие / Л.И. Инишева. – Томск : Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2007. – с.

В практикуме рассмотрены теоретические основы учения о торфяных болотах, условиях торфообразовательного процесса, свойствах торфов и других болотных образований, а также их рациональном использовании. Практикум предназначен для формирования у студентов системы знаний о физикохимии, биологии и комплексной переработке торфа по специализации – торфяные ресурсы и рациональное торфопользование. Каждому направлению уделено внимание, в том числе приводятся непосредственно лабораторные занятия по определению отдельных свойств торфов, а также некоторых катионов и анионов химического состава болотных вод.

Особое внимание уделено вопросам рационального использования торфяных ресурсов.

Для студентов, аспирантов и специалистов в области торфоведения, болотоведения, почвоведения, геоэкологии, комплексного и рационального использования природных ресурсов.

Рецензенты:

© Томский государственный  
педагогический университет, 2007  
© Л.И. Инишева, 2007

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие

1. Растения торфообразователи их характеристика и фармацевтические аспекты использования

1.1. Флористический состав болот. Растения-торфообразователи: мхи (верховые и низинные сфагновые мхи, зеленые мхи, печеночные мхи)

1.2. . Флора болот и растения-торфообразователи: деревья, кустарники, травянистые растения.

1.3 Фармацевтические аспекты использования болотных растений

2. Болотные биогеоценоотические системы

3. Болотное районирование

4. Торфяные месторождения

5. Торфяные ресурсы

6. Физико-химические методы исследования торфов

7. Агрохимические методы исследования торфов

7.1. Отбор проб торфа и их подготовка для проведения анализа

7.2. Определение степени разложения

7.3. Определение зольности

7.4. Определение обменной и гидролитической кислотности

7.5. Определение суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями и емкости поглощения

7.6. Определение нитратного и аммонийного азота

7.7. Определение подвижного фосфора

7.8. Определение подвижного калия

7.9. Определение подвижного железа

7.10. Определение обменного кальция и магния

8. Органическое вещество торфа

9. Другие болотные образования их свойства и использование

10. Ферментативная активность торфяных болот
11. Микробиологические процессы в торфяных болотах
12. Химический анализ воды
13. Использование торфа и сапропеля
  - 13.1. Медицинские аспекты использования торфа и сапропеля
  - 13.2. Использование торфа в промышленности
  - 13.3.. Использование торфа в сельском хозяйстве
14. Эколого-хозяйственный фонд торфяных ресурсов

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Болото – экосистема, состоящая из трех основных компонентов: воды, специфической болотной растительности и торфа, и поэтому болото является предметом внимания нескольких самостоятельных направлений. Ботаники и геоботаники изучают в них индивидуальность болотной растительности, а по стратиграфии торфяных залежей – климатические характеристики периода торфонакопления и определяют их как болота. Геологи определяют запасы в границах промышленных залежей и называют торфяные болота торфяными месторождениями, запасы торфа которых служат сырьевой базой для производства продукции на основе торфа. Лесники изучают болота с позиций улучшения бонитета древостоя и называют их лесными болотами, а почвоведы – с позиций получения сельскохозяйственных угодий и называют их торфяными почвами на органогенных породах.

Учитывая вышесказанное, работать в сфере торфяной промышленности и природоохранных органах должны профессионально подготовленные специалисты. Решение приведенных задач требует привлечения значительных научных сил, а при реализации их в практику – квалифицированных специалистов, владеющих знаниями торфяного направления: болотоведение, геология и разведка торфяных месторождений, физико-химические свойства болотных образований, мелиорация и рациональное природопользование на торфяных болотах, технологии добычи и переработки торфа и сапропеля.

Профессиональная и обширная подготовка специалистов торфяной отрасли проводилась в России в Тверском государственном техническом университете с 1960 годов. В это время здесь сложились научные школы известных ученых и организаторов торфяной промышленности: М.П. Воларовича, С.Г. Соколова, В.Е. Раковского, В.Г. Горячкина, С.Н. Тюремного, В.М. Наумовича, Н.В. Чураева, И.И. Лиштвана, Н.И. Гамаюнова, Л.С. Амаряна, И.Ф. Ларгина, С.С. Корчунова, Е.Т. Базина, А.Е. Афанасьева и др. Ими разработаны основные учебники, учебные пособия и другая нормативно-учебная литература для специалистов торфяной отрасли. Частные разделы природопользования болот преподаются на отдельных кафедрах горных институтов (Екатеринбург), политехнических институтов (геологические специальности), университетов (болотоведение) и академий сельского хозяйства мелиоративного и лесохозяйственного профиля.

В настоящее время только один ВУЗ – Тверской технический университет – обучает по специализациям, относящимся к горному профилю: разработка торфяных месторождений; использование торфа; технологические машины и оборудование для добычи торфа, машины и оборудование для переработки торфа.

Вместе с тем, необходимость обучения по широкому кругу вопросов, касающихся торфяного направления объясняется широким распространением торфяных ресурсов, их экологической ролью в биосфере, а также востребованностью на современный период специалистов торфяного профиля. Комплекс-

ное обучение, касающееся одновременно фундаментальных проблем (образование и функционирование болот, физико-химия торфа и др.), а также технологических задач создания передовой отрасли (разведка, технологии производств) позволяет получить высококвалифицированных и разносторонне образованных специалистов, имеющих полное представление о многофункциональной роли торфяных болот и их рациональном использовании.

Предлагаемый практикум написан в объеме программ «Физико-химия и биология торфа» (ДПП.ДС.03) и «Комплексная переработка торфа» (ДПП.ДС.04) и представляет собой первую попытку познакомиться с торфяными болотами со всех сторон: природный ресурс и полезное ископаемое, природные экосистемы, сырье для промышленности и сельского хозяйства, лесо- и сельскохозяйственные угодья. Основной задачей Практикума является получение комплексных знаний о торфяных болотах. Поэтому в очень краткой форме в Практикуме приводятся сведения о большей части проблем, касающихся торфяного направления.

В начале практикума приводятся сведения о процессах торфообразования, условиях формирования торфяных месторождений и их характеристика.

Одновременно в курсе приводятся некоторые методы химического и биохимического анализа торфов, а также понятия болотных вод и методы их анализа.

Практикум заканчивается отдельными аспектами комплексного использования торфа и сапропелей и вопросами охраны болот. Эта практически первая попытка в весьма сокращенном виде представить будущую специальность – торфоведение. Практикум состоит из 14 разделов, иллюстрируется многочисленными рисунками, графиками и таблицами. Предполагается, что занятия по Практикуму будут сопровождаться компьютерными и видеофильмами, экскурсиями на производство и в лаборатории, где проводится производственная и научная работа по торфяному направлению. Работа выполнена коллективом в следующем составе: Л.И. Инишева (предисловие, главы 3, 4, 5, 9, 14), М.В. Гостищева (главы 7,8), Е.В. Порохина (главы 1,2), М.А. Сергеева (главы 6, 10, 11), И.В. Федько (глава 9, 12, 13).

Коллектив авторов глубоко благодарен академику РАСХН Г.П. Гамзикову и доценту В.Е. Аристарховой за ценные замечания и советы, которые были учтены при работе над Практикумом. Авторы с благодарностью воспримут и учтут на последующих этапах конструктивные замечания по содержанию Практикума.

# 1. РАСТЕНИЯ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛИ ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

## 1.1. Флористический состав болот. Растения-торфообразователи: мхи (верховые и низинные сфагновые мхи, зеленые мхи, печеночные мхи)

### Теоретическая часть

Болота разнообразны по способу возникновения, условиям существования. При всем многообразии, в зависимости от водно-минерального питания и произрастающей растительности выделяют три типа болот, которые сложены аналогичными типами торфов: верховые (олиготрофные), низинные (эвтрофные) и переходные (мезотрофные).

Флору болот отличает большое разнообразие жизненных форм. В ее состав входят мхи и лишайники, вечнозеленые и летнезеленые кустарнички, летнезеленые узколистные и широколистные травы, деревья и кустарники. Кроме того, здесь представлены многие группы водорослей, а также грибы. Вместе с тем специфические особенности болотного субстрата как почвы (сильная обводненность и связанные с этим слабая аэрация, слабая прогреваемость, повышенная кислотность и, нередко, очень низкое содержание минеральных веществ) создают особую среду, к которой могли приспособиться очень немногие виды растений. Появились также разные экоморфы (угнетенные формы деревьев, кустарников, некоторых кустарничков). Самым богатым по количеству видов и одновременно по обилию среди цветковых болотных растений выступает род Осока (*Carex* - 55-60 видов), а среди мхов – род Сфагнум (*Sphagnum* - 42 вида).

Болотная флора неоднородна и по происхождению. Она представлена разными экогенетическими группами. Очень немного видов сформировалось в болотных условиях (например, вахта трехлистная, белокрыльник болотный, сибельник болотный и др.), а большей частью виды болотной флоры явились пришельцами из других местообитаний (горных, водных, лесных и т.д.).

Представители тех видов растений, которые преобладают в растительном покрове болот и принимают преимущественное участие в сложении торфа, являются *растениями-торфообразователями*.

Одной из важнейших групп растений-торфообразователей являются мхи, хотя по видовому составу и уступают место цветковым растениям. На болотах наиболее обильно представлены листостебельные мхи (класс *Musci*): бриевые (зеленые, подкласс *Bryidae*) и сфагновые (белые или торфяные мхи, подкласс *Sphagnidae*). В небольшом количестве встречаются печеночные мхи (класс *Hepaticae*).

**Бриевые (зеленые) мхи.** Это наиболее обширная группа мхов (около 1400 видов и более 700 родов). Это однолетние и многолетние растения, различные по величине, от очень маленьких (1 мм высотой) до крупных (до 30 см). Характерной особенностью бриевых мхов, отличающей их от сфагновых,

является зеленая окраска гаметофитов. Как правило, хорошо выражен разветвленный стебель, имеющий сложное анатомическое строение, покрытый разнообразно устроенными листьями, есть ризоиды. Листья с жилкой или без нее, от округлой до заостренной формы, или с острой, загнутой назад верхушкой. Располагаются спирально на стеблях и ветках. Строение листа простое. Листовая пластинка состоит из одного слоя клеток (вытянутых, округлых, многогранных). У некоторых представителей видов в середине пластинки образуется пучок сближенных, многослойно расположенных клеток (жилка). У основания листа, в углах бывают более крупные тонкостенные округлые клетки. Они образуют так называемые *ушки*.

Растут бриевые мхи отдельными стебельками или группами, нередко образуя ковры. Используют различные субстраты – почву, кору стволов и ветвей, гнилую древесину. Произрастают на минеральных и торфяных почвах, образуя дернины в виде подушек и ковров.

Среди бриевых мхов выделяют экологическую группу *гипновых мхов* – полуводных растений, типичных для условий умеренно-прохладного климата. Среди гипновых мхов на болотах широко распространены виды семейства *Amblystegiaceae*, представители родов *Drepanocladus*, *Calliergon*, *Scorpidium*, а также роды *Meesia*, *Tomenthypnum* и др.

В составе бриевых мхов имеются и психрофильные мхи, менее специфичные для болот, которые обычно связаны с условиями переменного увлажнения и произрастают на микроповышениях у основания стволов деревьев. К ним относятся: *Polytrichum commune*, *P. striatum*, виды рода *Pleurozium*, *Dicranum* и др.

Бриевые мхи требовательны к условиям минерального питания, поэтому на верховых (олиготрофных) болотах они встречаются редко, в основном это *Drepanocladus fluitans*, виды р. *Polytrichum* р. *Dicranum*, реже р. *Pleurozium*.

Бриевые мхи являются пионерами заболачивания минеральных почв. Некоторые из них (р. *Drepanocladus*, р. *Calliergon*) принимают участие в зарастании водоемов.

**Сфагновые мхи.** Сфагновые мхи относятся к роду Сфагнум, насчитывающим свыше 350 видов. Эти мхи дают основную ежегодную растительную продукцию болот.

Это одно- и двудомные многолетние растения. Стебель прямостоячий, без корней, постепенно отмирающий снизу, многорядно облиственный. Листочки по месту прикрепления называются *стеблевыми*. Боковые ветви густо покрыты черепитчато расположенными *веточными* листочками. Ветви скучены на верхушке стебля в более или менее плотную головку, а на остальном протяжении стебля они собраны пучками. (Рис.1).





Рис.1. Мох р.*Sphagnum*.Общий вид.

Стеблевые и веточные листья имеют неодинаковую форму и величину. Листовая пластинка однослойная, построена двумя типами клеток: зелеными, содержащими хлоропласты (*фотосинтезирующие, хлорофиллоносные клетки*) и мертвыми, водоносными, бесцветными, лишенными хлоропластов (*гиалиновые клетки*). Хлорофиллоносные клетки развиты в большом количестве и окружают водоносные на протяжении всего листа. Гиалиновые клетки имеют спиральные и кольчатые утолщения и поры в наружных оболочках.

Стебель в наружной части образован, как и листья, водоносными клетками, которые в совокупности называются *гиалодермой*. Гиалодерма может быть одно- или многослойной.

Отдельные растения сфагнов всегда объединяются в более-менее плотные дернины, нередко образующие сплошной покров. Покровы сфагновых мхов беловатого цвета с различными оттенками: зеленоватым, бурым, розоватым, фиолетово-бурым.

Характерной особенностью сфагновых мхов является их огромная водопоглотительная способность. Подсчитано, что они вбирают в себя воды в 20 раз больше сухого веса. Отсюда родовое название растения – «сфагнос», что с греческого означает «губка».

Особенности сфагновых мхов (высокая влагоемкость, непритязательность к водно-минеральному питанию, крайняя ацидофильность, высокое содержание фенольных соединений, обуславливающих антибактериальные свойства, быстрота роста, накопление торфа и др.) позволяют растениям этой группы в значительной степени трансформировать условия среды и выступать в роли сильных *эдификаторов* растительных сообществ. Одни из них приспособились к жизни в воде (например, топяной вид *Sphagnum majus* (Russ.) C. Jens.), другие – на высоких грядах или кочках, где бывают даже засухи (*Sphagnum fuscum* (Schimp.)

*Klinggr.*, *S. magellanicum* Brid.), третьи – на нижних частях кочек, склонах гряд, в межрядовых понижениях (*S. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens.).

Потребность в питании у сфагновых мхов неодинаковая. Одним видам необходимо сравнительно много минеральных солей (эвтрофные виды), другим достаточно того, что они получают с атмосферными осадками (олиготрофные виды). На верховых болотах, в условиях бедного водно-минерального питания, произрастает более 20 видов сфагновых мхов. Среди них наиболее часто в Сибири встречаются сфагн бурый (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.), сфагн магелланский (*S. magellanicum* Brid.), сфагн узколистный (*S. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens.), сфагн балтийский (*S. balticum* (Russ.) Russ. Ex C. Jens.) и др.

На низинных (эвтрофных) болотах произрастают следующие виды мхов: сфагн центральный (*S. centrale* C. Jens. ex H. Arn. et C. Jens.), сфагн Варнсторфа (*S. warnstorffi* Russ.), сфагн (*S. obtusum* Warnst.) и др.

**Печеночные мхи.** На болотах встречаются повсеместно в виде небольшой примеси с другими мхами. Печеночные мхи не являются торфообразователями, но играют важную роль в жизни болот. Появление данной группы мхов на верховых болотах в виде пятен площадью до 1–2 м<sup>2</sup> свидетельствует о развитии регрессивных явлений, проявляющихся во временном прекращении торфообразования в связи с замещением растений– торфообразователей. На выработанных торфяниках они являются индикаторами вторичного заболачивания. Наиболее часто на болотах лесной зоны встречаются следующие виды: *Mylia anomalia* (Hook.) S. Gray, *Cladopodella fluitans* (Nees) Buch. На выработанных торфяниках широко распространена маршанция многообразная *Marchantia polymorpha* L.

**Цель занятия:** познакомиться с особенностями среды обитания болотных растений, получить представление о флористическом составе болот и происхождении болотной растительности, рассмотреть эколого-биологические особенности мхов.

**Материалы и оборудование:** живые или гербарные образцы сфагновых мхов, бриевых (зеленых) мхов, печеночных мхов; фотоальбомы с болотными растениями; таблица «Сфагнум»; ручные лупы; микроскоп; предметные и покровные стекла; чашки Петри; марлевые салфетки; полоски фильтровальной бумаги; пинцет; препаровальные иглы; стаканчик с дистиллированной водой; пипетки или стеклянные палочки; простые и цветные карандаши.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

1. По гербарии рассмотреть внешнее строение олиготрофных и эвтрофных сфагновых мхов. Выделить главный стебель, боковые и верхушечные ветви с антеридиями и архегониями, спорофиты на верхней части стебля.

2. Зарисовать общий вид *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. На рисунке обозначить: главный стебель, боковые и верхушечные ветви, листья стеблевые и веточные, спорофиты на верхней части стебля (если есть).

3. Познакомиться с гербарием зеленых мхов. Зарисовать внешний вид следующих мхов: по одному виду из родов *Polytrichum*, *Drepanocladus*, *Calliergon*, *Scorpidium*, *Meesia*.

4. По гербарии познакомиться с мхами класса Печеночники. Зарисовать следующие виды: *Mylia anomalia* (Hook.) S. Gray, *Cladopodella fluitans* (Nees) Buch.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Ботанический атлас / Под ред. Б.К. Шишкина. – М.: Изд-во с/х лит., 1963. - ...с.
2. Мульдияров Е.Я. Определитель листостебельных мхов Томской области: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. – 208 с.

1

#### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каково происхождение болотной флоры?
2. Какие виды растений называют эдификаторами?
3. Назовите наиболее часто встречающиеся на болотах Западной Сибири виды печеночных мхов.

## 1.2. Флора болот и растения-торфообразователи: деревья, кустарники, травянистые растения.

### Теоретическая часть

Как уже упоминалось ранее, по жизненным формам флора болот разнообразна: кроме мхов на них встречаются травы, кустарнички, кустарники и, реже, деревья.

**Деревья.** Произрастают на болотах в тех местах, где их корневые системы обеспечены кислородом. Из древесных пород очень немногие могут выдерживать условия обитания на болотах. Так, на верховых болотах можно встретить преимущественно сосну обыкновенную (*Pinus silvestris* L.), сосну сибирскую или кедр (*P. sibirica* L.), изредка березу пушистую (*Betula pubescens* Ehrh. = *B. alba* L.).

Отличительная особенность произрастания сосны обыкновенной на верховых болотах - ее неспособность давать придаточные корни, по мере того как происходит нарастание сфагновой дернины и торфа. Поэтому она угнетается сфагновыми мхами и образует ряд экологических форм, различающихся по высоте, характеру роста, длине и ширине шишек и т.д.

На низинных болотах кроме вышеназванных деревьев произрастает ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), береза приземистая (*Betula humilis* Schrank.) в виде кустарника.

**Кустарники и кустарнички.** Кустарники наиболее характерны для низинных торфяных болот, где представлены многочисленными видами рода Ивы (*Salix*) семейства Ивовых (*Salicaceae*). Встречаются также ольха кустарниковая (*Alnus fruticosa* Rupr.), береза карликовая (*Betula nana* L.) и др. Видовой состав кустарников на верховых болотах ограничен: здесь произрастает береза карликовая.

Доминантами растительного покрова болот выступают кустарнички, которые вместе со сфагновыми мхами обуславливают ландшафт верховых болот. Широко представлены вечнозеленые кустарнички из семейства Вересковых (*Ericaceae*): багульник болотный (*Ledum palustre* L.), мирт болотный или касандра (*Chamaedaphne calyculata* Moench.), подбел многолистный (*Andromeda polifolia* L.); из сем. Брусничных (*Vacciniaceae*): брусника обыкновенная (*Rhodococcum vitis-ideae* (L.) Avror.), клюква болотная (*Oxycoccus palustre* Pers.), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. Ex Rupr.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.). Болотные кустарнички представляют собой крайне олиготрофные и ацидофильные растения. Они имеют поверхностную корневую систему, состоящую из придаточных корней. Корневые системы этих растений снабжены экзотрофной микоризой. Болотным кустарничкам свойственны признаки ксероморфного строения: жесткость и опушенность листьев (багульник), восковой налет (голубика, подбел), сильно кутинизированная толстая эпидерма (клюква, брусника), вечнозеленость, а также сильное развитие в листьях механической ткани. Вместе с тем ксероморфные черты болотных кустарничков

сочетаются с особенностями гигроморфного строения (губчатая ткань с широкими воздухоносными полостями), что связано со специфическими условиями среды обитания.

Долгое время ксероморфоз болотных кустарничков и некоторых болотных трав (пушицы, осок) объясняли «физиологической сухостью» торфяного субстрата. Считалось, что при обилии влаги в условиях низких температур, анаэробнозиса, повышенной кислотности, наличия токсических веществ вода недоступна для корневых систем растений. Однако в ходе исследований не было отмечено особых затруднений поступления воды в корневые системы. Предполагают, что ксероморфный облик данных растений обусловлен разными причинами: настоящей, т.е. физической сухостью торфяного субстрата (в жаркие летние месяцы), бедностью торфа элементами минерального питания, особенно доступными соединениями азота, наследственностью (возможно, растения унаследовали черты ксероморфного облика от предков – вечнозеленых тропических вересковых).

**Травянистые растения.** Все произрастающие на болотах травы, за очень редким исключением, многолетние и большей частью являются типичными гигрофитами. Болотные травы приспособились к недостаточной аэрации торфяного субстрата: их надземные и подземные органы характеризуются сильно развитой системой межклетников и воздухоносных полостей. Некоторым болотным травам (пушице, осокам, злакам и др.) свойственны черты ксероморфных растений (узкие жесткие листья, восковой налет с хорошо развитой кутикулой, глубокое расположение устьиц).

Среди травянистых растений верховых болот часто встречается шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.) из сем. Ситниковидных (*Juncaceae*), представители сем. Осоковых (*Cyperaceae*): пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), осоки шаровидная (*Carex globularis* L.) и топяная (*C. limosa* L.), сем. Розоцветных (*Rosaceae*): морошка (*Rubus chamaemorus* L.), сем. Росянок (*Droseraceae*): росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.) и реже Росянка английская (*D. anglica* Huds.) (см. рис.3).

Для травяного покрова низинных болот характерны различные осоки: осока волосистоплодная (*Carex lasiocarpa* Ehr.), о. двутычиночная (*C. diandra* Schrank.), о. дернистая (*C. caespitosa* L.) и другие; пушица многоколосая (*Eriophorum polistachyon* L.); влаголюбивые злаки: вейник незамечаемый (*Calamagrostis neglecta* (Thrh.) Gaertn.), тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin.); виды семейства Хвощевых (*Equisetaceae*): хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.) и хвощ топяной (*Equisetum fluviatile* L.). Из разнотравья здесь встречаются: вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.) из сем. Вахтовых (*Menyanthaceae*), белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.) из сем. Аронниковых (Ароидных - *Araceae*), сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) из сем. Розоцветных и другие растения. Почти все травянистые растения низинных болот являются многолетниками с мощными корневищами, часто образуют заросли.

**Цель занятия:** познакомиться с древесными, травянистыми растениями, кустарниками и кустарничками болот, их приспособительными особенностями.

**Материалы и оборудование:** живые или гербарные образцы представителей семейства Сосновых (*Pinaceae*), сем. Березовых (*Betulaceae*), сем Ивовых (*Salicaceae*), сем. Вересковых (*Ericaceae*), сем. Осоковых (*Cyperaceae*), сем. Росянковых (*Droseraceae*), сем. Вахтовых (*Menyanthaceae*), сем. Розоцветных (*Rosaceae*), сем. Аронниковых (ароидных - *Araceae*), сем. Брусничных (*Vacciniaceae*), сем. Ситниковидных (**шейхцериевых – Scheuchzeriaceae – Juncaceae**); фотоальбомы с болотными растениями; ботанический атлас; ручные лупы; чашки Петри; фильтровальная бумага; пинцет; препаровальные иглы; простые и цветные карандаши.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

1. По гербарии познакомиться с древесными растениями болот. Отметить и записать признаки, по которым различается внешний вид сосны обыкновенной, растущей на верховых болотах от этого же вида, произрастающего в бору.

2. Познакомиться с кустарниками болот, зарисовать внешний вид березы карликовой, ивы пепельной, ольхи карликовой.

3. Познакомиться с болотными кустарничками. Зарисовать внешний вид багульника болотного, мирта болотного, подбела, брусники, клюквы. Составить краткое морфологическое описание этих растений.

4. Познакомиться с травянистыми болотными растениями. Зарисовать внешний вид и составить краткое морфологическое описание шейхцерии болотной, пушицы влагалищной, вахты трехлистной, представителя рода Осоки, росянки круглолистной.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. – М.: Наука, 1976. – 487 с.
2. Денисенков В.П. Основы болотоведения (учебное пособие.) – СПб: изд-во С.-Петербург. ун-та, 2000. – 224 с.
3. Макаренко Г.Л., Шадрина Н.И. Основы биогеоценологии болот. Геологический аспект: Учебное пособие. – Тверь: ТГГУ, 1999. – 160 с.
4. Еленевский А.Г., Соловьева М.П., Тихомиров В.Н. Ботаника. Систематика высших, или наземных растений. – М.: Academia, 2005. - ...с.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите особенности произрастания сосны обыкновенной на олиготрофных болотах.
2. Какие болотные кустарнички вы знаете?
3. Какие приспособления к недостаточной аэрации торфяного субстрата имеют травянистые растения болот?

### 1.3. Фармацевтические аспекты использования болотных растений.

#### Теоретическая часть

*Сфагновые (белые) мхи* издавна применяли в народной медицине. Способность всасывать много влаги и впитывать запахи позволяет использовать их в качестве перевязочного материала при лечении ран, особенно гнойных, пролежней. Благоприятному действию этих мхов при лечении ран способствуют его обеззараживающие свойства, которые в основном обусловлены наличием в нем особого вещества – сфагнола. Кроме того, сфагновые мхи содержат три-терпены, полисахариды, смолы, фенолподобные вещества и значительные количества кальция, марганца, железа и серебра. В настоящее время сфагнум применяется только в народной медицине. Торфяные ванны используют при ревматизме, сфагновую подстилку – отмершие нижние части мха – в качестве подкладочного материала в хирургии. Образующийся при отмирании мха торф принимают при острых заболеваниях кишечника, а наружно – в виде торфяной грязи для припарок при лечении язв.

Хвоя и почки *сосны обыкновенной* имеют лечебное применение. В хвое содержатся эфирное масло, дубильные и горькие вещества, флавоноиды, кумарин, микроэлементы (марганец, железо, медь, бор, цинк, молибден) и большое количество витаминов С, К, Е и каротина. Летучие выделения сосновой хвои обладают высокой фитонцидностью, способностью обеззараживать окружающий воздух. Хвоя сосны рекомендуется при лечении от цинги, инфекционных болезней и ранениях в виде витаминных настоев и концентратов. Отвар почек используют в качестве отхаркивающего и дезинфицирующего средства при воспалении верхних дыхательных путей. Смола сосны входит в состав ранозаживляющего пластыря клеола. Сосновый деготь входит в состав мази Вишневского, который применяют наружно при лечении кожных заболеваний.

Особой популярностью в медицине пользуется *пихта сибирская*. Эфирное масло пихты служит источником получения камфоры, применяемой в медицине при недостаточности сердечной деятельности и как наружное средство. Пихтовую хвою используют для получения препарата «Абисиб», применяемого в качестве антицинготного средства, а также стимулирующего защитные силы организма.

Многие болотные кустарнички с успехом применяют в медицинских целях. Так, *багульник*, все органы которого содержат ядовитое эфирное масло, обладает отхаркивающим и противококлюшным действием, снижает артериальное давление и замедляет частоту сердечных сокращений. В народной медицине это растение считают мочегонным, потогонным, глистогонным средством, применяют в ветеринарии. Настой цветков на спирту используют при туберкулезе легких, для втираний при ревматизме. Листья *брусники* применяют в виде настоя или отвара как мочегонное, противомикробное, противовоспалительное и вяжущее, а также регулирующее кислотность желудочного сока средство. Ягоды брусники обладают противоцинготным и противогнилостными свойствами. Ягоды *клюквы* употребляют в виде морса или экстракта как про-

хладительное и жаропонижающее средство при лихорадке, а также как анти-токсическое, противовоспалительное и как источник витаминов. Считается, что ягоды клюквы благоприятно влияют на состав крови.

Среди травянистых растений болот много лекарственных. Например, *морозика*: настойку из растения применяют при подагре, водянке, авитаминозе, нарушении обмена веществ, как мочегонное, а ягоды как жаждоутоляющее, противцинготное средство. Ценность плодов морошки увеличивает их большая фитонцидность: их летучие фитонциды обеззараживают окружающий воздух, а сок из ягод, даже разведенный водой, сохраняет свою бактерицидную силу после 30-недельного хранения. Травя *росянки круглолистной* употребляется в народной медицине как отхаркивающее средство при коклюше, катаре бронхов, бронхиальной астме, а жидкость, выделяемая железками листа – наружно против бородавок. Корневища *сабельника болотного* популярны в народной медицине как средство лечения костно-суставных болезней. Их применяют как вяжущее, мочегонное и желчегонное средство, а наружно – как ранозаживляющее и противовоспалительное средство при воспалительных процессах в полости рта. Листья *вахты трехлистной* используют в качестве горького, возбуждающего аппетит и улучшающего пищеварение средства в виде настоя, а также в составе желчегонного, мочегонного, слабительного и успокоительного сборов (чаев). В народной же медицине листья употребляются как противцинготное, противоглистное, противолихорадочное средство, при золотухе, туберкулезе и против простуды.

**Цель занятия:** познакомиться с лекарственными растениями болот Западной Сибири.

**Материалы и оборудование:** живые или гербарные образцы представителей лекарственных растений семейств Сосновых (*Pinaceae*), сем. Березовых (*Betulaceae*), сем. Ивовых (*Salicaceae*), сем. Вересковых (*Ericaceae*), сем. Вахтовых (*Menyanthaceae*), сем. Розоцветных (*Rosaceae*), сем. Брусничных (*Vacciniaceae*) и других; фотоальбомы с болотными растениями; ботанический атлас; ручные лупы; чашки Петри; фильтровальная бумага; пинцет; препаровальные иглы; простые и цветные карандаши.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

1. По гербарии познакомиться с лекарственными растениями болот.
2. Используя литературные данные предложить область применения данных гербарных образцов.
3. Зарисовать внешний вид изучаемых растений.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. - 11-е изд., доп. – М. : Медицина, 1990. — 398 с.
2. Государственный реестр лекарственных средств. – М. : Минздрав РФ, 2000. – 1202 с.



### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислите лекарственные растения верховых болот
2. Перечислите лекарственные растения низинных болот
3. Перечислите лекарственные растения переходных болот
2. Назовите основных представителей лекарственных растений семейств Розоцветные, Вересковые, Березовые и предложите область их применения

## 2. БОЛОТНЫЕ БИОГЕОЦЕНОЗЫ

### Теоретическая часть

*Болото* – это группа взаимосвязанных БГЦ, которые характеризуются постоянным или продолжительным обильным увлажнением, специфической влаголюбивой растительностью и болотным типом почвообразования.

Среди компонентов биоценоза в болотном БГЦ ведущее место занимает *фитоценоз* – сочетание растений, совместно обитающих на участке с более или менее однородными условиями среды. Изучение растительности болотных БГЦ имеет большое значение, так как именно фитоценоз обуславливает отложение определенного вида торфа, характеризующегося присущими только ему физико-химическими свойствами. Например, гипновый торф образуется в сильнообводненных биогеноценозах гипнового типа (в составе растительного покрова таких БГЦ преобладают гипновые мхи). Кроме того, по характеру фитоценоза и требовательности к условиям среды можно судить о современном состоянии процесса торфонакопления.

Количество фитоценозов, которые можно выделить в растительном покрове болот сравнительно невелико. К классификации болотной растительности существуют разные подходы: доминантный, эколого-фитоценотический, флористический и т.д. Так, эколого-топологический принцип классификации болотной растительности (по С.Н. Тюремнов, 1949, 1976) использован применительно к запросам торфяной промышленности. На ее основе разработана классификация торфов. Фитоценозы соответствуют виду торфа. Каждому фитоценозу свойственна среда с определенным режимом влажности, аэрации, минерального питания и т.д. В основу классификационной схемы фитоценозов положены два признака: минеральный и водно-воздушный режимы. Сочетание этих двух факторов в основном обуславливает в каждом отдельном случае флористический состав фитоценозов и их структуру. По минеральному режиму (зольности субстрата) различают три типа растительности: *верховой (олиготрофный тип* – включает малотребовательные к питательным веществам растения), *низинный (эвтрофный тип* – образован растениями, требовательными к содержанию в субстрате питательных веществ) и *переходный (мезотрофный тип)*, который занимает по питанию промежуточное положение между олиготрофным и эвтрофным. По водно-воздушному режиму болотные фитоценозы в целом и по каждому типу отдельно расчленяются на три подтипа: лесной, лесотопяной и топяной.

Расположение растительных сообществ приурочено к определенным элементам экотопа. Отдельные фитоценозы располагаются в виде закономерно чередующихся полос, образующих *экологический ряд*. *Экологический ряд* – это последовательно сменяющие друг друга в пространстве и фитоценозы, которые могут сильно различаться между собой. Так, на водоразделах выделено восемь основных звеньев экологического ряда: темнохвойный лес на приречном увале, эвтрофное болото, березовый лес, заболоченный смешанный лес, мезотрофное болото, рям, грядово-мочажинный комплекс, грядово-мочажинно-озерковый

комплекс. Ширина и протяженность фитоценозов может изменяться в больших пределах, отдельные звенья могут либо сильно расширяться, либо сужаться до полного выключения из экологического ряда.

Разнообразие болотных биогеоценозов весьма велико. Их можно различать по положению в рельефе, растительному покрову, условиям водного и минерального питания и т.д. Единой классификации болотных БГЦ, объединяющей отдельные компоненты болот или болотных систем (растительности, торфов и торфяных залежей) до сих пор не существует. Так, биогеоценологическая классификация О.Л. Лисс с соавт. (2001) разработана с учетом следующих критериев: состав и структура болотных фитоценозов, их генезис, экологические условия (обводненность, трофность), интенсивность торфообразовательного процесса, возраст. То есть предлагаемая биогеоценологическая классификация отражает особенности развития и строения болотных систем во времени и в пространстве. В рассматриваемой классификации низшим таксоном является *тип болотного биогеоценоза*. Согласно классификации, в пределах болотных систем Западной Сибири выявлено более 60 типов болотных биогеоценозов, каждый из которых формирует соответствующий ему по ботаническому составу вид торфа. Название каждому из выделенных типов болотных БГЦ дается по названию типа фитоценоза. Разнообразие болотных систем определяется сочетанием слагающих их различных типов биогеоценозов. В центральной части Западно-Сибирской равнины (северная, средняя, южная тайга) болотные системы в основном состоят из биогеоценозов олиготрофного типа. На севере (тундра, лесотундра) и юге (подтайга, лесостепь) благодаря усилению засоленности грунтов существенно увеличивается площадь болотных систем, пребывающих в эвтрофной стадии развития. Болотные системы, относящиеся к мезотрофному типу, не занимают больших площадей. Они более или менее равномерно размещены по всем зонам и подзонам Западно-Сибирской равнины.

*Водный режим* болотных биогеоценозов в общем виде определяют атмосферные осадки и грунтовые воды. На первоначальном этапе развития питание болотных БГЦ – атмосферно-грунтово-водное с эвтрофным ходом развития торфяной залежи болот. На определенном этапе развития болотных БГЦ эвтрофная стадия развития постепенно переходит в олиготрофную стадию и водное питание болотных БГЦ становится атмосферным.

*Болотные биогеоценозы олиготрофного типа.* БГЦ олиготрофного типа формируются в условиях обильного увлажнения и бедного водно-минерального питания. Это питание осуществляется главным образом за счет атмосферных осадков, содержащих менее 50 мг/л растворенных минеральных солей. Олиготрофные БГЦ занимают наибольшие территории Западной Сибири. Растительные сообщества олиготрофного типа характеризуются малым количеством образующих видов. Состав доминантов изменяется в зависимости от условий произрастания (от степени обводненности, глубины залегания грунтовых вод, проточности и т.д.). Характерная особенность олиготрофных БГЦ – сплошной ковер сфагновых мхов.

*Болотные биогеоценозы мезотрофного типа.* БГЦ мезотрофного типа формируются в условиях смешанного питания: атмосферными, поверхностно-

сточными и частично грунтовыми водами. Содержание растворенных минеральных солей в пределах 40-80 мг/л. БГЦ данного типа встречаются в основном в виде фрагментов на контактах олиготрофных и эвтрофных участков, по окраинам олиготрофных болотных систем. Между выпуклыми участками на крупных массивах образуются мезотрофные топи. Мезотрофная растительность формируется в условиях постепенного обеднения питающих грунтовых вод минеральными веществами или в условиях постоянного питания мягкими слабопроточными водами. Во всех ярусах растительных сообществ произрастают и эвтрофные и олиготрофные виды растений в сочетании с мезотрофными видами. На водоразделах в условиях небольшой обводненности формируются древесно-кустарничково-травяно-моховые и древесно-травяно-моховые мезотрофные фитоценозы. В моховом покрове лесных мезотрофных растительных сообществ доминирующими видами являются *Sphagnum magellanicum* Brid., *S. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens.), *S. centrale* C. Jens. ex H. Arn. et C. Jens. На сильно обводненных окраинах олиготрофных болот распространены травяно-сфагновые безлесные растительные сообщества, имеющие сплошной моховой покров из гидрофильных видов *Sphagnum obtusum* Warnst., *S. majus* (Russ.) C. Jens. и др.

*Болотные биогеоценозы эвтрофного типа.* Формирование данных БГЦ определяется, в первую очередь участием грунтовых или речных вод, богатых минеральными веществами (от 60 до 400 мг/л растворенных минеральных солей); атмосферные осадки играют здесь меньшую роль. В связи с этим, эвтрофные сообщества приурочены в основном к поймам рек. На водораздельных равнинах и террасах они встречаются фрагментарно – по окраинам олиготрофных болот. В центральных частях болот они формируются вблизи болотных речек, приурочены к проточным топям, топям выклинивания (местам выхода грунтовых вод к поверхности), так как в этих условиях за счет подтока грунтовых вод, а также благодаря сбросу поверхностных вод с выпуклых олиготрофных участков создается более богатый водно-минеральный режим. Растительность эвтрофных БГЦ характеризуется значительным разнообразием слагающих ее сообществ. Здесь встречаются древесно-травяные, древесно-травяно-моховые, кустарничково-травяно-моховые, травяно-моховые и травяные растительные ассоциации. Также как и на олиготрофных БГЦ доминантами являются мхи, из них ценообразователями выступают чаще всего зеленые мхи, такие как *Drepanocladus vernicosus* (Mitt.) Warnst., *Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr., и эвтрофные виды сфагновых мхов: *Sphagnum warnstorffi* Russ., *S. obtusum* Warnst., *S. centrale* C. Jens. ex H. Arn. et C. Jens. и др.

Травяные ассоциации играют подчиненную роль в сложении растительного покрова низинных болот Западной Сибири и формируются только в условиях наиболее богатого минерального питания.

*Болотные биогеоценозы гетеротрофного типа.* Комплексы БГЦ гетеротрофного (разнотипного) типа объединены в четыре группы, которые получили распространение в зоне тундры и таежной зоне: с валиково-полигональным,

плоскобугристым, крупнобугристым и грядово-мочажинным мезо- и микро-рельефом.

**Цель занятия:** познакомиться с типами растительности болот, получить представление о классификации болотных биогеоценозов, познакомиться с типами болотных биогеоценозов.

**Материалы и оборудование:** таблица «Классификация растительного покрова болот» (С.Н. Тюремнов, 1976); фотоальбомы болотных биогеоценозов; видеофильм «Типы болотных биогеоценозов»

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

1. По таблице «Классификация растительного покрова болот» (С.Н. Тюремнов, 1976) познакомиться с основными болотными фитоценозами.

2. Определить и записать, к какой группе, подтипу и типу растительности относятся следующие фитоценозы: осоково-сфагновая топь, вахтовый фитоценоз, березово-вейниковый фитоценоз, фускум фитоценоз.

3. По приведенным ниже описаниям растительности определить и дать названия следующим фитоценозам:

А) *Микрорельеф*: кочкарник крупный, высота кочек 70 см, диаметр 2 м, межкочковые понижения – диаметр 50 см.

*УБВ*- 5 см, мощность торфяной залежи – 100 см.

*Древостой*: сосна (*Pinus silvestris f. litwinowii*), высота 2-3 м, встречается единично

*Подрост*: *Pinus silvestris L.*, высота - 40-50 см, единично.

*Кустарничковый ярус*:

Кассандра болотная – 35%,

клюква болотная – 35%.

Проективное покрытие кустарничкового яруса – 70%.

*Травяной ярус*:

Пушица влагалищная – 20%

Осока (*Carex sp.*) – 20%

Морошка – единично

Роснянка круглолистная – единично.

Проективное покрытие травяного яруса – 40%.

*Моховой покров*:

Сфагн магелланский - 80%

Сфагн узколиственный - 20%

Проективное покрытие мохового яруса – 100%.

Б) *Микрорельеф*: не выражен

*УБВ*- вода на поверхности, мощность торфяной залежи – 240 см.

*Древостой*: отсутствует

*Кустарничковый ярус*:

Единичные растения кассандры болотной, клюквы болотной, подбела многолистного, карликовой березки.

Проективное покрытие кустарничкового яруса – 20%.

*Травяной ярус:*

Пушица влагалищная – 5%

Осока (*Carex sp.*) – 70%

Росяска круглолистная – единично.

Проективное покрытие травяного яруса – 80%.

*Моховой покров:*

Сфагн узколистный - 100%

4. Познакомиться с разными болотными БГЦ, выделить и записать их особенности.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Болотные системы Западной Сибири и их природное значение / Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А. и др. – Тула: Гриф и К°, 2001. – 548 с.

2. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. – М.: Наука, 1976. – 487 с.

3. Денисенков В.П. Основы болотоведения (учебное пособие.) – СПб: изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. – 224 с.

4. Макаренко Г.Л., Шадрин Н.И. Основы биогеоценологии болот. Геологический аспект: Учебное пособие. – Тверь: ТГГУ, 1999. – 160 с.

5. Пичугин А.Ф. Торфяные месторождения: Учебник. – М.: Высшая школа, 1967. – 275 с.

6. Храмов А.А., Валущий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – 219 с.

#### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение понятию фитоценоз?

2. Назовите основные виды растений, составляющих олиготрофные и эвтрофные фитоценозы.

3. В каких условиях водно-минерального питания формируются биогеоценозы олиготрофного, мезотрофного и эвтрофного типов?

### 3. БОЛОТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

#### Теоретическая часть

Учитывая, что образование и развитие голоценовых торфяных месторождений обусловлено совокупным действием многих природных факторов, закономерности географического размещения торфяных ресурсов мира лучше всего выявляются при проведении наиболее детального районирования, когда интегрируется действие всего комплекса физико-географических условий. Этот принцип положен в основу при составлении схемы типологического районирования торфяных месторождений земного шара (рис. ).

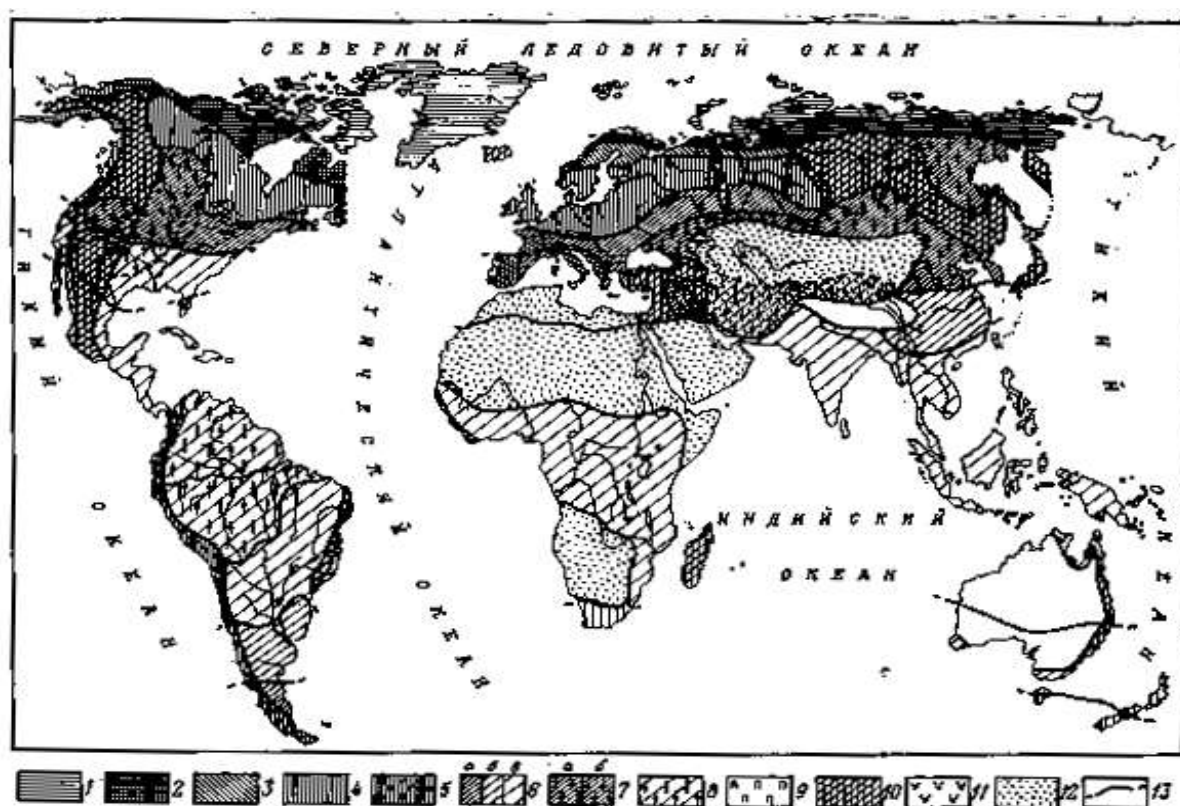


Рис. Схема типологического районирования торфяных болот мира

При типологическом районировании выделены крупные торфяные области.

1. Область полярных реликтовых торфяных месторождений включает в себя зоны тундровых, бугристых и аапа-болот (см. рис. поз.1, 2, 3)

2. Область верховых торфяных месторождений (*Hochmoog, Highmoor, Raised bog*) - это олиготрофные (омбротрофные) месторождения, характеризующиеся определенной выпуклостью поверхности (см. рис. поз. 4, 5).

3. Область разнотипных торфяных болот горноравнинных и вулканических регионов мира (см. рис. поз. 10) распространена в странах почти всех континентов (Евразия, Америка, Африка).

4. Область низинных торфяных месторождений характеризуется большим разнообразием генетических форм (см.рис. поз. 6, 7, 8, 9, 11).

Развиваются они в аллювиальных областях вдоль берегов рек; на месте озер; маршей, заросших тростником и рогозом; вокруг озер. Распространены эвтрофные торфяные залежи во всех странах мира.

Рассмотрим районирование Западной Сибири. Торфяные месторождения Западно-Сибирской равнины чрезвычайно разнообразны по условиям образования и развития. В соответствии с изменениями комплекса физико-географических факторов меняется заторфованность, а также характер и особенности торфяных месторождений. Именно принцип зональности и был положен в основу всех существующих схем районирования торфяных месторождений Западной Сибири.

Всего на территории Западно-Сибирской равнины выделено шесть торфяно-болотных зон, границы которых в основном совпадают с границами природных зон Западной Сибири.

**Районирование торфяных месторождений** Западной Сибири представляет важную проблему в связи с феноменальной заболоченностью территории.

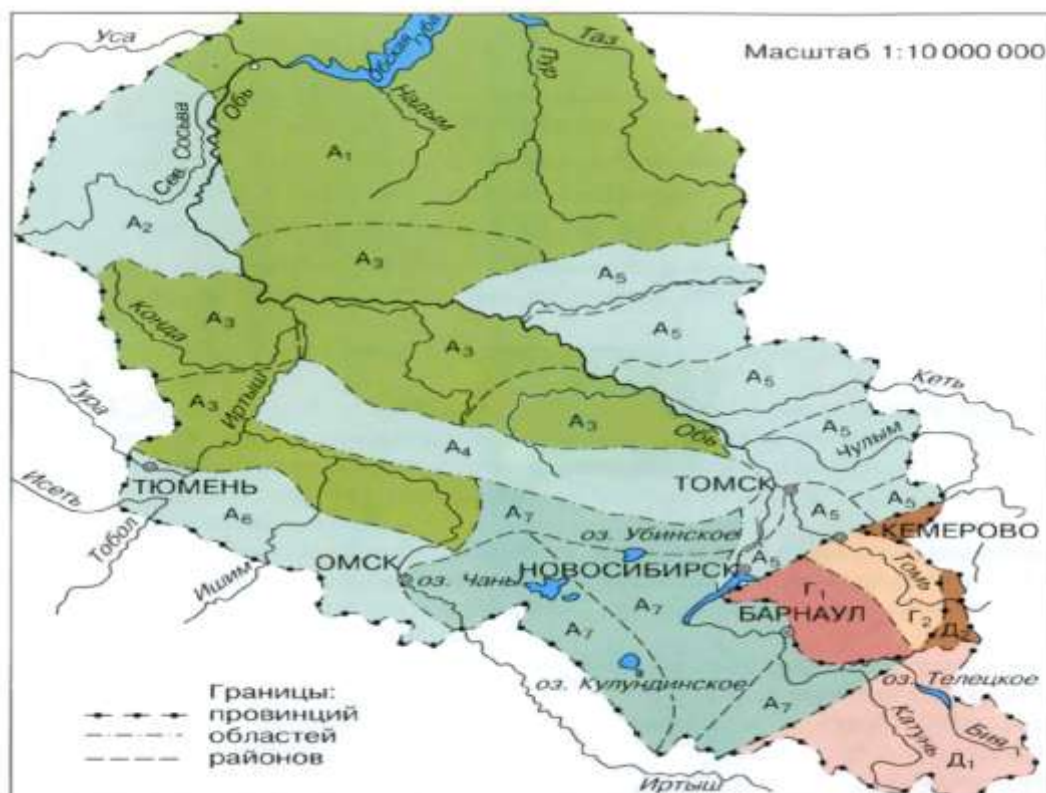




Рис. Районирование болот Западной Сибири

Примечание: 1 2 3 А – Западно-Сибирская торфяная провинция (молодая плита),  
1. А<sub>1</sub> – Северная область торфонакопления,  
А<sub>3</sub> – Средне-Обская область торфонакопления,



2. А<sub>7</sub> – Кулундинско-Барабинская область торфонакопления,
  3. А<sub>2</sub> – Сосьвинская область торфонакопления,
  - А<sub>5</sub> – Чулымо-Енисейская область торфонакопления,
  - А<sub>6</sub> – Северо-Казахстанская область торфонакопления.
-  Г – Салаиро-Кузнецкая торфяная провинция (плоскогорье),
  1. Г<sub>1</sub> – Салаирская область торфонакопления,
  2. Г<sub>2</sub> – Кузнецкая область торфонакопления,
-  Д – Алтае-Саянская торфяная провинция (высокое нагорье),
  - Д<sub>1</sub> – Горно-Алтайская область торфонакопления,
  - Д<sub>2</sub> – Кузнецко-Алатауская область торфонакопления.

Для каждой из этих провинций характерны специфические геолого-геоморфологические, гидрологические условия, которые определяют особенности образования, накопления торфа, расположение залежей на площади (табл. ).

Табл.

## Характеристика ресурсов торфа Западной Сибири

Торфяная провинция	Область торфо-накопления	Ресурсы, млн. т				Плотность запасов на 1 км <sup>2</sup> (тыс. т)	Коэффициент удельного веса промышленной продукции
		верховые	переходные	низинные	смешанные		
Западно-Сибирская	Северная, А <sub>1</sub>	5627,0	4104,8	40,1	–	22,8	0,70
	Сосьвинская, А <sub>2</sub>	486,0	235,9	1230,7	51,2	14,3	0,79
	Средне-Обская, А <sub>3</sub>	30064,7	50028,2	10679,8	2499,0	122,8	0,71
	Васюганская, А <sub>4</sub>	9377,7	1556,2	12240,3	796,5	204,9	0,82
	Чулымо-Енисейская, А <sub>5</sub>	12714,4	5533,5	2838,6	611,4	84,6	0,75
	Северо-Казахстанская, А <sub>6</sub>	31,4	10,0	438,0	5,0	4,8	0,59
	Кулундинско-Барабинская, А <sub>7</sub>	206,8	27,0	2030,0	29,0	9,2	0,62
Алтае-Саянская	Горно-Алтайская, Д <sub>1</sub>	–	1,0	7,0	–	0,1	0,44
Салаиро-Кузнецкая	Салаирская, Г <sub>1</sub>	–	–	43,1	–	1,0	0,64
	Кузнецкая, Г <sub>2</sub>	–	–	67,7	–	2,0	0,54

Рассмотрим расположение выделенных торфяно-болотных зон, их границы и сопоставление с природными зонами Западной Сибири.

**В тундровой зоне**, общая заболоченность которой составляет 16–25 %, для плакорных местообитаний характерен мозаичный покров осоково-лишайниково-моховых и кустарничково-моховых сообществ, в северной части тундры распространены полигональные болота с ярко выраженной неоднородной структурой (рис. ).

В южной части тундры в растительном покрове преобладают сообщества гипоарктических кустарников – ерники и ивняки, ровные междуречные пространства заняты плоскобугристыми и бугристо-кочковатыми болотами, в растительном покрове которых существенно больше сфагновых мхов. Заболоченность лесотундры очень высока до 70%.



Рис. Плоскобугристое болото

**Таежная зона делится на четыре подзоны.** Для подзоны северной тайги характерно развитие редкостойных лиственничных, лиственнично-еловых и лиственнично-сосновых лесов, чередующихся с плоско- и крупнобугристыми мохово-лишайниковыми комплексами болот. Наибольшая заторфованность – более 50 %.

Подзона средней тайги выделяется преобладанием темнохвойных и сосновых лесов и производных сообществ на их месте. От северотаежных типов эти леса отличаются более высокой продуктивностью.

Центральные части междуречий заняты грядово-мочажинными и грядово-мочажинно-озерковыми болотами. Заторфованность средней тайги составляет 39 % (рис. ).



Рис. Грядово-среднемочажинный комплекс фитоценозов

**В подзоне южной тайги** основным зональным типом являются кедрово-елово-пихтовые зеленомошно-мелкотравные и мелкотравно-осоковые леса.

Подзона мелколиственных осиново-березовых лесов (подтайга) выделяется преимущественно для Западной Сибири и на севере ограничена  $56^{\circ}$ – $57^{\circ}$  с. ш., на юге –  $54^{\circ}$ – $55^{\circ}$  с. ш. В условиях континентального климата березовые леса замещают полосу хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, характерную для европейской части России.

В пределах подтайги господствуют коренные мелколиственные (березовые и осиновые) леса с хорошо развитым злаково-разнотравным покровом.

Их дальнейшее заболачивание приводит к образованию эвтрофных и мезотрофных лесных (с *Betula alba*) осоковых и осоково-сфагновых болот. Средняя заторфованность подтайги составляет 25 % (рис. ).



Рис. Эвтрофное осоково-гипновое болото

Региональной особенностью лесостепи в Западной Сибири, является наличие эвтрофных травяных (в основном осоковых и тростниковых) болот. Местами встречаются эвтрофные осоково-гипновые болота, а также олиготрофные сосново-кустарничково-сфагновые (рямы). Средняя заторфованность зоны составляет 8%.

**Степная зона** на территории Западно-Сибирской равнины имеет ограниченное распространение. Процессы заболачивания не характерны для степной зоны. Они наблюдаются только в небольших замкнутых понижениях с близко залегающими грунтовыми водами.

**Цель занятия:** познакомиться с районированием болот мира, Западной Сибири. Понять особенности и закономерности предлагаемых построений.

**Материалы и оборудование:** таблица «Характеристика ресурсов торфа Западной Сибири», видеофильм.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5**

Дать характеристику Горно-Алтайской области торфонакопления.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Кац Н.Я. типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948.- 320 с.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дать понятие термину болотное районирование.
2. Перечислите основные принципы и задачи болотного районирования.
3. Перечислите торфяно-болотные зоны Западной Сибири и дайте их характеристику.

## 4. ТОРФЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### Теоретическая часть

Прежде познакомимся с некоторыми понятиями:

*Торф* – 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.

*Вид торфа* – первичная таксономическая единица классификации торфов. Он отражает исходную группировку растительности и условия своего образования, характеризуется более или менее определенным ботаническим составом, зольностью, содержанием гумуса и другими свойствами.

*Торфяная залежь* – закономерное вертикальное напластование торфов отдельных видов от поверхности до минерального дна торфяного месторождения или подстилающих озерных отложений.

Торфа, отлагаемые в основном верховой растительностью, называются верховыми, низинной растительностью – низинными. Эти же названия, верховой и низинный, присвоены двум основным типам торфяной залежи в зависимости от преобладания из них торфов того или иного типа.

*Торфяное месторождение* – это геологическое образование, состоящее из напластований видов торфа и характеризующееся в своих естественных границах избыточным увлажнением и специфическим растительным покровом.

Заметим, что эвтрофные ( от греческого «эу» – хорошо и «трофее» – пища ) или низинные болота богаты питательными элементами за счет подпитывающих их грунтовых вод. Полная противоположность им болота олиготрофные («олигос» – малый, недостаточный). Минеральное питание они получают только за счет атмосферных осадков.

**Зарождение и развитие болотных систем.** Установлено, что начало и развитие болотообразования на Западно-Сибирской равнине относятся только к голоцену, в котором можно выделить 4 периода развития болотообразовательного процесса. Первый период характеризуется потенциальной возможностью развития болотообразовательных процессов. Он длился тысячу лет (*от 12 до 11 тыс. лет назад*). В этот период резко континентального климата значительная часть территории Западно-Сибирской равнины представляла собой безлесные пространства, занятые перигляциальными степями и тундровыми сообществами и происходило накопление озерных отложений в приледниковых водоемах.

Заболоченность водораздельных пространств в *бореальный период* не превышала 5%. Болотообразовательный процесс в *бореально-атлантический период* (8000 лет назад) превратился из локального в локально-региональный: усилилась трансгрессия болот из очагов заболачивания на окружающие территории. Средняя заторфованность территории центральной части Западной Сибири возросла до 15–20 % (рис. ).

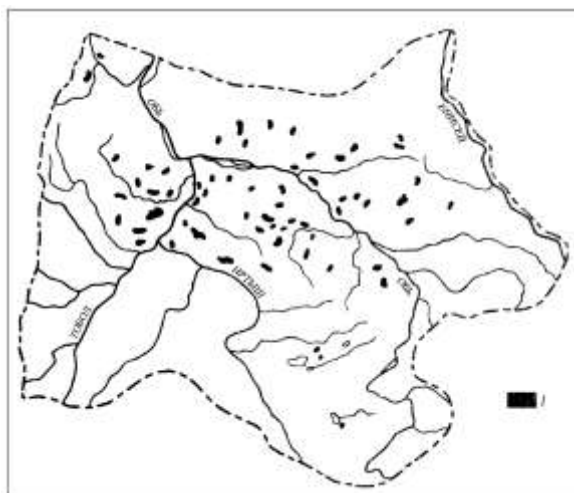


Рис. .Размещение болот в центральной части Западной Сибири в бореальном периоде (8000-9500 лет назад).

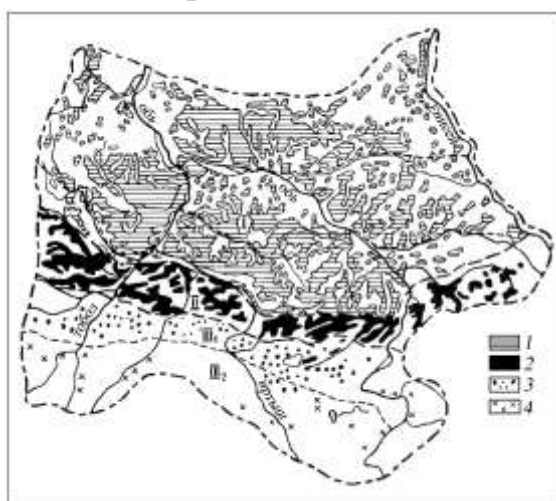


Рис. Размещение болот в центральной части Западной Сибири в субатлантическом периоде (2500 лет назад – настоящее время)

*В атлантическом периоде* в северной тайге и на большей части средней тайги в основном завершилась трансформация болотных систем из эвтрофной и мезотрофной стадий в олиготрофную.

*Суббореальный период* (4500–2500 лет назад) выделяется как сложный этап по климатическим условиям. Раннесуббореальное похолодание и последующее потепление не снизили темпов болотообразования. С этого периода намечается тенденция оформления современной дифференциации болотных систем. Леса по соотношению пород в древесном ярусе тоже приблизились к современным (рис. ).



Рис. Олиготрофное болото



Рис. Эвтрофное болото

Классификация типов торфов разработана по геоботаническому принципу. Основой ее служит ботанический состав торфов, отражающий условия водно-минерального питания растительных группировок. Высшей таксономической единицей служит тип торфа. Установлены 3 типа торфа: низинный, переходный и верховой. В пределах этих типов по соотношению содержания растительных и, в первую очередь, древесных остатков, торф подразделяется на подтипы: лесной, лесотопяной, топяной, а подтипы – на группы. В каждую группу входит несколько видов торфа, выделяемых по преобладающему ботаническому составу, который определяется количеством остатков растений-торфообразователей, слагающих растительное волокно торфа, выраженное в процентах.

Необходимо знать экологические особенности растений-торфообразователей, их принадлежность к тому или иному типу болотного сообщества. При этом нужно учитывать, что многие виды болотных растений отличаются широкой амплитудой экологической приспособленности и могут произрастать на болотах смежных типов – эвтрофных и мезотрофных, мезотрофных и олиготрофных, а некоторые из них – на болотах всех трех типов. Например, сосна обыкновенная, клюква, подбел болотный, шейхцерия и др. Исходя из сказанного, при определении типа торфов необходимо опираться на те растения, которые более или менее однозначно соответствуют определенному типу болот.

*Основные торфообразователи в торфах низинного типа:*

– деревья и кустарники – береза, сосна, кедр, ель, пихта, лиственница, ольха, ольховник, ива;

– травы – осоки (определенные виды), тростник, вейник определенные виды), хвощ (отдельные виды), вахта, пушица (определенные виды), папоротник (определенные виды), шейхцерия;

– мхи гипновые (определенные виды), сфагновые эвтрофные и мезоэвтрофные виды.

*Основные торфообразователи в торфах верхового типа:*

– деревья – сосна, кедр;

– кустарнички – подбел, мирт болотный, багульник;



- травы: шейхцерия, пушица влагалищная, осоки шаровидная и топяная;
- мхи: сфагновые олиготрофные и олигомезотрофные виды, гипновые (определенные виды).

Полное название вида торфа должно включать его типовую и видовую принадлежность. Например, осоковый низинный торф.

Все разнообразие видов торфяных залежей объединено в 4 типа: *низинный, переходный, верховой и смешанный*, из которых три первых типа выделяются по преобладающему участию в сложении залежей торфов одноименного типа. Смешанный тип залежи представляет собой некий сборный тип, когда верхняя часть залежи, не превышающая половину его мощности, сложена верховыми торфами, а нижняя - переходными или низинными.

В каждом типе залежи насчитывается 3 подтипа – *лесной, лесотопяной и топяной*. К лесному подтипу относятся залежи с преобладанием в них лесных торфов, к топяному – топяных.

В том случае, когда залежь имеет простое строение, то есть сложена главным образом торфами одного подтипа, среди которых абсолютно преобладает один из видов торфа, название залежи дается по этому доминирующему виду торфа.

Часто залежь отличается пестротой строения, то есть в сложении участвуют торфа, далекие по генетическим признакам, например, лесные и топяные, формируя очень неоднородные по своему составу залежи. В этом случае приходится идти на некоторую условность, используя для названия залежи уровень подтипа и принимая за основу последовательность чередования пластов торфа различных подтипов: *топяно-лесная, лесотопяная. Многослойная топяная, многослойная топяно-лесная.*

### **Определение типов, подтипов и видов торфяных залежей**

#### *Типы:*

– Залежь полностью или более, чем на 50% состоит из верховых торфов – *верховой тип*.

– Мощность слоя верховых торфов более 0,5 м, но не превышает 50 % общей мощности залежи – *смешанный тип*.

– Залежь полностью или более, чем на 50% общей мощности сложена низинными торфами – *низинный тип*.

– Залежь полностью или более, чем 50% общей мощности сложена переходными торфами – *переходный тип*.

#### *Подтипы:*

– Не менее 75% общей мощности залежи составляют торфа топяного подтипа – *топяной подтип*.

– Торфа топяного подтипа составляют менее 75 %, но более 25 % общей мощности залежи, либо в образовании залежи преобладают торфа лесотопяного подтипа – *лесотопяной подтип*.

– В сложении залежи торфа лесного подтипа составляют не менее 75 % – *лесной подтип*.

#### *Виды торфяных залежей (на примере низинного типа).*

– Не менее 75% общей мощности составляют торфа *топяного подтипа*.

– Один из видов торфа (осоковый, тростниковый, вейниковый и т.д.) по мощности абсолютно преобладает, т.е. превышает сумму всех остальных видов топяного подтипа. Соответственно виды залежей: *осоковая, тростниковая, вейниковая* и так далее.

– Среди торфов топяного подтипа нет ни одного абсолютно преобладающего вида – *топяная*.

– Не менее 75% общей мощности залежи составляют торфа лесного и лесотопяного подтипов а) доминируют торфа лесного подтипа (древесный, еловый и др.). Соответственно виды залежей – *древесная, еловая и т.д.*

– Среди торфов лесотопяного подтипа один из видов торфа (древесно-осоковый, древесно-тростниковый и так далее) абсолютно преобладает. Соответственно виды залежей: *древесно-осоковая, древесно-тростниковая* и так далее.

– Среди торфов лесотопяного подтипа нет преобладающих видов – *древесно-топяная*.

– Залежь имеет двухслойное строение, то есть один пласт залежи образуют торфа топяного подтипа, другой – торфа лесного и лесотопяного подтипов:

а) в строении залежи преобладают торфа топяного подтипа – *многослойная топяно-лесная*,

б) господствуют торфа лесного и лесотопяного подтипов – *многослойная лесотопяная*

**Характеристика торфяных месторождений Томской области.** На территории Томской области выявлено и учтено 1505 торфяных месторождений общей площадью в границах промышленной залежи 7720420 га. Большое распространение на территории Томской области имеют месторождения площадью более 50 тыс. га, запасы торфа в которых составляют 67,8% от общих запасов области. Около 16,7% запасов торфа сосредоточено на 65 месторождениях, имеющих площади от 10 до 50 тыс. га. Наибольшее количество месторождений (649) имеют площадь от 101 до 1000 га, которые по запасам торфа не превышают 4,5% всех запасов торфа области. Большая часть представлена торфом верхового типа (57%); доля переходного и низинного типов составляют 39,5%. Смешанная залежь (4,0%) представлена в виде отдельных участков на крупных массивах с торфом верхового типа.

**Цель занятия:** познакомить с условиями образования торфяных месторождений и их типами и научиться определять тип торфяной залежи.

**Материалы и оборудование:** теоретические материалы главы 4 Большого Практикума.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

**Пример по выполнению практического задания.** Определить вид торфяной залежи низинного типа.

Не менее 75% общей мощности залежи составляют *торфа лесного и лесотопяного подтипов*. Доминируют торфа лесного подтипа (березовый). Вид торфяной залежи – *березовая*.

*Самостоятельная работа:*

1. Не менее 75% общей мощности торфяной залежи низинного типа составляют торфа топяного подтипа с преобладанием вейникового торфа (превышает сумму всех остальных видов топяного подтипа). *Определить вид торфяной залежи низинного типа.*

2. Залежь имеет двухслойное строение, верхняя часть залежи сложена торфами топяного подтипа. *Определить вид торфяной залежи низинного типа.*

3. Не менее 75 % общей мощности залежи низинного типа составляют торфа лесного и лесотопяного подтипов с доминированием торфов лесного подтипа – пихтовый. *Определить вид торфяной залежи низинного типа.*

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М., Недра, 1976. 488 с.
2. Болота Западной Сибири и их роль в биосфере. Томск. ЦНТИ, 1998. 72 с.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислить типы и подтипы торфяных залежей
2. Как образуются торфяные месторождения
3. Расскажите, как выглядит верховое болото, нарисуйте
4. Назовите растения торфообразователи верховых и низинных болот
5. Перечислите условия образования болот

## 5. ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ

### Теоретическая часть

Ресурсы торфа – богатый природный потенциал. Изучение и рациональное использование этого потенциала – одна из задач современности. Необходимо отметить, что торфяные ресурсы в странах мира, в том числе и в России еще не полностью разведаны.

Среди полезных ископаемых, которыми богата наша страна, значительная роль принадлежит торфяным месторождениям, распространенным практически на всей земной поверхности. Заболоченность составляет около 4,4% общей площади суши. Заторфованность территории России различна, наибольшая характерна для Западно-Сибирской равнины и достигает 14% (рис.)

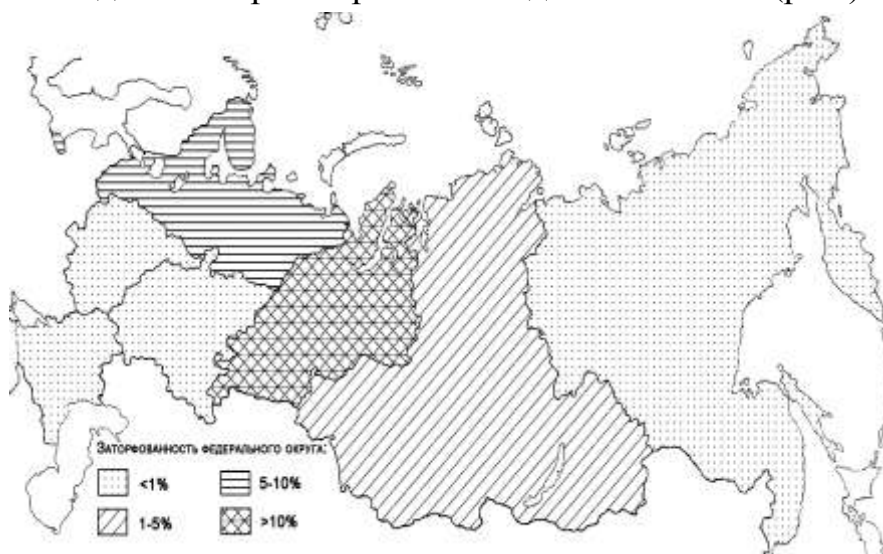


Рис. Заторфованность территории России по федеральным округам

В соответствии с классификацией месторождений твердых полезных ископаемых запасы торфа по их народнохозяйственному значению делят на две группы:

1. *Балансовые* – запасы торфа, удовлетворяющие установленным условиям для их подсчета, а также запасы, использование которых в настоящее время нецелесообразно.

2. *Забалансовые* – запасы торфа, не удовлетворяющие установленным условиям, а также запасы, использование которых в настоящее время нецелесообразно.

По степени изученности запасы торфа подразделяются на *разведанные* (категории  $A$ ,  $B$  и  $C_1$ ), *предварительно оцененные* (категория  $C_2$ ) и *прогнозные* (категории  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ). Категория  $A$  включает детально разведанные запасы торфа.

**Балансовые запасы торфа** категорий  $A+B+C_1$ , в Российской Федерации составляют 19,1 млрд.т, категории  $C_2$  – 11,9 млрд.т, которые размещены на 20984 торфяных месторождениях (табл. ). Сюда включены и месторождения до

10 га. Таким образом наибольшее количество запасов торфа категорий А+В+С<sub>1</sub> – 6,9 млрд.т (36,2 % от запасов России) разведано в Северо-Западном федеральном округе, затем следует Сибирский (25,8 %) и Уральский округ (19,5 %).

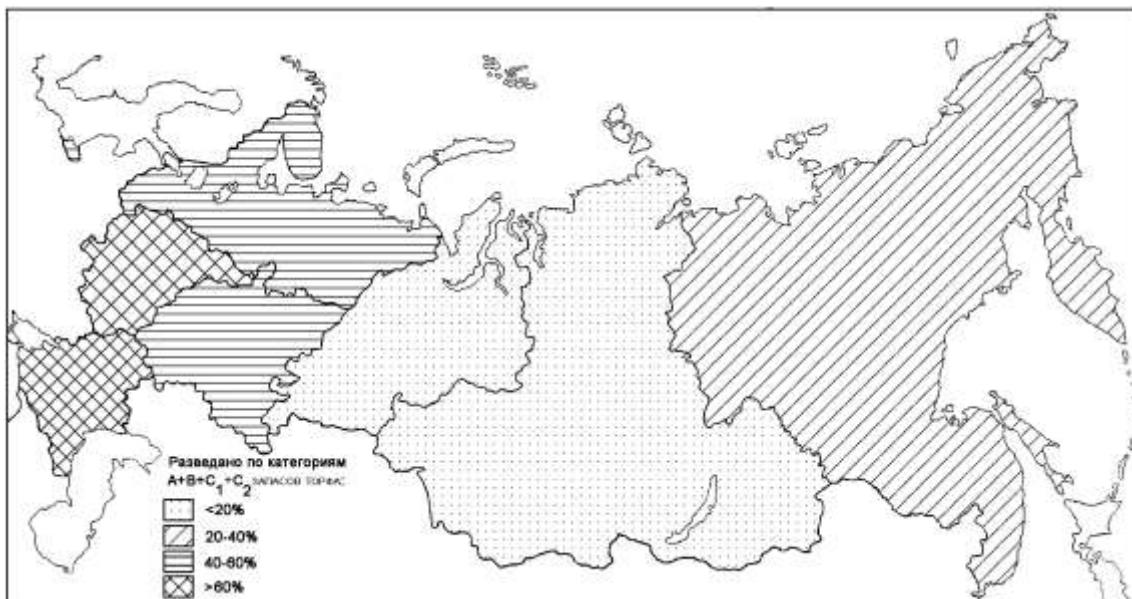


Рис. Детально разведанные запасы торфа

**Прогнозные ресурсы торфа** России в количестве 128,7 млрд.т (95,5 млн.т из них до 10 га) оценены на площади 25821 торфяном месторождении (табл., 8975 из них до 10 га) и примерно 4000 неизученных участков разведанных торфяных месторождений, составляющих в границе промышленной глубины залежи 37,2 млн.га или 372,4 тыс.км<sup>2</sup>.

Общий баланс запаса торфа в РФ составляет 166,9 млрд.т на площади 47,6 млн.га (476 тыс.км<sup>2</sup>). По оценкам специалистов и проведенным исследованиям с использованием новейших топографических и специальных карт, материалов аэрофотосъемки и космической съемки, *достоверные запасы торфа в стране могут быть увеличены до 250 млрд.т*, в основном за счёт выявления новых торфяных месторождений в районах Восточной Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Почти половина прогнозных ресурсов торфа (48,3%) и более половины их площади (51,6%), согласно новому административному делению относится к Уральскому федеральному округу в связи с отнесением к нему Тюменской области (25,13 млрд.т), Ханты-Мансийского автономного округа (38,99 млрд.т) и Ямало-Ненецкого автономного округа (7,85 млрд.т). Этот федеральный округ занимает по запасам торфяных ресурсов первое место в России.

Табл.

## Размещение запасов торфа по федеральным округам РФ

Федеральный округ	Количество месторождений	Площадь в границе промышленной глубины залежи торфа, га	Балансовые запасы, тыс.т. торфа 40% влажности				Забалансовые запасы	
				<i>A+B+C</i>				<i>C<sub>2</sub></i>
Россия	20 984	10 331 615		19 068 440			11 859 446	7 181 133
Центральный	7 279	966 587		1 918 624			278 467	1 885 888
Северо-Западный	5 640	2 575 601		6 898 940			1 359 565	1 755 153
Южный	21	641		-			922	1076
Приволжский	5 172	596 300		1 210 528			99 354	1 017 861
Уральский	1 407	2 309 494		3 722 242			3 616 838	885 562
Сибирский	1 037	3 237 567		4 913 564			5 166 761	856 190
Дальневосточный	428	645 425		404 542			1 337 539	779 403

На втором месте находится Сибирский федеральный округ (34,4 млрд.т или 21,8% прогнозных ресурсов России). Россия имеет огромные ресурсы торфа (разведанные и прогнозные – 166,9 млрд.т), которые составляют 31,4% от мировых и обеспечивают России первое место по их запасам,

Территорию России по степени изученности запасов торфа можно разделить на районы (рис.).

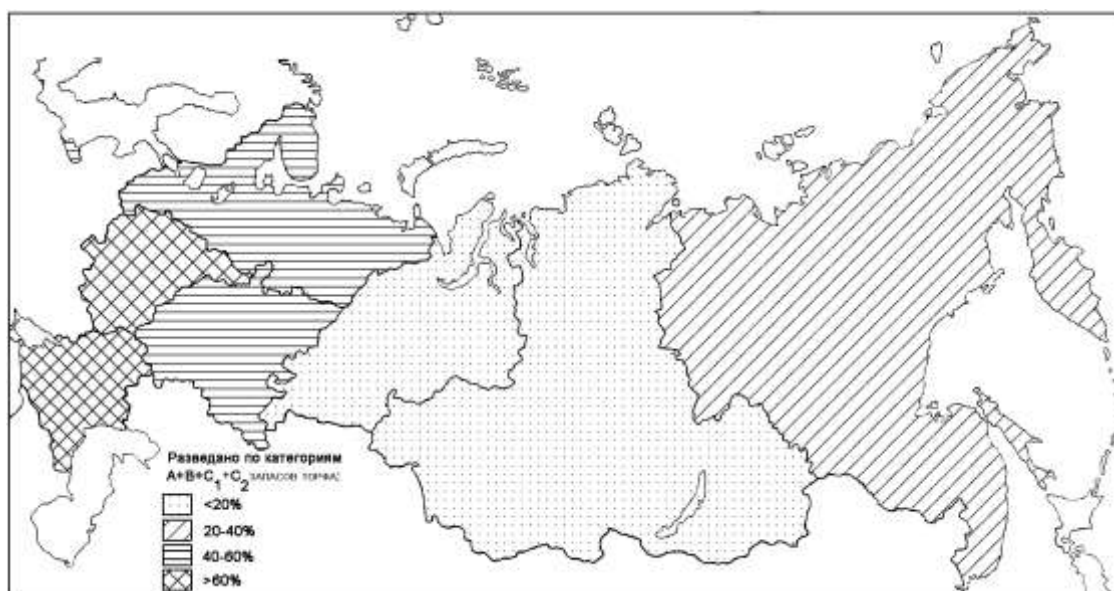


Рис. Изученность торфяных ресурсов России

*Район высшей степени изученности запасов торфа.* Разведанные запасы торфа составляют более 80% их общих запасов. К этому району относятся Московская, Владимирская, Рязанская, Ярославская, Смоленская и другие области центральной части Европейской территории России (ЕТР). Торфяные месторождения на этой территории в основном выявлены и изучены.

*Район изученных запасов торфа с наличием не выявленных торфяных месторождений.* Разведанные запасы торфа составляют от 30 до 60 % их общих запасов (Кировская, Костромская, Ивановская, Тульская, Брянская, Воронежская, Ленинградская, Калининградская и другие области).

*Район слабо изученных запасов торфа.* Доля разведанных запасов торфа составляет менее 10% их общих запасов. Основные запасы торфа – прогноз-ные. К этому району относятся вся Западно-Сибирская равнина, север ЕТР, Камчатка и Сахалин.

*Район практически не изученных запасов торфа.* В этом районе практически нет разведанных торфяных месторождений, а сведения об особенностях торфяных залежей и их свойствах ограничены. К этому району относятся Крайний Север Европейской части России, север Западной Сибири, большая часть Дальневосточного федерального округа.

Как следует из вышеизложенного, огромные ресурсы торфа в России (разведанные и прогнозные – 166,9 млрд. т), которые составляют 31,4% от мировых и обеспечивают первое место по запасам, в настоящее время практически не используются.

мировых и обеспечивают первое место по запасам, в настоящее время практически не используются.

Томская область располагается на Западно-Сибирской низменности, занимая ее центральную часть. Характеризуется высокой заболоченностью (50%) и заторфованностью (35,6%). По типам болотных биогеоценозов, строению и мощности стратиграфического профиля, торфяные ресурсы Томской области являются *представительными* для Сибирского и Уральского федеральных округов. По запасам торфа *Томская область занимает 2-е место* в РФ после Тюменской (запасы торфа 29345577 тыс.т в расчете на 40%-ю влажность, что составляет 18,1% от запасов РФ ). Изученность торфяных ресурсов Томской области невысокая, большая часть месторождений выявлена на стадии поисков, и их запасы относятся к прогнозным (79,5%). Детально исследованных участков (категория запасов А + В) всего 74 общей площадью до 9435 га с запасами 871294 тыс. т., или 3% торфяных ресурсов области.

**Цель занятия:** познакомиться с понятиями торфяных ресурсов и научиться составлять их баланс.

**Материалы и оборудование:** глава 5 Большого Практикума.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Рассчитать запасы общие торфяных ресурсов и провести их характеристику в Северо-Западном округе, Мурманской и Калининградской областях.

Федеральный округ, субъект РФ	Балансовые запасы, тыс. т.		Забалансовые запасы, тыс. т.	Прогнозные ресурсы, тыс.т.
	А+В+С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>		
Северо-Западный	6902742	1357876	1760128	1677754
Мурманская	8246	1959	3171	868720
Калининградская	74742	5759	71243	157297

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Инишева Л.И., Архипов В.С., Маслов С.Г., Михантьева Л.С. Торфяные ресурсы Томской области и их использование.- Новосибирск: СО РАСХН. 1995, 88 с.
2. Маслов Б.С., Минаева И.В. Мелиорация и охрана природы. – М: Россельхозиздат, 1985, 272 с.
3. Кузьмин Г.Ф. Торфяные ресурсы Северо-Запада России и их использование. – СПб: НИИТП, 1997, 148 с.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать понятие торфяным ресурсам
2. Классифицировать запасы торфа по их народнохозяйственному значению



3. Дать характеристику разведанным, предварительно оцененным прогнозным категориям запасов торфа

## 6. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРФОВ

### Практические занятия № 8-11

**Теоретическая часть:** Основу торфа составляют продукты распада растительных остатков и не разложившиеся растения-торфообразователи, которые находятся в контакте с водным раствором. Остатки растений-торфообразователей образуют структуры переплетения, а продукты распада, индивидуальные вещества органической и минеральной составляющих создают комплексы, которые заполняют ячейки структур переплетения. Соотношение этих частей сильно варьирует. В естественном состоянии торф обычно содержит от 85 до 95 % воды, а в сухой части до 50 % минеральных веществ. Вода и воздух располагаются в порах, но в различных типах торфа в единице объема находится разное количество минеральных частиц и пустот (рис. ). Таким образом, торф можно рассматривать как систему, состоящую из органической и минеральной частей и воды.

Рисунок . Электронномикроскопические снимки верхового (а) и низинного (б) торфов.

Для оценки внутреннего строения торфа широко используют параметры пористости. Так же о плотности упаковки торфа в торфяной залежи, о соотношении пустот и твердой фазы дают представления такие физические показатели, как плотность сложения и плотность твердой фазы.

**Цель:** познакомиться с физическими методами исследования торфов.

### Занятие 8. Определение влажности торфа

В торфе основная масса воды находится в свободном состоянии и содержится в капиллярной форме, т.е. размещается в крупных порах и сообщающихся ячейках – рыхлых структурах торфа.

Количество воды в торфе оценивается показателями влажности.

Отношение массы содержащейся воды в торфе ( $m_w$ ) к общей массе сырого образца ( $m$ ), выраженное в процентах, называется *относительной влажностью* ( $w$ ),

$$w = \frac{m_e}{m} \times 100, \% \quad (1)$$

Относительная влажность изменяется от 0 до 100 %.

Отношение массы воды в торфе к массе его сухого вещества ( $m_c$ ), выраженное в процентах, называется *абсолютной влажностью* ( $W$ ),

$$W = \frac{m_e}{m_c} \times 100, \% \quad (2)$$

Абсолютная влажность изменяется от 0 до бесконечности.

Отношение массы воды в торфе к массе сухого вещества, выраженное в долях единицы, называется *влажностью* ( $U$ ),

$$U = \frac{m_e}{m_c}, \text{ кг/кг} \quad (3)$$

### **Ход работы:**

Взвешивается пустой бюкс на весах с точностью до 0,01 г.

1. В бюкс с помощью пинцета, помещается торф и закрытый бюкс с торфом взвешивается.
2. Бюкс с торфом в открытом виде помещают в сушильный шкаф, предварительно прогретый до температуры 110<sup>0</sup>С. Сушку ведут при температуре 105 - 110<sup>0</sup>С в течение 4-6 часов.
3. По окончании сушки бюкс вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышкой, оставляют на воздухе для охлаждения до комнатной температуры и взвешивают.
4. Затем бюксы снова подсушивают в течение 1 часа, охлаждают и снова определяют массу с точностью до 0,01 г, или до тех пор, пока масса не увеличится.

### **Пример оформления работы**

Температура сушки в сушильном шкафу, <sup>0</sup>С:

Время сушки, мин:

Таблица 1. Результаты определения влажности торфа

№ бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с торфом до сушки, г	Навеска почвы (m), г	Масса бюкса с торфом после первой сушки, г	Масса воды (m <sub>в</sub> ), г	w, %	W, %	U, г/г

### **Занятие 9. Определение плотности сложения торфа**

Определение плотности сложения торфа дает возможность представить сложение торфяной залежи, определить запасы влаги по категориям запасов (полная и наименьшая влагоемкости и др.), подсчитать запас питательных веществ в определенном объеме и по слоям залежи. Кроме того, зная плот-

ность сложения и плотность твердой фазы торфа, можно подсчитать суммарный объем пустот в единице объема, называемый порозностью.

**Ход работы:** В полевых условиях определенный объем торфа с ненарушенным строением вырезают металлическим цилиндром-буром. Бур с зубчатым краем, врезается поворотным движением в торфяную залежь (рис.). Содержимое бура аккуратно переносится в бюкс, закрывается и оборачивается изолентой в месте соединения крышки с бюксом.

Рисунок. Отбор образцов торфа для определения объемного веса.

Доставив образцы с поля в лабораторию, взвешивают образец вместе с бюксом и отдельно бюкс. Затем, влажный торф переносят на кальку, перемешивают и берут две пробы на определение влажности (см. занятие 8). Плотность сложения ( $\text{г/см}^3$ ) вычисляют по формуле:

$$D = \frac{E \times 100}{V(100 + W)}$$

где: E – чистый вес сырой почвы; V – объем цилиндра ( $\text{см}^3$ ); W – влажность (%)

### **Занятие 10. Определение плотности твердой фазы торфа.**

**Ход работы:** Определение плотности твердой фазы производят при помощи пикнометра на 50 или 100 мл, с меньшей точностью можно выполнить определение в мерной колбочке.

Чисто вымытый пикнометр наполняют остуженной прокипяченной дистиллированной водой и погружают его на 15-20 мин. в сосуд, наполненный водой, для выравнивания температуры. Вынув пикнометр из воды, его обсушивают фильтровальной бумагой, взвешивают с точностью до 0,01 г, записывают температуру, при которой сделано определение и вес пикнометра с водой.

Воздушно-сухой, измельченный до 0,25-0,1 мм, торф рассыпают тонким слоем на бумаге; из разных мест слоя берут среднюю пробу. Плотность твердой фазы торфа вычисляют на абсолютно сухую почву.

Отливают около половины воды из пикнометра и через сухую воронку всыпают из стаканчика торф (около 10 г), предварительно взвешенную с точ-

ностью до 0,01 г. Приставшие к стенкам стаканчика и воронки частицы торфа смывают водой в пикнометр. Далее для удаления воздуха пикнометры выдерживают в течение 1 часа в вакуум-эксикаторе. Лучшие результаты получены при разрежении 0,85 атм. Извлеченные из вакуума пикнометры доливают до метки и, обтерев досуха фильтровальной бумагой, взвешивают.

Плотность твердой фазы вычисляют по формуле:

$$d = \frac{Bd_0}{(A+B) - C}$$

где В – вес абсолютно сухого торфа, г; А – вес пикнометра с водой; С – вес пикнометра с водой и торфом;  $d_0$  – удельный вес неполярной жидкости.

Определение плотности твердой фазы торфа ведется в трехкратной повторности, расхождение параллельных определений не должно превышать 0,02.

### **Занятие 11. Определение порозности торфа**

Общая порозность показывает суммарный объем пустот, различных по величине и форме. Порозность зависит от механического, агрегатного состава и структуры торфа, формы частиц и т.д.

Величина общей порозности определяет в основном водный и воздушный режим, полную влагоемкость и воздухоемкость. От величины порозности зависит передвижение воды в торфе: водопроницаемость, глубина промачивания, подъем грунтовых вод, испарение.

Если известны плотность сложения ( $D$ ) и плотность твердой фазы ( $d$ ) торфа, то можно вычислить общую порозность в объемных процентах:

$$P_{общ} = 100\left(1 - \frac{D}{d}\right)$$

#### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие виды влажности существуют
2. Какие показатели необходимо знать для вычисления общей порозности
3. С какой точностью взвешивают торф для определения плотности твердой фазы
4. Сколько воды в обычном состоянии содержит торф

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, Наука и техника, 1975. 320 с.

## **7. АГРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРФОВ**

Агрохимический анализ торфа необходим в научно-исследовательской работе для решения теоретических и практических вопросов народнохозяйственного значения, для выявления генезиса и свойств торфяных почв, а также для установления агротехнических мероприятий по повышению плодородия почв. Торфа различны по составу и свойствам, и соответственно, методы их химического анализа весьма разнообразны. Применение многочисленных методов химического исследования торфов обусловлено не только особенностями торфяных почв, но и целями их исследования. В данном разделе описаны основные методы агрохимического анализа торфов, необходимые для изучения генезиса торфяных почв и обеспеченности их питательными веществами.

### **7.1. Отбор проб торфа и их подготовка для анализа**

#### **Теоретическая часть**

Одной из важнейших предпосылок получения достоверных результатов, реально отражающих химический состав торфяной почвы, является правильный отбор и подготовка проб к анализу. Неправильное или несвоевременное взятие образцов приводит к искажению результатов анализа и неверному заключению о качестве исследуемого материала. При неправильном отборе проб дальнейший даже самый тщательный химический или инструментальный анализ не может исправить положение, и полученные результаты будут недостоверны.

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 (шуп, бур) или вручную, начиная от поверхности торфяной залежи до минерального дна в зависимости от цели исследования. Масса пробы должна быть не менее 600 г. Масса проб минерального наноса и минеральных прослоек должна быть не менее 200 г и 100 г грунта минерального дна торфяного месторождения.

Прослойки в торфяной залежи отмечают в журнале отбора проб. Отдельно отбирают пробы грунта минерального дна торфяного месторождения на каждом пункте отбора.

В скважине с каждой глубины отбирают только один раз. Количество скважин зависит от массы пробы, рельефа местности и пнистости торфяной залежи. Каждую пробу при отборе упаковывают последовательно в два полиэтиленовых пакета (один в другой), между которыми вкладывают этикетку. На этикетку

помещают информацию: название болота, административный район, пункт отбора, глубина отбора, номер образца, дата отбора.



Рис. 1. Торфяной пробоотборочный бур ТБГ-1

**Цель занятия:** получить теоретические навыки отбора образцов в полевых условиях и практическая работа с ними в лаборатории.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

### Отбор средней пробы торфа для агрохимического анализа

#### Материалы оборудование:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Шкаф сушильный.
3. Противень, шпатель или ложка.

**Ход работы:** Пробы торфа выкладывают на противень, тщательно перемешивают без перетирания, разравнивают ровным слоем и делят крестовиной на девять примерно равных частей (рис. 2). Затем шпателем или ложкой отбирают равномерно из всех ее частей требуемое количество торфа. Оставшуюся часть пробы помещают в полиэтиленовый пакет, плотно завязывают и хранят до следующих анализов.



Рис. 2. Подготовка торфа к отбору средней пробы

Среднюю пробу (250–1000 г) торфа высушивают на воздухе в хорошо проветриваемом помещении. Высушенный торф измельчают в механическом измельчителе или растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями диаметром в 1 мм.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные требования предъявляются к отбору образцов?
2. В чем заключается методика отбора проб из торфяной залежи?
3. Сколько раз можно отобрать образец из одной скважины?
4. Что должно быть написано на этикетке при отборе образцов торфа?

## 7.2. Определение степени разложения торфа

### Теоретическая часть

Под степенью разложения ( $R$ , %) понимается процентное содержание в торфе бесструктурной массы, заключающей в себе наряду с гуминовыми веществами также и мелкие частицы неразложившихся растительных остатков. Известно, что при одинаковом ботаническом составе торфа многие его свойства в значительной мере зависят от степени разложения. В природных условиях степень разложения изменяется в пределах 1–70 %. Максимальная степень разложения встречается у древесных и древесно-травяных видов торфа, минимальная – у моховых.

Среднее значение  $R$ , % в пределах типа снижается от лесного подтипа к топяному. Среди торфяных залежей верхового типа высокое значение степени разложения ( $R=42$  %) отмечается у сосново-пушицевой залежи, при колебании  $R$ , % от 20 до 60 %. В нижних слоях магелланикум-залежи  $R$ , % может достигать величины 50–55 %, однако преобладают слои торфа значительно менее разложившиеся, и степень разложения составляет 26 %. Наименьшая величина степени разложения относится к комплексному виду строения залежи ( $R=22$  %), при изменении от 13 до 33 %. Из торфяных залежей низинного типа у осоковых (топяной подтип) и глубоких многослойных лесо-топяных величина  $R$ , % не превышает 30 %. Эти залежи являются в естественных условиях наиболее обводненными из залежей низинного типа и характеризуются более высокой кислотностью.

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

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

Таблица

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
<b>Признаки низинного торфа</b>		
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 желтоватый. Вода светлая или слегка мутная, отжимается легко. При растирании пальцы не пачкает. 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 рассматривании. 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 Аплями. 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.
<b>Признаки верхового торфа</b>		
5	Остатки мхов почти не изменены, листочки не оторваны от веточек, некоторые сфагнумы сохранили первоначальную окраску (желтоватую, розовую, бурую).	Светло-желтый, прозрачная светло-желтая вода отжимается непрерывной струей. Не дает ощущения жирного вязкого вещества и пальцы не пачкает, поверхность на изломе шероховатая. Отжатый торф пружинит, легко возвращается к первоначальной форме.

		чальному 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 бурую окраску, но слой одевающей их гумифицированной массы очень тонок 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.
40	Остатки растений трудно различимы, на изломе видны волокна пушицы, и нередко встречаются кусочки древесины и коры. Разложившаяся масса одевает 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 заметны. Разложившаяся масса одевает 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 руку, 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 руку, продавливается между пальцами.
70–80	Вязкая, мажущаяся масса, растительные остатки незаметны.	То же. Вода совсем не отжимается.

*Микроскопический метод* определения степени разложения заключается в рассмотрении тонкого слоя торфа под микроскопом и состоит в определении площади, занятой гумусом (бесструктурные растительные остатки) к общей площади поля зрения, занятой частицами торфа, выраженной в процентах. Данный метод прямой, быстрый и простой, но имеет, к сожалению, ряд недостатков: пригоден только для сырых образцов торфа, при некоторых минеральных примесях дает завышенные значения степени разложения и главное – субъективный, что приводит к большим ошибкам. Сам метод допускает ошибку  $\pm 5\%$ , с учетом погрешности аналитика средняя ошибка метода составляет  $\pm 12\%$ , но является более точным, чем предыдущий.

*Метод центрифугирования* является наиболее точным и принят как основной метод определения степени разложения (ГОСТ 10650–2). 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.

**Цель занятия:** получить теоретические и практические навыки определения степени разложения торфов, научиться самостоятельно работать с таблицей признаков определения степени разложения.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

#### Определение степени разложения торфа макроскопическим методом

**Ход работы.** 1. Определить тип торфа – верховой или низинный. В верховом торфе можно различить на глаз стебли и листочки сфагновых мхов, бурые прямые волокна пушицы, темно-коричневые корешки пушицы, блестящие желтые корневища и пленки шейхцерии, черные корешки вересковых кустарничков, темные кусочки древесины и коры сосны. Для низинного торфа характерно присутствие следующих растительных остатков: нитевидных, светлых корешков осок, блестящих черных корневищ и корешков хвоща, коричневых стеблей и бронзово-коричневых листочков гипновых мхов, светло-зеленых корешков и корневищ тростника, темно-красных семян вахты, белых или грязно-белых остатков коры березы, черных кусочков древесины.

2. Определить цвет торфа. При низкой степени разложения верховой торф имеет вид губчатой массы светло-желтого цвета. Среднеразложившийся верховой торф – коричневого цвета, на ощупь напоминает жирное вязкое вещество. В окраске низинных торфов преобладают серые оттенки, при слабой степени разложения – светло-серые, при высокой – землисто-черные. На воздухе низинные торфа окисляются и темнеют.

3. Отжать воду из торфа легким нажатием пальцев, одновременно определяя цвет, а также легкость или затрудненность ее отжатия.

4. Рассмотреть сохранившиеся в торфе растительные остатки и растереть торф между пальцами, чтобы выяснить окрашивает ли он пальцы.

Полученные результаты сравнивают с табл. 1, делают вывод о степени разложения торфа.

*Пример.* Образец торфа имеет коричневатую окраску, на воздухе не темнеет. Растительные остатки иногда мелкие, хорошо заметны, встречаются обрывки стебельков сфагновых мхов, длиной до 1 см. При отжиме слегка мутная вода вытекает каплями. Дает слабое ощущение жирного, вязкого вещества. При повторном нажатии упругость слабо заметная. При растирании между пальцами торф заметно пачкает. Вывод: при характеристике торфа по цвету и растительным остаткам, его можно отнести к верховому типу. Согласно табл. 1, по отмеченным признакам, образец торфа имеет степень разложения 30 %.

## КОНТОРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под степенью разложения торфа?
2. Как изменяется степень разложения в зависимости от типа и вида торфа?
3. Какие существуют методы определения степени разложения торфа?
4. В чем заключается сущность макроскопического метода определения степени разложения торфа?
5. С чего начинается макроскопический метод определения степени разложения торфа?
6. В чем заключается сущность микроскопического метода определения степени разложения торфа?
7. В чем заключается сущность определения степени разложения торфа методом центрифугирования?
8. Какой из методов определения степени разложения торфа является наиболее точным?
9. Определите вид торфа и его степень разложения, учитывая следующие макроскопические признаки: образец торфа имеет темно-серо-коричневый цвет, на воздухе темнеет. Вода мутная темно-серая, отжимается с трудом каплями. При растирании заметно пачкает пальцы. Отжатый торф не пружинит. В разложившейся части торфа заметны растительные остатки: тонкие корешки осок, кусочки древесины и коры?

## 7.3. Определение зольности торфа

### Теоретическая часть

В торфе различают конституционную золу, или первичную, и наносную, или вторичную. В первом случае источником поступления зольных элементов в торфе являются растения, во втором – пыль, грунтовые и поверхностные воды. Содержание золы оценивается отношением ее массы к массе торфа, и этот показатель называется зольностью ( $A^c$ , %).

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 %.

Зольность – один из основных показателей, определяющий пригодность торфа для различных направлений использования. Торфа по зольности принято классифицировать следующим образом: малозольные ( $A^c < 5$  %), средnezольные ( $A^c = 5-10$  %) и высокозольные ( $A^c > 10$  %). В целом же торфом принято считать

природное образование с  $A^c < 50\%$ . Зольность в размере 50 % условно принято считать границей между понятиями торф и заторфованный грунт.

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

**Цель занятия:** получить теоретические и практические навыки исследования зольности торфов, освоить метод определения зольности торфа.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

### Определение зольности торфа

#### Материалы и оборудование:

1. Печь муфельная с электрическим обогревом, с устойчивой температурой нагрева  $(800 \pm 25)^\circ\text{C}$  с терморегулятором.
2. Тигли фарфоровые.
3. Эксикатор с влагопоглощающим веществом (гранулированным хлористым кальцием).
4. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
5. Шпатель, щипцы тигельные, ложку для отбора навесок.

**Ход работы.** Пробу сухого торфа массой 6–8 г (1/2 тигля) помещают в предварительно взвешенные тигли, ставят в холодную муфельную печь, закрывают дверцу и постепенно в течение 1 часа нагревают печь до температуры  $(800 \pm 25)^\circ\text{C}$  (рис. 3.1). При этой температуре образовавшийся зольный остаток прокаливают в течение 2 часов. После этого тигли с зольным остатком вынимают, охлаждают сначала на воздухе в течение 5 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры (рис. 3.2) и взвешивают (рис. 3.3).

После охлаждения и взвешивания определяют изменение массы.

Результаты определения зольности торфа заносят в журнал (прил. 1).

*Пример.* Масса навески верхового сосново-пушицевого вида торфа до прокаливания составляла 6,7487 г, после прокаливания масса навески составила 0,2160 г.

Зольность торфа ( $A^c$ ) вычисляют в процентах по формуле:

$$A^c = \frac{m_1 \times 100}{m}, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса зольного остатка,  $m$  – масса навески исследуемого торфа, г.

Таким образом, зольность исследуемого образца торфа будет составлять:

$$A^c = \frac{0,2160 \times 100}{6,7487} = 3,20\%$$

**Вывод:** Зольность ( $A^c$ ) верхового сосново-пушицевого торфа составляет 3,2 % , что менее 5 % и характерно для торфов верхового типа олиготрофных болот с бедным минеральным питанием, это позволяет отнести его к малозольным торфам.



Рис. 3. Оборудование для определения зольности торфа:  
1 – муфельная печь; 2 – эксикатор; 3 – аналитические весы.

Приложение 1

**Форма записи результатов определения зольности торфа**

Объект	Повторность	Масса пустого тигля, $m_{п.т.}$ , г	Масса полного тигля, $m_{пн.т.}$ , г	Масса навески $m$ , г	Масса тигля после озоления, $m_{о.т.}$ , г	Масса зольного остатка, $m_1$ , г	Зольность, %	
							$A^c$	средн

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Каков генезис золы торфа?
2. Что понимают под зольностью торфа?
3. Как торфа классифицируются по зольности?
4. В чем заключается сущность метода определения зольности торфа?
5. Сколько часов продолжается прокалывание торфа при определении его зольности?

**7.4. Определение обменной и гидролитической кислотности торфа**

**Теоретическая часть**

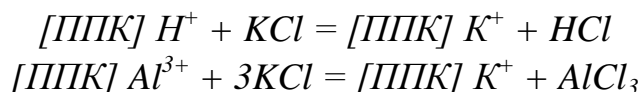
Кислотность относится к одной из основных агрохимических характеристик торфа. Кислотность торфа обусловлена наличием свободных кислот (уксусной, муравьиной, щавелевой, молочной и др.). Чем больше в торфе свободных кислот, тем выше его кислотность. В верховых торфах свободных кислот больше, чем в низинных. Поэтому кислотность последних меньше. По кислотности можно судить о степени насыщенности поглощающего комплекса кальцием, который является регулятором кислотности. По мере увеличения насыщенности торфа кальцием уменьшается его кислотность (возрастает  $pH$ ). Значения  $pH$  солевой вытяжки торфов изменяется в пределах 2,6–7,4. Показатель кислотности в верховом типе изменяется в пределах 2,6–5,8 и в среднем увеличивается от моховой группы ( $pH=3,1-3,2$ ) к травяной и древесной ( $pH=3,7$ ). В торфе пе-

реходного типа  $pH$  колеблется в пределах 2,8–5,9, имея в среднем минимальное значение 3,9 у шейхцериевого, а наибольшее – 4,7 у гипнового торфа. В низинном типе торфа показатель кислотности, изменяется в среднем от хвощевого (4,4) к древесному торфу (5,8).

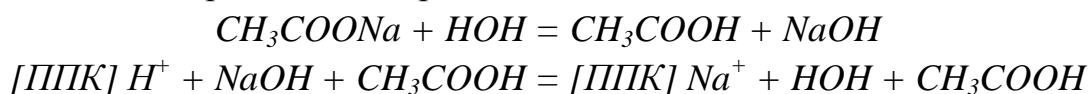
Различают активную (актуальную) и потенциальную (скрытую) формы кислотности. Последнюю форму еще разделяют на обменную и гидролитическую кислотности.

*Активная кислотность* связана с наличием ионов водорода в торфяной среде и определяется в водных вытяжках. Их источником являются органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков, и угольная кислота, появляющаяся в торфе при растворении диоксида углерода в воде. Эта форма кислотности оказывает непосредственное влияние на растения, воздействуя на ткани корней и на обмен веществ между растением и почвой.

*Потенциальная кислотность* обуславливается наличием в почвенном поглощающем комплексе (ППК) свободных к обмену ионов водорода и алюминия. При определенных условиях эти ионы могут быть переведены в раствор. Более подвижная часть ионов водорода или алюминия переходит в раствор при обработке торфа избытком нейтральной соли с  $pH=6,0-6,5$ . Эти ионы обуславливают обменную кислотность, которая чаще определяется в солевой хлоркалийевой вытяжке, так называемая *обменная кислотность*. При обработке торфа 1 н раствором  $KCl$  ионы калия замещают ионы водорода или алюминия и занимают их место в поглощающем комплексе. Перешедшие в раствор ионы водорода или алюминия соединяются с оставшимися в нем ионами хлора, образуя соляную кислоту или алюминия хлорид, последние определяют с помощью  $pH$ -метра (потенциометрическим методом).



Остальная, менее подвижная часть ионов водорода может быть переведена в раствор лишь дальнейшей обработкой торфа солями, дающими благодаря гидролизу в водном растворе щелочную реакцию ( $pH=8,2-8,4$ ), за счет гидролитического расщепления на слабую кислоту и сильное основание, при этом происходит более полное вытеснение поглощенного водорода. Для этого обычно применяют ацетат натрия  $CH_3COONa$ , ацетат кальция  $CH_3COOCa$  и др. Перешедшие в раствор при такой обработке торфа ионы водорода обуславливают *гидролитическую кислотность*. Сначала при взаимодействии ацетата натрия с водой образуется щелочь, после чего натрий щелочи вступает в поглощающий комплекс и вытесняет поглощенный водород. Количество образовавшейся уксусной кислоты определяют титрованием щелочью.



Гидролитическая кислотность менее вредна для растений, так как иона водорода гидролитической кислотности отличаются малой подвижностью и поэтому не вызывают сильного подкисления почвенного раствора. Величина гидролитической кислотности дает представление об общем содержании в торфе по-

глощенных ионов водорода и служит показателем насыщенности торфа основаниями. Ее используют при вычислении емкости поглощения торфа, для установления доз извести при известковании и других. Гидролитическая кислотность торфа в среднем колеблется от 15 до 135 мг·экв/100 г с.в.

**Цель:** изучить формы кислотности в торфе, освоить методы определения обменной и гидролитической кислотности торфа.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

### Определение обменной кислотности

#### Материалы и оборудование:

1. *pH*-метр с погрешностью измерения не более 0,1 *pH*.
2. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
3. Палочки стеклянные с оплавленным концом; шпатель или ложка.
4. Колба мерная вместимостью 1000 мл; цилиндры на 50 мл; стаканы стеклянные вместимостью 100 и 250 мл.
5. Калий хлористый, раствор концентрации  $c(KCl)=1$  моль/л (1 н).  
В мерной колбе на 1000 мл растворяют 74,56 г *KCl* в 500–600 мл воды и встряхивают до полного растворения реактива, после чего объем раствора доводят до метки водой и тщательно перемешивают. Раствор должен иметь *pH*=5,5–6,0. Если *pH* раствора ниже 5,5, то добавляют по каплям 10 % раствор *KOH*. Если *pH* раствора выше 6,0, то добавляют по каплям 10 % раствор *HCl*. Раствор хранят в бутылки с притертой пробкой не более 6 месяцев.
6. Образцовые буферные растворы для настройки *pH*-метра.

**Ход работы.** Навеску массой 5 г торфа помещают в стакан на 100 мл, заливают 50 мл 1 н *KCl* с *pH*=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 *pH* при помощи *pH*-метра (рис.4). За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов трех определений. Окончательный результат испытания пробы округляют до десятых долей *pH*.

Результаты показания прибора заносят в журнал (прил. 2).





Рис. 4. pH-метр

Приложение 2

**Форма записи показаний прибора и результатов определения обменной кислотности**

Объект	Повторность	<i>pH</i> солевой вытяжки	Среднее значение <i>pH</i>

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16**

**Определение гидролитической кислотности**

**Материалы и оборудование:**

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Колбы вместимостью 500 мл; конические колбы на 250 мл; цилиндр на 500 мл; пипетка на 100 мл.
3. Воронки стеклянные, фильтры синей ленты.
4. Натрий уксуснокислый, раствор концентрации  $c(\text{CH}_3\text{COONa} \times 3\text{H}_2\text{O}) = 1$  моль/л (1 н). Навеску массой 136 г уксуснокислого натрия растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу на 1000 мл и доводят объем до метки водой. 20–25 мл полученного раствора при добавлении 2–3 капель фенолфталеина должны давать слабо-розовое окрашивание ( $pH = 8,3–8,4$ ). При ярко-малиновом окрашивании ( $pH$  более 8,3–8,4) раствор уксуснокислого натрия доводят до заданного значения  $pH$  с подкислением 0,1 н раствором серной кислоты; при отсутствии окрашивания ( $pH$  менее 8,3–8,4) – добавлением 0,1 н раствором гидроксида натрия. Раствор хранят не более 3 дней.
5. Кислота серная, раствор концентрации  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/л (0,1 н).
6. Натрий гидроксид, раствор концентрации  $c(\text{NaOH}) = 0,1$  моль/л (0,1 н). Навеску массой 4,0 г NaOH растворяют дистиллированной водой в мерной колбе объемом 1000 мл. Точную концентрацию раствора гидроксида натрия устанавливают по растворам серной или соляной кислот, приготовленным из стандарт-титров.

По результатам титрования коэффициент молярности (нормальность) раствора  $\text{NaOH}$  ( $K$ ) вычисляют по формуле:

$$K = \frac{K_1 \times V_1}{V_2}, \quad (2)$$

где  $V_2$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, использованный на титрование, мл;  $V_1$  – объем 0,1 н серной кислоты, мл;  $K_1$  – нормальность 0,1 н серной кислоты.

7. Фенолфталеин (индикатор), спиртовой раствор с массовой долей  $c$  ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ ) 1 %. Навеску массой 1,0 г фенолфталеина растворяют в 80 мл этилового спирта, переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят дистиллированной водой до метки.

**Ход работы.** Навеску, соответствующую 1 г абсолютно сухого торфа, помещают в колбу вместимостью 500 мл, приливают 300 мл 0,1 н раствора уксуснокислого натрия, перемешивают до полного смачивания, накрывают и настаивают 18–20 часов. На следующий день суспензию вновь перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр синей ленты (рис. 5).



Рис. 5. Фильтрация вытяжки из торфа

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 (рис. 6). В случае, если исходный фильтрат имеет интенсивную коричневую окраску, 100 мл его разбавляют дистиллированной водой до получения слегка окрашенного раствора и проводят титрование в присутствии колбы-«свидетеля» (перетитрованная проба).



Рис. 6. Титрование вытяжки из торфа

Результаты определения гидролитической кислотности заносят в журнал (прил. 3).

Приложение 3

**Форма записи результатов определения гидролитической кислотности**

Объект	Повторность	Масса навески, $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_1$ ), мл	Объем 0,1 н $NaOH$ , ( $V$ ), мл	Гидролитическая кислотность торфа	
							мг*экв/100 г с.в. ( $X$ )	среднее

*Пример.* Для определения гидролитической кислотности взят образец низинного древесного торфа с влажностью 63,7 %, коэффициент влажности соответственно равен 2,75. Навеска, соответствующая 1 г абсолютно сухого торфа будет равна  $1,0 \times 2,75 = 2,75$  г сырого торфа. В результате титрования 100 мл фильтрата было израсходовано 1,35 мл 0,1 н раствора  $NaOH$ .

Гидролитическую кислотность торфа в мг\*экв/100 г торфа ( $X$ ) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \times K \times 300 \times 100}{V_1 \times m}, \quad (3)$$

где  $V$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, мл;  $K$  – нормальность 0,1 н раствора  $NaOH$ ; 300 – объем 1 н раствора уксуснокислого натрия, приливаемой к навеске торфа, мл;  $V_1$  – объем фильтрата, взятый на титрование, мл;  $m$  – масса навески торфа, г; 100 – пересчет на 100 г.

Гидролитическую кислотность торфа в мг\*экв/100 г сухого вещества ( $X_1$ ) вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (4)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, гидролитическую кислотность испытуемого торфа в  $мг \cdot экв/100 г$  сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{1,35 \times 0,1 \times 300 \times 100}{100 \times 2,75} = 14,73;$$

$$X_1 = \frac{14,73 \times 100}{100 - 63,7} = 40,58.$$

Вывод: полученное значение гидролитической кислотности равно 40,6  $мг \cdot экв/100 г$  сухого торфа характерно для низинных торфов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под кислотностью торфа?
2. Что отражает кислотность торфа в его свойствах?
3. Как изменяется кислотность торфа в зависимости от его типа и вида, от содержания в торфе ионов металлов?
4. Какие виды кислотности различают в торфе?
5. В какой вытяжке из торфа определяют активную кислотность? Её генезис и роль как агрохимического показателя?
6. Что понимают под потенциальной кислотностью торфа? В чем отличия между обменной и гидролитической кислотностью торфа?
7. Каким методом определяют обменную кислотность торфа?
8. В чем заключается сущность метода определения гидролитической кислотности торфа?

## 7.5. Определение суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями и емкости поглощения торфа

### Теоретическая часть

Поглотительную способность торфа характеризуют суммой поглощенных оснований и емкостью поглощения. *Суммой поглощенных оснований  $S$*  называют общее количество поглощенных оснований. Количеством всех, способных к обмену поглощенных катионов характеризуется *емкость поглощения торфа  $E$* . *Степенью насыщенности торфа основаниями  $V$*  называют выраженное в процентах отношение суммы поглощенных оснований и ёмкости поглощения:

$$V = \frac{S \times 100}{E}, \quad (5)$$

где  $S$  – сумма обменных оснований,  $мг \cdot экв/100 г$  сухого вещества;  $E$  – емкость поглощения,  $мг \cdot экв/100 г с.в.$

Таким образом, степень насыщенности торфа основаниями показывает, какую часть всей емкости поглощения занимают обменные основания. В торфе часть мест в поглощенном комплексе не занята основаниями, а замещена ионами водорода. Торфа тем более кислые (не насыщены основаниями), чем большая доля от общей емкости поглощения занята водородом. Учет количества поглощенных оснований, с одной стороны, и поглощенного водорода по гидролити-

ческой кислотности, с другой, дает возможность также судить и о степени насыщенности торфа основаниями:

$$V = \frac{S \times 100}{S + H_r}, \quad (6)$$

где  $S$  – сумма поглощенных (обменных) оснований,  $мг^*экв/100$  г с.в.;  $H_r$  – гидролитическая кислотность,  $мг^*экв/100$  г с.в.

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 с.в., изменяясь соответственно в пределах: (6,3–136), (11,8–151,2) и (19,1–736,4)  $мг^*экв/100$  г с.в.

Степень насыщенности торфа основаниями изменяется в широких пределах от 3,2 до 100 %. В среднем у низинного торфа  $V=72,7$  %; переходного – 42,5 % и верхового – 17,2 %, варьируя соответственно в широком диапазоне: (15,5–100 %); (7,1–74,6 %) и (3,2–54,4 %).

Сумма поглощенных оснований в торфе определяется по методу Каппена-Гильковица. Анализ основан на обработке торфа определенным количеством соляной кислоты известной концентрации. При этом часть кислоты идет на восстановление и нейтрализацию поглощенных оснований. Остаток кислоты учитывают титрованием гидроксидом такой же концентрации. Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству соляной кислоты, израсходованной на вытеснение катионов. Ее находят по разности между взятым и оставшимся количеством соляной кислоты.



Емкость поглощения торфа определяется методом Е.В. Бобко и Д.Л. Аскинази в модификации П.Г. Грабарова и З.Л. Уваровой. Метод основан на вытеснении обменных катионов раствором хлористого бария. Но так как из катионов в поглощенном состоянии в торфе могут быть только основания ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  и др.) и водород (или  $Al^{3+}$  и  $Mn^{2+}$ , которые после вытеснения образуют соли, подвергающиеся гидролизу с образованием иона  $H^+$ ), то емкость поглощения торфа вычисляют расчетным методом Каппена:

$$E = S + H_r, \quad (7)$$

где  $S$  – сумма поглощенных оснований,  $мг^*экв/100$  г с.в.;  $H_r$  – гидролитическая кислотность,  $мг^*экв/100$  г с.в.

Емкость поглощения колеблется в широких пределах (20–800  $мг^*экв/100$  г с.в.), увеличиваясь при переходе от верхового к низинному типу. В верховом торфе  $E$  изменяется от 20 до 250, а в низинном от 100 до 800  $мг^*экв/100$  г с.в.

**Цель занятия:** получить теоретические и практические навыки исследования поглотительной способности торфа, освоить методы определения суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями и емкости поглощения торфа.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

## Определение суммы поглощенных оснований в торфе по методу Каппена-Гильковица, емкости поглощения торфа методом Каппена и степени насыщенности торфа основаниями

**Материалы и оборудование** 1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.

2. Колбы вместимостью 500 мл; мерные колбы вместимостью 1000 мл; цилиндр на 1000 мл; бюретка; пипетка на 25–50 мл; стакан на 100–125 мл.

3. Аппарат для механического встряхивания (встряхиватель).

4. Воронки стеклянные, фильтры синей ленты.

5. Плитка электрическая.

6. Кислота соляная, раствор концентрации  $c(HCl)=0,1$  моль/л (0,1 н). 8,2 мл HCl концентрированной растворить в 1 л дистиллированной воды.

7. Натрий гидроксид, раствор концентрации  $c(NaOH)=0,1$  моль/л (0,1 н). Навеску массой 4,0 г NaOH растворяют дистиллированной водой в мерной колбе объемом 1000 мл. Точную концентрацию раствора гидроксида натрия устанавливают по растворам серной или соляной кислот, приготовленным из стандартитров.

По результатам титрования коэффициент молярности (нормальность) раствора NaOH ( $K$ ) вычисляют по формуле:

$$K = \frac{K_1 \times V_1}{V_2}, \quad (8)$$

где  $V_2$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, использованный на титрование, мл;  $V_1$  – объем 0,1 н серной кислоты, мл;  $K_1$  – нормальность 0,1 н серной кислоты.

7. Фенолфталеин (индикатор), спиртовой раствор с массовой долей  $c(C_{20}H_{14}O_4)$  1 %. Навеску массой 1,0 г фенолфталеина растворяют в 80 мл этилового спирта, переносят в мерную колбу на 100 мл и доводят дистиллированной водой до метки.

**Ход работы.** Из средней пробы торфа берут навеску 2 г. Навеску торфа помещают в колбу вместимостью 500 мл и туда же из бюретки приливают 200 мл 0,1 н раствора соляной кислоты, соблюдая соотношение навески к раствору 1 : 100. Затем колбу закрывают пробкой, взбалтывают содержимое в течение 10 минут и оставляют на 24 часа для взаимодействия торфа с кислотой. После содержимое колбы хорошо взбалтывают и фильтруют через сухой складчатый фильтр синей ленты. Первые мутные порции фильтрата отбрасывают или перефильтровывают. Из фильтрата отбирают пипеткой 25-50 мл и кипятят 1-2 мин. Затем добавляют 2 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором гидроксида натрия до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. При выпадении в осадок полуторных окислов осадку дают осесть, а окраску жидкости просматривают над осадком. Параллельно проводят контрольное титрование, где вместо фильтрата используют 0,1 н раствор соляной кислоты, взятый для приготовления вытяжки.

Результаты определения суммы поглощенных оснований заносят в журнал (прил. 4).

Приложение 4

**Форма записи результатов определения суммы поглощенных оснований**

Объект	Повторность	Масса навески, $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_1$ ), мл	Объем 0,1 н $NaOH$ , ( $V$ ), мл	Сумма поглощенных оснований торфа	
							мг*экв/100 г с.в. ( $X$ )	среднее

*Пример.* Для определения суммы поглощенных оснований взят образец низинного травяного торфа. Масса навески сухого торфа составляет 2,02 г. Показатель гидролитической кислотности составляет 38,5 мг\*экв/100 г с.в. В результате титрования 25 мл фильтрата было израсходовано 17,20 мл 0,1 н раствора  $NaOH$ . На титрование контрольной пробы – 26,3 мл.

Сумму поглощенных оснований торфа в мг\*экв/100 г с.в. торфа ( $X$ ) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V_0 - V_1) \times K \times V \times 100}{m \times V_2}, \quad (9)$$

где  $V_0$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование контрольной пробы, мл;  $V_1$  – объем 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, мл;  $K$  – нормальность раствора  $NaOH$ ;  $V$  – общее количество фильтрата, мл;  $V_2$  – количество фильтрата, взятого на титрование, мл;  $m$  – масса навески торфа, г; 100 – пересчет на 100 г.

Таким образом, сумма поглощенных оснований испытуемого торфа в мг\*экв/100 г сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{(26,3 - 17,2) \times 0,1 \times 200 \times 100}{2,02 \times 25} = 360,40, \text{ мг*экв/100 г с.в.}$$

В результате чего можно вычислить емкость поглощения торфа:

$$E = S + H_r = 360,40 + 38,5 = 398,90, \text{ мг*экв/100 г с.в.};$$

и степени насыщенности торфа основаниями:

$$V = \frac{S \times 100}{S + H_r} = \frac{360,40 \times 100}{360,40 + 38,5} = 90,35\%$$

Вывод: полученные значения суммы поглощенных оснований равно 360,40 мг\*экв/100 г с.в. и емкости поглощения торфа равно 398,90 мг\*экв/100 г с.в. характерны для низинных торфов, о чем и свидетельствует высокий процент – 90,35 % степени насыщенности торфа основаниями.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под поглотительной способностью торфа?
2. Чем обусловлен показатель степени насыщенности торфа основаниями?
3. Какова связь кислотности с насыщенностью торфа основаниями?
4. Как изменяется поглотительная способность торфа в зависимости от его типа?

5. Каким методом в торфе определяется сумма поглощенных оснований, в чем заключается сущность метода?
6. Какими методами определяется емкость поглощения торфа, в чем заключается сущность методов?

## 7.6. Определение нитратного и аммонийного азота

### Теоретическая часть

Азот входит во все белки, нуклеиновые кислоты, хлорофилл и другие органические вещества растений. Почти весь азот торфа находится в форме органических веществ и недоступен для питания растений. В результате микробиологической деятельности происходит минерализация органических азотистых соединений и превращение азота в доступные для растений формы. Начальным этапом процесса является накопление аммонийных форм азота (аммонификация), а затем идет накопление нитритов  $NO_2$  и нитратов  $NO_3$  (нитрификация). В органическом веществе торфа содержание азота колеблется от 0,5 до 4 % на сухое вещество. Поэтому Д.Н. Прянишников называл торф азотной рудой. Из общего азота только 1–2 % находится в усвояемой форме.

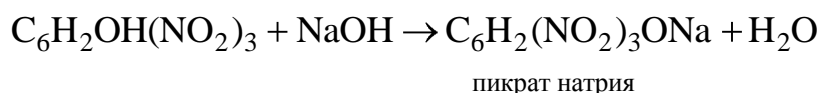
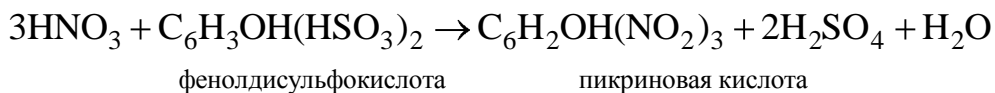
Азот в торфе находится в различных формах:

- легко доступный ( $NO_3 + NH_3$ ), которого содержится около 1–2 % от общего количества;
- частично доступный (амидный, моноамино- соединения), около 45 %, переводится в доступный путем гидролиза;
- трудно доступный (диамино- соединения + азот остатка), содержится которого около 50 %.

Наибольшее количество азота содержится в гуминовых кислотах, затем в легкогидролизующихся и наименьшее – в негидролизующем остатке.

Сущность метода определения нитратного азота заключается в извлечении нитратов из торфа и продуктов его переработки дистиллированной водой с последующим колориметрическим определением в вытяжках нитратов с помощью фенолдисульфокислоты.

В основе определения нитратов с помощью фенолдисульфокислоты лежит реакция:



При этой реакции образуется нитропродукт – соль пикриновой кислоты, окрашивающий раствор в желтый цвет.

Сущность метода определения содержания аммонийного азота заключается в извлечении обменно-поглощенного аммиака растворами соляной кислоты концентрации 0,2 моль/л (0,2 н) из торфа с последующим фотоколориметрическим





12. Основной образцовый раствор А калия азотнокислого ( $KNO_3$ ) концентрации 0,1 мг/мл. Навеску массой 0,7218 г  $KNO_3$  растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу вместимостью на 1 л и доводят объем до метки. В 1 мл раствора содержится 0,1 мг азота. Для консервации прибавляют 1 мл толуола.

13. Рабочий образцовый раствор Б калия азотнокислого ( $KNO_3$ ) концентрации 0,01 мг/мл. Рабочий раствор Б получают путем разбавления раствора А дистиллированной водой в 10 раз (в мерную колбу емкостью 200 мл помещают 20 мл раствора А и доводят объем полученного раствора до метки водой). Рабочий раствор Б применяют для приготовления шкал образцовых растворов. В 1 мл рабочего раствора Б содержится 0,01 мг азота. Рабочий раствор не устойчив, поэтому его готовят непосредственно перед определением.

**Ход работы.** Приготовление водной вытяжки: навеску массой 2 г торфа 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 отбрасывают или перефильтровывают через тот же фильтр, добиваясь, чтобы фильтрат был прозрачным. В водной вытяжке определяют нитратный азот, водорастворимый углерод. Вытяжку допускается хранить 2–3 дня в холоде.

Определение нитратного азота: пипеткой отбирают 10–50 мл прозрачного и бесцветного фильтрата из водной вытяжки в фарфоровую чашку и выпаривают на водяной бане (рис. 7.1). В чашку к сухому остатку добавляют по каплям 1 мл фенолдисульфокислоты и растирают палочкой (рис. 7.2). Через 10 мин добавляют 15 мл дистиллированной воды, нейтрализуют 20 % раствором  $NaOH$  или  $KOH$  по лакмусовой бумажке. Жидкость из чашки переносят в мерную колбу на 100 мл через воронку, перенося сюда же промывные воды из чашки, доводят объем до метки и перемешивают.

Измеряют оптическую плотность окрашенных растворов относительно контрольного раствора на фотоэлектроколориметре (рис. 8) с синим светофильтром при длине волны 400–450 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. Контрольный раствор готовят следующим образом: выпаривают в фарфоровой чашке установленный для образцов объем дистиллированной воды. Далее прибавляют реактивы в той же последовательности, как описано выше. По градуировочному графику находят концентрацию нитратного азота в анализируемой пробе, соответствующую отсчету на фотоэлектроколориметре. Осветление темноокрашенных растворов производят следующим образом. К взятому на определение количеству фильтрата добавляют 1 мл 10 %  $NaOH$  или  $KOH$ , взбалтывают и добавляют по каплям насыщенный раствор алюмокалиевых квасцов или 1–2 мл 15 % раствора алюминия сернокислого. При этом появляется муть, вначале исчезающая, а затем собирающаяся в хлопья. Жидкость отфильтровывают в фарфоровую чашку и используют для определения нитратов, как указано выше.



Рис. 7. Определение содержания нитратного азота в торфе:  
 1 – выпаривание вытяжки на водяной бане;  
 2 – растирание сухого остатка с фенолдисульфокислотой.



Рис. 8. Фотоэлектрoколориметр

Показания прибора и результаты заносят в журнал (прил. 5).

Приложение 5

**Форма записи показаний прибора и результатов по содержанию нитратного азота**

Объект	Повторность	Масса на-	W <sup>a</sup> , %	Объем общ.	Объем аликвоты	Оптическая плот	Концентрация по	NO <sub>3</sub>
--------	-------------	-----------	--------------------	------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

	вески, $m$ , г	$(V_{\text{общ}})$ , мл	$(V_1)$ , мл	ность $D$	графику, мг	мг*экв/100 г с.в. $(X)$	среднее

*Пример.* Для определения содержания нитратного азота взят образец низинного древесного торфа. Влажность торфа составляет 20,5 %. Масса навески составляет 2,04 г. Разбавление раствора не потребовалось. Поскольку окраска раствора была бледно-желтой, для определения взят объем фильтрата равный 50 мл. В результате фотометрического определения окрашенного раствора водной вытяжки из торфа прибор показал оптическую плотность равную 0,03, что соответствует концентрации 0,015 мг на градуировочном графике.

Массу нитратного азота  $(X)$  в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (10)$$

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

Массу нитратного азота  $(X_1)$  в мг/100 г сухого вещества вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (11)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, содержание нитратного азота испытуемого торфа в мг/100 г сухого торфа  $(X_1)$  будет составлять:

$$X = \frac{0,015 \times 100 \times 100}{50 \times 2,04} = 1,47$$

$$X_1 = \frac{1,47 \times 100}{100 - 20,5} = 1,85$$

*Вывод:* в испытуемом образце низинного древесного торфа содержание нитратного азота составляет 1,85 мг/100 г сухого торфа.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №19

### Приготовление солянокислой вытяжки и определения аммонийного азота с помощью реактива Несслера

#### Материалы и оборудование:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
3. Колбы емкостью 250 мл; цилиндр на 100 мл; воронки стеклянные, фильтр желтой ленты; колбы мерные вместимостью 100, 200, 1000 мл; пипетки на 2, 10 мл.
4. Кислота соляная, раствор концентрации  $c(\text{HCl})=0,2$  моль/л (0,2 н). 16,4 мл  $\text{HCl}$  концентрированной растворить в 1 л дистиллированной воды.
5. Фотоэлектроколориметр.

6. Калий-натрий виннокислый (сегнетовая соль), раствор с массовой долей  $c(KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O) = 50\%$ . 500 г сегнетовой соли растворяют в 1 л дистиллированной воды. Приготовленный раствор с помощью реактива Несслера необходимо проверить на содержание иона аммония. При наличии его в раствор добавляют небольшое количество  $KOH$  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.

7. Основной образцовый раствор А хлористого аммония ( $NH_4Cl$ ) концентрации 0,1 мг/мл. Навеску массой 0,3821 г  $NH_4Cl$  растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу вместимостью на 1 л и доводят объем до метки. В 1 мл раствора содержится 0,1 мг азота.

8. Рабочий образцовый раствор Б хлористого аммония ( $NH_4Cl$ ) концентрации 0,01 мг/мл. Рабочий раствор Б получают путем разбавления раствора А дистиллированной водой в 10 раз (в мерную колбу емкостью 200 мл помещают 20 мл раствора А и доводят объем полученного раствора до метки водой). Рабочий раствор Б применяют для приготовления шкал образцовых растворов. В 1 мл рабочего раствора Б содержится 0,01 мг азота.

**Ход работы.** Приготовление солянокислой вытяжки: навеску массой 5 г помещают в колбу вместимостью 250 мл, приливают 250 мл 0,2 н  $HCl$ , хорошо взбалтывают и оставляют на 18–20 часа. На следующий день содержимое колб хорошо перемешивают и фильтруют через фильтр желтой ленты. В солянокислой вытяжке определяют аммонийный азот, подвижные формы фосфора, калия. Вытяжку допускается хранить неделю в холоде.

Определение аммонийного азота с помощью реактива Несслера: пипеткой отбирают 2–5 мл фильтрата солянокислой вытяжки, помещают в мерную колбу на 100 мл. Добавляют дистиллированную воду до половины объема колбы, добавляют 2 мл 50 % раствора сегнетовой соли, немного дистиллированной воды, 2 мл реактива Несслера и доводят дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивая содержимое колбы после добавления каждого реактива, но не трясут. Через 5–10 мин определяют оптическую плотность растворов на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–425 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм, используя в качестве эталона сравнения кювету с контрольным раствором. Контрольный раствор содержит все реактивы, кроме анализируемой вытяжки и проходит все стадии анализа. Определение рекомендуется проводить небольшими партиями (по 3–6 колб). По градуировочному графику находят концентрацию аммонийного азота в анализируемой пробе, соответствующую отсчету на фотоэлектроколориметре. Показания прибора и результаты заносят в журнал (прил. б).

Приложение б

**Форма записи показаний прибора и результатов по содержанию аммонийного азота**

Объект	Повторность	Масса навески, $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_l$ ), мл	Оптическая плотность $D$	Концентрация по графику, мг	$NH_4$	
								мг*экв/100 г с.в. ( $X$ )	среднее

*Пример.* Для определения содержания аммонийного азота взят образец низинного древесного торфа. Влажность торфа составляет 20,5 %. Масса навески составляет 5,02 г. Разбавление раствора не потребовалось. Поскольку окраска раствора была бледно-желтой, для определения взят объем фильтрата равный 5 мл.

В результате фотометрического определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки из торфа прибор показал оптическую плотность равную 0,01, что соответствует концентрации 0,0075 мг на градуировочном графике.

Массу аммонийного азота ( $X$ ) в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (12)$$

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

Массу аммонийного азота ( $X_1$ ) в мг/100 г сухого вещества вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (13)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, содержание аммонийного азота испытуемого торфа в мг/100 г сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{0,0075 \times 250 \times 100}{5 \times 5,02} = 7,47$$

$$X_1 = \frac{7,47 \times 100}{100 - 20,5} = 9,40$$

*Вывод:* в испытуемом образце низинного древесного торфа содержание аммонийного азота составляет 9,40 мг/100 г сухого торфа.

### КОНТОРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом происходит превращение азота торфа в доступные для растений формы?
2. Какие формы азота в торфе существуют?
3. Как распределяется содержание азота по группам органического вещества торфа?
4. В чем заключается сущность метода определения содержания нитратного азота в торфе?
5. В чем заключается сущность метода определения содержания аммонийного азота в торфе?
6. Каким образом осуществляют осветление темноокрашенных растворов при определении нитратного азота?
7. В какой цвет окрашивает вытяжку, образующийся при определении нитратного азота пикрат натрия?
8. В какой цвет окрашивает вытяжку, образующийся при определении аммонийного азота йодистый меркураммоний?
9. Какие меры применяются для связывания ионов кальция и магния, мешающих определению аммонийного азота?

## 7.7. Определение подвижных соединений фосфора

### Теоретическая часть

подавляющее большинство процессов обмена веществ, особенно синтеза, проходят при участии фосфорной кислоты. Фосфор в растениях содержится в минеральных и органических веществах. Минеральная форма его в растениях чаще всего представлена в виде кальциевых, калиевых, магниевых соединений, содержащихся в небольших количествах. Наиболее важную роль в растении играет фосфор, входящий в органические соединения. Среди них на первое место следует поставить нуклеиновые кислоты. Это сложные высокомолекулярные вещества, которые участвуют в самых важнейших процессах жизнедеятельности: синтезе белков, росте и размножении, передаче наследственных свойств и др. Нуклеиновые кислоты состоят из веществ трех типов: азотистых оснований (пуриновых и пиримидиновых), сахаров (рибозы или дезоксирибозы) и фосфорной кислоты. В растениях содержатся два основных вида нуклеиновых кислот – рибонуклеиновая (РНК) и дезоксирибонуклеиновая (ДНК).

Главным источником фосфора для растений в природных условиях служат соли ортофосфорной кислоты. Содержание фосфора зависит от структуры, химического состава торфа и количества гуминовых веществ в них. В органической форме фосфор находится, в основном, в гуминовых веществах, а также в минеральных соединениях, главным образом солей кальция (в нейтральной среде), алюминия и железа (в кислой среде). Основная масса фосфора в почве находится в виде труднорастворимых, неусвояемых растениями соединений. В доступной для растений форме содержится лишь незначительная часть солей фосфорной кислоты от ее общего запаса. Биологические и химические процессы способствуют постепенному переходу ее в подвижное состояние.

Основная часть фосфора в торфе имеет органическое происхождение. Неорганический фосфор поступает в торф с почвенно-грунтовыми водами. Болотные фосфаты близки к минералам вивианиту и берауниту. Поэтому они называются: болотный вивианит и болотный бераунит. Вивианитовый торф содержит от 2 до 8 % фосфора в виде  $Fe(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ .

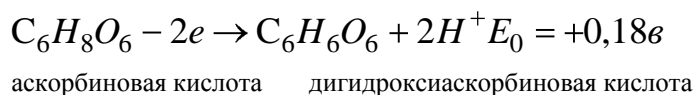
Содержание общего фосфора (в % на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,09–0,38 и верховом торфе – 0,03–0,25; содержание подвижных его форм соответственно – 4,0–6,5 и до 3,0 мг/100 г сухого вещества.

Определение общего (валового) содержания фосфора в торфах проводят либо сульфатгидразиновым методом, либо методом Дениже. Оба метода основаны на восстановлении желтой фосфорно-молибденовой кислоты с образованием «молибденовой сини» -  $(MoO_2 \cdot 4MoO_3)_2 \cdot H_3PO_4 \cdot 4H_2O$ . Наилучшим восстановителем является сульфат гидразина, который в отличие от хлорида олова, применяемого в методе Дениже, очень стоек, так как окисление гидразина необратимо.

Определение содержания подвижных соединений фосфора в торфах применяются два метода. Методы основаны на извлечении подвижных форм фосфора

из торфа раствором 0,2 н соляной кислоты, и последующем определении в вытяжках фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре. В качестве восстановителя фосфорно-молибденового комплекса использую серноокислый гидразин или аскорбиновую кислоту. Наиболее избирательным является метод определения свободных форм фосфора с помощью аскорбиновой кислоты ( $C_6H_8O_6$ ), впервые применена для восстановления молибдена Аммоном и Гинсбергом (1936).

Восстановление молибдена и других металлов ( $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) аскорбиновой кислотой основано на ее способности отдавать электроны по схеме:



Дигидроксиаскорбиновая кислота также является восстановителем, но более слабым, чем аскорбиновая кислота. Установлено, что водный раствор аскорбиновой кислоты в присутствии винной восстанавливает молибден, связанный в комплекс, не затрагивая избытка молибдата аммония. Мэрфи и Райли (1962) нашли, что введение в раствор калия сурьмяновиннокислого позволяет получить синюю окраску без нагревания. Окраска устойчива во времени и пропорциональна концентрации фосфора в растворе.

**Цель занятия:** Освоить метод определения содержания подвижных форм фосфора в торфе (с помощью аскорбиновой кислоты).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №20

### Определение свободных соединений фосфора с помощью аскорбиновой кислоты

**Материалы и оборудование:**

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
3. Пипетки на 10 мл, цилиндры на 10, 50 мл, дозаторы на 1 мл; колбы мерные вместимостью 50, 1000 мл; стаканы вместимостью 100, 200 мл.
4. Фотоэлектроколориметр.
5. Кислота серная, раствор концентрации  $c(H_2SO_4) = 5$  моль/л (5 н). 140 мл  $H_2SO_4$  концентрированной вливают в мерную колбу на 1 л, содержащую 200 мл дистиллированной воды, охлаждают до комнатной температуры и доводят объем до метки.
6. Реактив 1. Навеску массой 6 г молибденовокислого аммония  $((NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$  растворяют в 200 мл дистиллированной воды. Навеску массой 0,1454 г сурьмяновиннокислого калия  $(K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O)$  растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Оба раствора готовят при слабом нагревании. Охлажденные растворы добавляют к 500 мл 5 н раствора  $H_2SO_4$ . Раствор перемешивают и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. Реактив готовят заранее и хранят в темной склянке в холодильнике при температуре 5–10°C.



7. Реактив 2. Навеску массой 0,8870 г аскорбиновой кислоты ( $C_6H_8O_6$ ) растворяют в 169 мл реактива 1 и доводят объем до 1 л. Реактив готовят в день определения.

8. Основной образцовый раствор А калия фосфорнокислого однозамещенного ( $KH_2PO_4$ ) массовой концентрации 0,1 мг/мл. Навеску массой 0,1917 г  $KH_2PO_4$  растворяют в 500–600 мл дистиллированной воды с несколькими каплями 5 н раствора  $H_2SO_4$  и в мерной колбе вместимостью 1 л доводят объем до метки. В 1 мл раствора содержится 0,1 мг  $P_2O_5$ .

**Ход работы.** Пипеткой отбирают 2,5 мл фильтрата солянокислой вытяжки, помещают в мерную колбу на 50 мл, приливают 47,5 мл реактива 2. Через 30 мин определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре с красным светофильтром при длине волны 650 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм, используя в качестве сравнения кювету с контрольным раствором. По градуировочному графику находят концентрацию фосфора в анализируемой пробе, соответствующую отсчету на фотоэлектроколориметре.

В случае высокой концентрации фосфора в фильтрате необходимо определение его повторить, предварительно разбавив испытуемый фильтрат в 5–10 раз дистиллированной водой. При проведении расчетов следует ввести соответствующую поправку на разбавление.

Показания прибора и результаты заносят в журнал (прил. 7).

Приложение 7

**Форма записи показаний прибора и результатов по содержанию фосфора**

Объект	Повторность	Масса навески, $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_1$ ), мл	Оптическая плотность $D$	Концентрация по графику, мг	$P_2O_5$	
								мг*экв/100 г с.в. ( $X$ )	среднее

*Пример.* Для определения содержания фосфора взят образец низинного древесно-травяного торфа. Влажность торфа составляет 18,5 %. Масса навески составляет 5,03 г. Разбавление раствора не потребовалось. Для определения взят объем фильтрата равный 2,5 мл.

В результате фотометрического определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки из торфа прибор показал оптическую плотность равную 0,005, что соответствует концентрации 0,003 мг на градуировочном графике.

Массу фосфора ( $X$ ) в пересчете на  $P_2O_5$  в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (14)$$

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

Массу фосфора ( $X_1$ ) в мг/100 г сухого вещества вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (15)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, содержание фосфора испытуемого торфа в мг/100 г сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{0,003 \times 250 \times 100}{2,5 \times 5,03} = 5,96,$$

$$X_1 = \frac{5,96 \times 100}{100 - 18,5} = 7,31.$$

*Вывод:* в испытуемом образце низинного древесно-травяного торфа содержание подвижных форм фосфора составляет 7,31 мг/100 г сухого торфа, что характерно для низинных торфов (4,0-6,5 мг/100 г).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является главным источником фосфора для растений?
2. От каких условий зависит содержание фосфора в торфе?
3. Как распределяется содержание фосфора по группам органического вещества торфа и в виде минеральных соединений?
4. Как изменяется содержание фосфора в торфе в зависимости от его типа?
5. Какие виды болотных фосфатов существуют?
6. Какие методы определения содержания общего (валового) фосфора в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
7. Какие методы определения содержания подвижных форм фосфора в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
8. В какой цвет окрашивает вытяжку, образующийся при определении фосфора фосфорно-молибденовый комплекс?
9. Для чего при определении фосфора с помощью аскорбиновой кислоты добавляют сурьмяновиннокислый калий?

## 7.8. Определение подвижных соединений калия

### Теоретическая часть

Основная часть калия находится в составе кристаллической решетки первичных и вторичных минералов. Калий содержится в торфе также в поглощенном состоянии (обменный и необменный) и в виде простых солей. Обменный калий обычно составляет 1–2 % валового. Все формы калия взаимно связаны между собой и находятся в состоянии подвижного равновесия. Растения в процессе питания усваивают, прежде всего, наиболее подвижные формы, а затем средне-подвижные (обменные) и малоподвижные (необменные). В силу подвижного равновесия при потреблении обменного калия его запасы могут пополняться за счет труднодоступного растениям необменного.

Содержание общего калия (в % на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 0,08–0,12 и в верховом торфе – 0,04–0,06; а подвижных его форм 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 промывании пробы раствором одной из этих солей вместе с поглощенным калием извлекается и водорастворимый. Для определения содержания подвижного калия в торфе могут быть использованы два метода: кобальтнитритный (Е.А. Бровкиной) и метод пламенной фотометрии (Я.В. Пейве). В методе Е.А. Бровкиной применен принцип метода Я.В. Пейве. Отличие заключается в способе извлечения калия. Если в методе Я.В. Пейве используется 1 н раствор хлористого натрия, то Е.А. Бровкина применила для извлечения 0,2 н соляную кислоту. При этой концентрации  $HCl$  доступный растениям калий извлекается из торфа более полно. В вытяжке калий определяют осаждением его кобальтнитритом натрия. В основу метода положен принцип наименьших концентраций. Он состоит в том, что осадок при осаждении калия кобальтнитритом натрия образуется до определенной концентрации калия в растворе. Эта наименьшая концентрация при определенной температуре (12–24°C) в условиях осаждения является постоянной величиной и легко определяется.

В случае использования метода пламенной фотометрии вытяжка готовится также, как и при кобальтнитритном методе Е.А. Бровкиной. Вытяжку отфильтровывают и определяют содержание калия на пламенном фотометре. Принцип количественного анализа посредством фотометрии пламенем основан на том, что каждый элемент имеет свой характерный спектр излучения, а интенсивность спектра зависит от концентрации элемента. Фотометрические определения проводят пламенным фотометром, включающим источник света (пламя) и измерительную систему излучения. Обычно применяют высокотемпературное ацетилено-воздушное (2300°C) и пропано-бутано-воздушное (1800°C) пламя. Наиболее характерная часть спектра исследуемого элемента пропускается через световой фильтр на фотоэлемент. В последнем лучистая энергия спектра превращается в электрическую, которая измеряется высокочувствительным микроамперметром. По силе возникающего тока судят о концентрации введенного в пламя элемента.

**Цель занятия:** Освоить метод определения содержания подвижных соединений калия в торфе на пламенном фотометре.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №21

### Определение содержания подвижных соединений калия на пламенном фотометре

#### Материалы и оборудование:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Фотометр пламенный.
3. Колбы мерные вместимостью 100 мл; пенициллиновые бутылочки
4. Основной образцовый раствор А калия хлористого ( $KCl$ ) концентрации 1 мг/мл. Навеску массой 1,5828 г  $KCl$  растворяют в дистиллированной воде, пе-

реносят в мерную колбу вместимостью 1 л и доводят объем раствора до метки. В 1 мл раствора содержится 1 мг  $K_2O$ .

**Ход работы.** Фильтрат солянокислой вытяжки помещают в пенициллиновые бутылочки и вводят в пламя горелки пламенного фотометра (рис. 10), отмечают показания прибора. Если содержание калия в анализируемой пробе выходит за пределы градуировочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив фильтрат в 5–10 раз дистиллированной водой. При смене растворов распыляющую систему промывают водой.



Рис 10. Пламенный фотометр

Показания прибора и результаты заносят в журнал (прил. 8).

#### Приложение 8

##### Форма записи показаний прибора и результатов по содержанию калия

Объект	Повторность	Масса навески, т, г	W <sup>а</sup> , %	Объем общ. (V <sub>общ</sub> ), мл	Показания прибора	Концентрация по графику, мг	$K_2O$	
							мг*экв/100 г с.в. (X)	среднее

*Пример.* Для определения содержания калия взят образец низинного травяного торфа. Влажность торфа составляет 17,3 %. Масса навески составляет 5,01 г. Разбавление раствора не потребовалось.

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

Массу калия (X) в пересчете на  $K_2O$  в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{m_1 \times 1000}, \quad (16)$$

где  $m$  – масса  $K_2O$ , соответствующая на градуировочном графике, мг;  $V$  – общий объем фильтрата, мл;  $K$  – поправка на разбавление фильтрата;  $K_w$  – коэффициент влажности;  $m_1$  – масса навески, г;  $100$  – пересчет на 100 г.

Массу фосфора ( $X_1$ ) в мг/100 г сухого вещества вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (17)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, содержание калия испытуемого торфа в мг/100 г сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{1,0 \times 250 \times 100}{5,01 \times 1000} = 4,99,$$

$$X_1 = \frac{4,99 \times 100}{100 - 17,3} = 6,03.$$

*Вывод:* в испытуемом образце низинного травяного торфа содержание подвижных форм калия составляет 6,03 мг/100 г сухого торфа, что характерно для низинных торфов (3-8 мг/100 г).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие соединения калия в торфе существуют?
2. Как изменяется содержание калия в торфе в зависимости от его типа?
3. Какие методы определения содержания общего (валового) калия в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
4. Какие методы определения содержания подвижных форм фосфора в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
5. На чем основан принцип количественного определения элементов методом пламенной фотометрии?

## 7.9. Определение подвижных соединений железа

### Теоретическая часть

Определение содержания железа в торфе имеет большое практическое значение и особенно, когда торф используется для приготовления органоминеральных удобрительных смесей. При содержании валового железа более 5 % торф не пригоден для приготовления органоминеральных удобрений, так как фосфорная кислота фосфорных удобрений, реагируя с железом, переходит в малодоступные или совсем неусвояемые для растений формы. Еще более важно знать содержание железа при использовании торфа в качестве субстрата для закрытого грунта. В данном случае содержание подвижного железа в торфе не должно превышать 1 %. Закисное и окисное железо может находиться в виде растворимых или нерастворимых соединений, а также в поглощенном состоянии.

Окисное и закисное железо из торфа вытесняется 0,2 н раствором соляной кислоты. Закисное железо определяется в свежих образцах торфа без высушивания и растирания. Для определения суммы закисного и окисного железа закисное железо в фильтрате окисляют марганцевокислым калием в присутствии азотной кислоты. Содержание железа определяют на фотоэлектроколориметре. Для определения оксида железа в золе торфа используют объемный трилонометрический метод, сущность которого заключается в образовании комплекса трехвалентного железа с сульфосалициловой кислотой в кислой среде, разрушении этого комплекса при титровании трилоном Б и образовании нового комплексного соединения трехвалентного железа с трилоном Б.

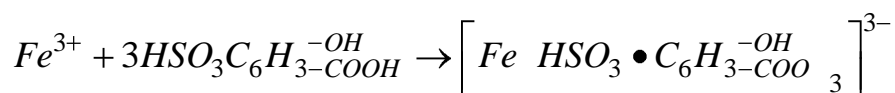
В нормальнозольных торфах железа содержится от 0,01 до 5,3 % в пересчете на  $Fe_2O_3$ , а высокозольных – от 1,5 до 24 % на абсолютно сухое вещество. Торф с содержанием железа более 5 % называется охристым.

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

Для определения содержания подвижных соединений 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) или с использованием сульфосалициловой кислоты. Наиболее избирательным является метод определения свободных соединений железа с помощью сульфосалициловой кислоты.

Сульфосалициловая кислота образует с железом комплексные ионы разной окраски: при  $pH=2-2,5$   $[Fe(Sal)]^+$  красного цвета, при  $pH=4-8$   $[Fe(Sal)_2]^-$  бурого цвета и при  $pH=8-11,5$   $[Fe(Sal)_3]^{3-}$  желтого цвета. В кислой среде указанные комплексные ионы образуют только окисное железо, в щелочной – окисное и закисное, поскольку в этих условиях  $Fe^{2+}$  легко окисляется до  $Fe^{3+}$ . Таким образом, аммиачным вариантом сульфосалицилового метода определяют общее содержание железа, т.е. сумму ионов  $Fe^{2+} + Fe^{3+}$ .

Аммонийный вариант сульфосалицилового метода основан на образовании внутрикомплексного железосульфосалицилатного иона:



Желтая окраска этого комплексного иона отличается настолько большой устойчивостью, что окрашенный раствор трисульфосалицилата железа не изменяет своей окраски в течение месяца и более.

**Цель:** Освоить метод определения содержания подвижных форм железа в торфе (с помощью сульфосалициловой кислоты).

## Практическое занятие №22

### Определение подвижных соединений железа с помощью сульфосалициловой кислоты

### Материалы и оборудование:

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
3. Пипетки на 1–10, 100 мл, цилиндры на 10, 500 мл, колбы мерные вместимостью 100, 500, 1000 мл.
4. Фотоэлектроколориметр.
5. Аммиак водный, раствор с массовой долей 25 %.
6. Кислота сульфосалициловая двуводная, раствор с массовой долей  $c(C_7H_6O_6S \cdot 2H_2O)$  25 %. Навеску массой 25 г сульфосалициловой кислоты растворяют в 100 мл воды и фильтруют, раствор хранят в темной склянке с притертой пробкой.
7. Натрия гидроксид, раствор с массовой долей  $c(NaOH)$  10 %. Навеску массой 100 г  $NaOH$  растворяют в 900 мл дистиллированной воды.
8. Кислота азотная, концентрированная.
9. Кислота серная, раствор с массовой долей  $c(H_2SO_4)$  5 %. 29,3 мл  $H_2SO_4$  концентрированной вливают в мерную колбу на 1 л, содержащую 500–600 мл дистиллированной воды, охлаждают до комнатной температуры и доводят объем до метки.
10. Гидроксиламин солянокислый, раствор с массовой долей  $c(NH_2OH \cdot HCl)$  5 %. Навеску массой 5 г гидроксиламина солянокислого растворяют в мерной колбе вместимостью 100 мл и доводят объем до метки водой.
11. Основной образцовый раствор А железоаммонийных квасцов  $(FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O)$  массовой концентрации  $Fe$  0,1 мг/мл (или 0,143 мг  $Fe_2O_3$ ). Навеску массой 0,4318 г железоаммонийных квасцов обрабатывают 5 % серной кислотой в мерной колбе на 500 мл, добавляют 1 каплю концентрированной азотной кислоты и объем раствора доводят до метки раствором 5 % серной кислоты.
12. Раствор Б железоаммонийных квасцов массовой концентрации  $Fe$  0,01 мг/мл (или 0,0143 мг  $Fe_2O_3$ ). Из раствора А отбирают пипеткой 100 мл и разбавляют дистиллированной водой в мерной колбе до 1000 мл.

**Ход работы.** Пипеткой отбирают 1–20 мл фильтрата солянокислой вытяжки (в зависимости от ожидаемого количества железа, обычно 10 мл), помещают в мерную колбу на 100 мл, приливают 5 мл раствора сульфосалициловой кислоты, 5 капель солянокислого гидроксиламина и по каплям раствор водного аммиака (или гидроксида натрия) до получения устойчивой желтой окраски, доводят объем в колбе до метки дистиллированной водой, перемешивают и определяют оптическую плотность окрашенных растворов на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 400–440 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм, используя в качестве сравнения кювету с контрольным раствором. По градуировочному графику находят концентрацию железа в анализируемой пробе, соответствующую отсчету на фотоэлектроколориметре.

В случае высокой концентрации железа в фильтрате необходимо определение его повторить, предварительно разбавив испытуемый фильтрат в 5–10 раз дистиллированной водой. При проведении расчетов следует ввести соответствующую поправку на разбавление.

Показания прибора и результаты заносят в журнал (прил. 9).

Приложение 9

**Форма записи показаний прибора и результатов по содержанию железа**

Объект	Повторность	Масса навески, $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_1$ ), мл	Оптическая плотность $D$	Концентрация по графику, мг	$Fe_2O_3$	
								мг*экв/100 г с.в. ( $X$ )	среднее

*Пример.* Для определения содержания железа взят образец низинного осокового торфа. Влажность торфа составляет 23,7 %. Масса навески составляет 5,01 г. Разбавление раствора не потребовалось. Для определения взят объем фильтрата равный 10 мл.

В результате фотометрического определения окрашенного раствора солянокислой вытяжки из торфа прибор показал оптическую плотность равную 0,08, что соответствует концентрации 0,15 мг на градуировочном графике.

Массу фосфора ( $X$ ) в пересчете на  $Fe_2O_3$  в мг/100 г торфа вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m \times V \times K \times 100}{V_1 \times m_1}, \quad (18)$$

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

Массу железа ( $X_1$ ) в мг/100 г сухого вещества вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (19)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, содержание железа испытуемого торфа в мг/100 г сухого торфа ( $X_1$ ) будет составлять:

$$X = \frac{0,15 \times 250 \times 100}{10 \times 5,01} = 74,85,$$

$$X_1 = \frac{74,85 \times 100}{100 - 23,7} = 98,10.$$

**Вывод:** в испытуемом образце низинного осокового торфа содержание подвижных форм железа составляет 98,10 мг/100 г сухого торфа, что характерно для низинных торфов (0,0-128,5 мг/100 г).

### КОНТОРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие формы железа существуют в торфе, их практическое значение?
2. Как железо торфа влияет на приготовление органоминеральных удобрений и субстратов для закрытого грунта?
3. В чем заключается особенность определения закисного железа в торфе?
4. Какой метод применяется для определения оксида железа?



5. Как называется торф, в котором высокое содержание железа (более 5 %)?
6. Какие методы определения содержания подвижных форм железа в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
7. Какого цвета растворы комплексов сульфосалициловой кислоты с железом при разных значениях *pH* среды?
8. Как влияет кислотность раствора на образование различных форм железа?
9. В какой цвет окрашивает вытяжку, образующийся при определении железа внутриккомплексный железосульфосалицилатный ион?
10. Для чего при определении железа с помощью салициловой кислоты добавляют аммиак или гидроксид натрия?

## **7.10. Определение обменного кальция и обменного магния**

### **Теоретическая часть**

Торфяные месторождения представляют собой благоприятную среду для накопления таких элементов как кальций и магний. На пути движения минеральных веществ к конечным водоемам стока торфяные залежи выступают в качестве активных геохимических барьеров. Основными источниками накопления элементов в торфе является их водная миграция с паводковыми и грунтовыми водами, воздушная и биогенная миграция. В результате происходит накопление и перераспределение этих соединений в торфе и частичный вынос их в процессе питания растений-торфообразователей.

Данные элементы 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. Шейхцериевые торфа переходного и низинного типов тоже имеют небольшое содержание кальция. В распределении магния и кальция по глубине торфяных залежей отчетливо выделяются максимум в верхнем торфогенном горизонте и слоях торфа, контактирующих с подстилающими минеральными породами. Высокозольные прослойки торфа образуются в условиях обильного поступления на торфяное месторождение минеральных веществ либо с окружающих суходолов, либо с подземными водами, обогащенными солями кальция и магния. При этом могут формироваться известковый (с содержанием кальция до 30 %) вид торфа.

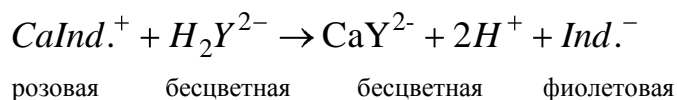
Содержание кальция (*мг/100 г* на сухое вещество) изменяется в следующих пределах: в торфе низинного типа – 5,7–364,0; переходного – 3,6–182,2 и верхового – 2,9–123,5.

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.

Кальций и магний являются основными обменными катионами в торфе. Обменными центрами в торфе служат в основном функциональные группы. Так как ионообменные процессы протекают в основном в кислой среде ( $pH < 6,5$ ), то обменивается на катионы преимущественно водород  $COOH$ -групп. С ростом  $pH$  (в нейтральной и особенно в щелочной среде) емкость обмена торфа увеличивается за счет участия в обмене  $OH$ -групп и повышения активности карбоксильных групп. Основной формой связи катионов является ионное (гетерополярное) взаимодействие. Кроме того, за счет координационной (донорно-акцепторной) связи  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  дополнительно взаимодействуют с некоторыми атомами и функциональными группами ( $-OH$ ,  $-CO$  и др.), образуя комплексные органно-минеральные соединения. Обменные соединения магния и кальция являются наиболее доступными для минерального питания растений.

Для определения содержания обменного кальция и обменного магния в торфе существует метод, основанный на извлечении их 0,2 н раствором соляной кислоты с последующим комплексонометрическим титрованием суммы кальция и магния при  $pH=10$  в присутствии индикатора хрома кислотного темно-синего, а затем кальция при  $pH=12,5-13$  в присутствии металлоиндикатора флуорексона (кальцеина) или мурексида трилоном Б. Мешающие элементы маскируют триэтаноламином.

Комплексонометрическое определение кальция основано на способности комплексона III (трилона Б) извлекать ион кальция из его растворимого окрашенного комплексного соединения с мурексидом, вследствие чего розовая окраска раствора изменяется в фиолетовую:

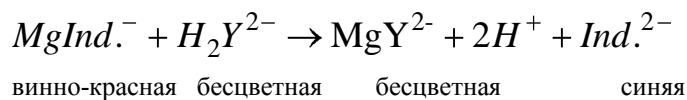


Разрушение комплексного соединения мурексида с кальцием происходит при  $pH$  раствора  $\geq 12,5$ . Поэтому в анализируемый раствор вводят 20 % раствор  $NaOH$  или  $KOH$  в качестве буферного раствора. Магний не образует с мурексидом прочного окрашенного соединения, но при содержании магния свыше 3 мг в 100 мл раствора выпадает осадок, который адсорбирует индикатор и делает переход окраски трудноразличимым. Главными мешающими примесями являются ионы железа и алюминия, которые маскируются триэтаноламином.

Если для определения кальция использовать флуорексон (кальцеин) необходимо учесть особенность, которая заключается в том, что флуорексон требует более щелочную среду, чем мурексид, и буферным раствором его должен быть предпочтительно  $KOH$ , так же как смесь индикатора готовится с солями калия. Чтобы обеспечить сильно щелочную среду, перед прибавлением щелочи в испытуемый раствор вводят вспомогательный индикатор – малахитовый зеленый, интервал изменения окраски которого соответствует  $pH$  11,5–13,5 (голубовато-зеленый цвет становится желтоватым с интенсивной зеленой флуоресценцией). Из других методов определения содержания кальция используют также оксалатный объемный метод, который основан на получении осадка оксалата кальция осаждением оксалатом аммония, дальнейшим отделением его от магния ук-

сусной кислотой и последующим титрованием освободившейся щавелевой кислоты перманганатом калия.

Комплексонометрическое определение иона магния основано на способности комплексона III (трилона Б) извлекать магний из его окрашенного комплекса с некоторыми металлоиндикаторами, как хромоген черный, кислотный хром темно-синий и др. В тот момент когда ионы магния будут извлечены из комплекса его с хром кислотным темно-синим, окраска раствора изменится:



Указанное изменение окраски комплекса индикатора с магнием происходит в щелочной среде ( $pH=10$ ), поэтому в раствор вводя смесь  $\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NH}_4\text{OH}$ , обеспечивающую требуемую величину  $pH$ .

Определению мешают те же примеси, которые препятствуют определению кальция, но в значительно большей степени. Поэтому перед добавлением смеси  $\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NH}_4\text{OH}$  необходимо связать примеси введением в раствор сульфида натрия и гидроксиламина. Без восстановителя марганец окисляется в щелочной среде ( $pH>9$ ) и выпадает в осадок, который адсорбирует металлоиндикатор, вследствие чего изменения окраски в точке эквивалентности не наблюдается.

Комплексонометрический магний можно определять двумя способами: прямым титрованием в одной пробе с кальцием или по разности результатов титрования суммы кальция и магния по хром кислотному темно-синему и титрования кальция по мурексиду.

Из других методов определения магния используют также весовой метод при выделении магния из раствора осаждением в виде двойной магниевой-аммонийной соли фосфорной кислоты и объемный метод определения магния при осаждении его в виде магниевой-аммонийного фосфата.

**Цель занятия:** Освоить метод определения содержания обменных форм кальция и магния в торфе комплексонометрическим методом.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №23** **Определение обменных форм кальция** **и магния комплексонометрическим методом**

#### **Материалы и оборудование:**

1. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
3. Колбы конические вместимостью 250 мл для титрования; пипетки на 50 мл, цилиндры на 10 мл, колбы мерные вместимостью 100, 1000 мл.
4. Раствор соли динатриевой этилендиамина- $N, N, N', N'$ -тетрауксусной кислоты, 2-водной (трилона Б –  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), раствор молярной концентрации  $c(1/2 \text{ Na ЭДТА})=0,05$  моль/л (0,05 н). Навеску массой 9,306 г трилона Б растворяют в небольшом количестве воды и переносят в мерную колбу вме-

стимостью 1000 мл, доводят объем водой до метки, перемешивают и фильтруют.

Точную концентрацию раствора трилона Б устанавливают по раствору хлористого кальция. 50 мл приготовленного раствора кальция хлорида разбавляют водой до 100 мл, прибавляют 5 капель 1 % раствора гидроксилamina, несколько кристалликов диэтилдитиокарбамата натрия (или 2 капли 2 % раствора сульфида натрия) и 10 мл 10 % раствора  $NaOH$ , чтобы обеспечить  $pH=12,5-13,0$ . Затем вносят 50–60 мг смеси мурексида и хлорида натрия (или флуорексона с хлористым калием) и титруют раствором трилона Б до изменения розовой окраски в сиреневую.

Одновременно проводят холостое титрование без раствора хлористого кальция. Коэффициент молярности ( $K$ ) раствора трилона Б концентрации  $c(1/2 Na ЭДТА)=0,05$  моль/л рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{50}{V \times 5}, \quad (20)$$

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

5. Раствор кальция концентрации  $c(1/2 Ca^{2+})=0,01$  моль/л (0,01 н). Навеску массой 0,5 г углекислого кальция, высушенного до постоянной массы при температуре 100–105 °С, переносят в мерную колбу на 1000 мл, прибавляют 2 мл 25 % раствора соляной кислоты и доводят объем до метки дистиллированной водой. Полученный раствор хлористого кальция имеет концентрацию  $(1/2 Ca^{2+})=0,01$  моль/л (0,01 н) и используется для определения точной концентрации раствора трилона Б.

6. Гидроксилamin солянокислый, раствор с массовой долей  $c(NH_2OH \cdot HCl)$  1 %. Навеску массой 1 г гидроксилamina солянокислого растворяют в мерной колбе вместимостью 100 мл и доводят объем до метки водой. Раствор хранят в закрытой колбе не более 5 дней.

7. Калий хлористый или натрий хлористый.

8. Калия гидроксид, раствор с массовой долей  $c(KOH)$  20 %. Навеску массой 100 г  $KOH$  растворяют в 400 мл дистиллированной воды.

9. Кислота соляная, с массовой долей  $c(HCl)$  25 % и раствор концентрации 0,2 моль/л (0,2 н). 635 мл концентрированной соляной кислоты помещают в мерную колбу на 1000 мл, содержащую 200–300 мл воды, и доводят объем до метки водой.

10. Натрия гидроксид, раствор с массовой долей  $c(NaOH)$  10 %. Навеску массой 100 г  $NaOH$  растворяют в 900 мл дистиллированной воды.

11. Раствор индикатора хрома кислотного темно-синего. Навеску массой 0,5 г хрома кислотного темно-синего помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл, растворяют в этиловом спирте, разбавленном водой в соотношении 1:5, доводят объем раствора до метки. Раствор хранят в склянке оранжевого стекла с притертой пробкой не более 2 месяцев.

12. Сухая индикаторная смесь из мурексида и хлорида натрия. Навеску массой 0,1 г мурексида тщательно растирают в фарфоровой ступке с 20,0 г хлорида натрия до получения однородной смеси.

13. Хлоридно-аммонийный буферный раствор. Навеску массой 20,0 г хлористого аммония растворяют в 100 мл воды, приливают 100 мл 25 % водного раствора аммиака и доводят объем до 1000 мл водой.

14. Раствор сульфида натрия с массовой долей  $s$  ( $Na_2S \cdot 9H_2O$ ) 2 %. 11 мл насыщенного раствора сульфида натрия разбавляют дистиллированной водой до 100 мл.

15. Натрия диэтилдитиокарбамат.

**Ход работы.** Для определения используют солянокислую вытяжку.

*Определение суммы кальция и магния:*

Пипеткой отбирают 50 мл фильтрата солянокислой вытяжки, добавляют 5 капель гидроксидламина, несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия или 5-10 мл разбавленного раствора триэтанолламина, прибавляют 10 мл буферного раствора, 12-15 капель индикатора хром кислотного темно-синего и сразу же титруют раствором трилоном Б до перехода окраски из вишнево-красной в голубую.

*Определение кальция:*

Отбирают пипеткой 50 мл фильтрата, нейтрализуют по лакмусовой бумажке 10 % гидроксидом натрия, прибавляют 5 капель гидроксидламина, несколько кристалликов диэтилдитиокарбамата натрия или 5-10 мл разбавленного раствора триэтанолламина, затем добавляют еще 2 мл 10 % раствора  $NaOH$  и 50–60 мг смеси мурексида с хлористым натрием и сразу же титруют раствором трилона Б до перехода окраски из розовой в сиреневую.

Перед окончанием титрования прибавляют трилон Б по каплям, тщательно перемешивая.

Одновременно проводят титрование контрольной пробы, содержащей реактив, кроме анализируемой вытяжки. Объем трилона Б, использованный на титрование контрольной пробы, вычитают из объема трилона Б, израсходованной на титрование анализируемой пробы.

Результаты определения кальция и магния заносят в журнал (прил. 10).

Приложение 10

**Форма записи результатов определения кальция и магния**

Объект	Повторность	Масса навески $m$ , г	$W^a$ , %	Объем общ. ( $V_{общ}$ ), мл	Объем аликвоты ( $V_l$ ), мл	$V_{CaO}$ , мл	$V_{CaO+MgO}$ , мл	CaO, %	CaO средн	MgO, %	MgO средн

*Пример.* Для определения содержания обменных кальция и магния взят образец переходного осокового торфа. Влажность торфа составляет 93,1 %. Масса навески составляет 5,02 г. Для определения взят объем фильтрата равный 50 мл.

В результате титрования получены следующие результаты: на титрование контрольной пробы потребовалось 0,05 мл раствора трилона Б, на титрование кальция – 17,3 мл, на титрование суммы кальция и магния – 25,55 мл.

Массовую долю оксида кальция ( $X$ ) в процентах при натуральной влаге вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_{CaO} \times K \times 250 \times 0,001402 \times 100}{50 \times m}, \quad (21)$$

где  $V_{CaO}$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование анализируемой пробы при определении оксида кальция, *мл*;  $K$  – коэффициент молярности 0,05 *н* раствора трилона Б; 250 – объем раствора 0,2 *н* соляной кислоты, приливаемый к навеске исследуемого материала, *мл*; 0,001402 – масса оксида кальция, соответствующая 1 *мл* 0,05 *н* раствора трилона Б, *г*; 50 – объем фильтрата, взятый для титрования, *мл*;  $m$  — масса навески торфа, *г*; 100 – пересчет на 100 *г*.

Массовую долю оксида магния ( $X_1$ ) в процентах при натуральной влаге вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{V - V_1 \times K \times 250 \times 0,00108 \times 100}{50 \times m}, \quad (22)$$

где  $V$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование суммы оксидов кальция и магния в пробе вытяжки, *мл*;  $V_1$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование оксида кальция в пробе вытяжки, *мл*;  $K$  – коэффициент молярности 0,05 *н* раствора трилона Б; 250 – объем раствора 0,2 *н* соляной кислоты, приливаемый к навеске исследуемого материала, *мл*; 0,00108 – масса оксида магния, соответствующая 1 *мл* 0,05 *н* раствора трилона Б, *г*; 50 – объем фильтрата, взятый для титрования, *мл*;  $m$  — масса навески торфа, *г*; 100 – пересчет на 100 *г*.

Массу оксида кальция ( $X_2$ ) и оксида магния ( $X_3$ ) в процентах в пересчете на сухое вещество вычисляют по формуле:

$$X_2 = \frac{X \times 100}{100 - \omega}, \quad (23)$$

$$X_3 = \frac{X_1 \times 100}{100 - \omega}, \quad (24)$$

где  $\omega$  – влажность торфа, %.

Таким образом, массовая доля оксида кальция ( $X_2$ ) в процентах в пересчете на сухое вещество составляет:

$$X = \frac{17,25 \times 1 \times 250 \times 0,001402 \times 100}{50 \times 5,02} = 2,41$$

$$X_2 = \frac{2,41 \times 100}{100 - 93,1} = 34,93$$

Массовая доля оксида магния ( $X_3$ ) в процентах в пересчете на сухое вещество составляет:

$$X_1 = \frac{25,5 - 17,25 \times K \times 250 \times 0,00108 \times 100}{50 \times 5,02} = 0,89,$$

$$X_3 = \frac{0,89 \times 100}{100 - 93,1} = 12,90.$$

*Вывод:* в испытуемом образце переходного осокового торфа содержание обменных форм кальция, равное 34,93 % и магния, равное 12,90 % характерно для переходных торфов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что является основным источником накопления катионов кальция и магния в торфе?
2. Как распределяется содержание кальция и магния в торфе в зависимости от его типа и вида?
3. Какие виды связи катионов кальция и магния в торфе существуют?
4. Какие методы определения содержания кальция в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
5. Для чего добавляется триэтаноламин при определении обменного кальция и магния?
6. Как происходит изменение окраски при определении обменного кальция с мурексидом?
7. Для чего при определении кальция добавляют щелочь?
8. Какие методы определения содержания магния в торфе существуют, в чем заключается сущность методов и их отличия друг от друга?
9. Как происходит изменение окраски при определении обменного магния с хром кислотным темно-синим?
10. Для чего при определении магния добавляют сульфид натрия и гидроксилламин?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Авдонин Н.С. Агрохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 344 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 492 с.
3. Базин Е.Т., Женихов Ю.Н., Макурина З.М. Использование торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве (физико-химические свойства торфа и торфяных залежей): Учеб. пособие. – Калинин: КГУ, 1982. – 100 с.
4. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. и др. Технический анализ торфа. – М.: Недра, 1992. – 431 с.
5. ГОСТ 27894.0-88 – ГОСТ 27894.11-88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы анализа. М., 1989.
6. Денисенков В.П. Основы болотоведения: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2000. – 224 с.
7. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 120 с.
8. Ларгин И.Ф., Львов Ю.А., Язвин Л.Г. Торфяные месторождения Томской области и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Недра, 1971. – 55 с.
9. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. – 320 с.
10. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Косов В.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей. – Минск: Наука и техника, 1985. – 238 с.
11. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
12. Никонов М.Н., Фатчихина О.Е., Горшков Л.А., Кочер С.Г., Кац П.С. Торф в сельском хозяйстве. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 168 с.
13. Перов Н.П., Крупнов Р.А. Использование торфа в народном хозяйстве. – Калинин: КГУ, 1982. – 84 с.
14. Пичугин А.В. Торфяные месторождения. – М.: Высшая школа, 1967. – 275 с.
15. Пьявченко Н.И. Использование заболоченных земель в сельском хозяйстве. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 78 с.

16. Справочник по торфу. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 319 с.
17. Тишкович Н.В. Свойства торфа и эффективность его использования на удобрения. – Минск: Наука и техника, 1978. – 152 с.
18. Тишкович А.В., Шныриков В.Г., Зубовский В.С. Природа торфа и эффективность удобрений на его основе. – Минск: Наука и техника, 1987. – 140 с.
19. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 221 с.
20. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. и др. Практикум по агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.



## 8. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ТОРФА

### Теоретическая часть

При образовании торфа растения после отмирания попадают в сильно увлажненную, бедную кислородом среду. Здесь они не разлагаются полностью, как в минеральных почвах, а только частично с образованием простых минеральных соединений ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HNO_3$  и т.д.), их остатки из года в год накапливаются, образуя органическое вещество торфа. Процессы превращения растительных остатков в торфяной почве вызываются различными факторами, а в частности: 1) химическими изменениями растительных остатков под влиянием воды и воздуха при участии ферментов, находящихся в растительных остатках, и под влиянием минеральных катализаторов; 2) изменениями, вызываемые деятельностью микроорганизмов. Сущность преобразования растительных остатков в органическую массу торфа состоит в разрушении биохимически неустойчивых групп растений и синтеза (образования) новых, более устойчивых в данных условиях. На интенсивность процесса разложения органического вещества влияют многие факторы, среди которых важное значение имеет природа растений. Например, из всех растений-торфообразователей наиболее интенсивно разлагается пушица (за 6 месяцев теряется 67–72 % сухого вещества). За этот же период сфагновый мох теряет только 4 % сухого вещества, что связано с содержанием в этих растениях фенолов-антисептиков.

Органическое вещество является главной составной частью торфа. Характер изменений органического вещества при торфообразовании наглядно отражает элементный состав торфа (табл. 8). С увеличением степени разложения торфа в нем увеличивается содержание углерода, водорода, серы и азота и уменьшается количество кислорода.

При изучении химического состава торфа различают следующие его части: битумы, растворимые в воде вещества, гуминовые кислоты и их соли, клетчатку, лигнин. Более подробная идентификация органических веществ торфа разделяет их на следующие составные части:

- неизменные органические вещества торфа (то есть те, которые содержатся в растениях-торфообразователях): углеводы (целлюлоза и гемицеллюлоза); лигнин; аминокислоты и их производные; дубильные вещества; протобитумы; ферменты.

- органические продукты торфообразования: гумусовые вещества; вещества, сопутствующие гумусу; комплексы уроновых кислот (новообразования, полученные благодаря деятельности микроорганизмов); флобафены (образования из дубильных веществ); белковые вещества (продукты жизнедеятельности организмов).

Для изучения природы органического вещества торфа обычно используют данные элементного анализа и группового состава органической части торфов. Сущностью группового анализа органического вещества торфа является количественное определение отдельных его групп, относящихся к конкретным классам соединений. Для этих целей используют способность этих групп раство-

ряться в тех или иных экстрагентах. Битумы, например, экстрагируют органическими растворителями – эфиром, бензолом, бензином и т.п.; гуминовые вещества – щелочными растворами; углеводный комплекс чаще всего выделяют посредством гидролиза минеральными кислотами, горячей водой и т.д.

Таблица 8

Элементный состав органического вещества разных типов торфа  
(Лиштван И.И., Базин Е.Т., 1989)

Тип торфа	Элемент	Состав торфа (в % на горючую массу)	
		Средние значения	Пределы изменения
Низинный	C	58,00	52,70–63,80
	H	5,80	4,70–7,00
	O	33,80	24,73–39,52
	S	0,52	0,02–6,65
	N	2,60	0,50–4,00
Переходный	C	58,60	49,90–65,10
	H	6,00	4,80–6,00
	O	32,85	26,22–43,28
	S	0,35	0,12–4,26
	N	2,20	0,90–3,40
Верховой	C	56,00	48,00–64,80
	H	5,90	5,10–7,30
	O	36,41	26,42–45,17
	S	0,19	0,06–2,52
	N	1,50	0,60–3,60

Существует несколько методов изучения группового состава органического вещества торфов, из которых наиболее часто используемыми являются: метод Инсторфа, Драгунова, Пономарёвой, Ефимова и Бамбалова, которые отличаются друг от друга последовательностью выделения отдельных групп органического вещества, а также составом и концентрацией применяемых растворителей. Остановимся на методе Бамбалова (рис. 11).

В целом, если сравнить три типа залежей (табл. 9) можно отметить, что органическая масса переходных торфов отличается от верховых и низинных значительным накоплением битумов. Это объясняется накоплением их в кустарничках – типичных торфообразователях этих торфов. По содержанию гумусовых веществ и веществ, гидролизующихся кислотой, переходные торфяные почвы занимают промежуточное положение между верховыми и низинными. Главное принципиальное отличие состава органического вещества верховых торфов от низинных заключается в значительном накоплении гуминовых кислот в последних.

Характер гумусообразования в торфяных почвах определяется не только ботаническим составом, но и длительностью процесса торфообразования.

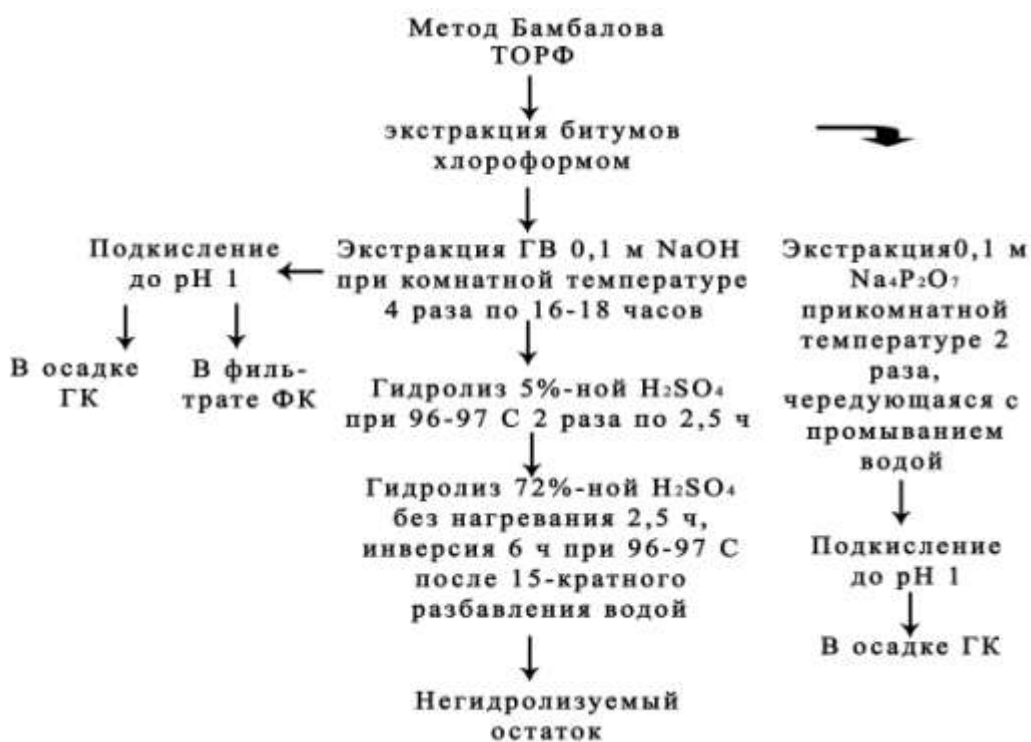


Рис. 11. Схема исследования группового состава органического вещества торфа по методу Н.Н. Бамбалова

Таблица 9

Групповой состав органического вещества разных типов торфа

Тип торфа	Групповой химический состав органической части торфа (в % на органическую массу)		
	Название групп	Средние значения	Пределы изменения
Низинный	Битумы	4,2	1,2–12,5
	Водорастворимые и легко- гидролизуемые вещества	25,2	9,2–45,8
	Гуминовые кислоты	40,2	18,6–55,5
	Фульвокислоты	15,5	5,0–27,9
	Целлюлоза	2,4	0–9,0
	Лигнин	12,3	3,3–26,2
Переходный	Битумы	6,6	2,2–13,7
	Водорастворимые и легко- гидролизуемые вещества	23,9	6,9–51,5
	Гуминовые кислоты	37,8	11,7–52,5
	Фульвокислоты	15,7	8,6–33,2
	Целлюлоза	3,6	0–15,8
	Лигнин	11,4	1,9–23,9
Верховой	Битумы	7,0	1,2–17,7
	Водорастворимые и легко- гидролизуемые вещества	35,8	9,0–63,1
	Гуминовые кислоты	24,7	4,6–49,9
	Фульвокислоты	16,6	10,0–30,4
	Целлюлоза	7,3	0,7–20,7
	Лигнин	7,4	0–21,1

Согласно данным ЮНЕСКО более половины органического вещества природных экосистем нашей планеты содержится в виде гумусовых веществ – сложного комплекса природных органических гетерополимеров, различающихся молекулярными размерами и мономерным составом. Гумусовые вещества в значительной мере обеспечивают многие токсикопротекторные функции экосистем, связывая и инактивируя пестициды, гербициды, тяжёлые металлы, полициклические углеводороды и другие экотоксиканты.

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. Все большее значение начинает принимать применение гуминовых кислот торфа в медицинской практике в качестве антигрибковых, противовоспалительных, ранозаживляющих, ноотропных средств и в качестве биогенных стимуляторов.

**Цель занятия:** Освоить методы определения общего выхода и выхода свободных гуминовых кислот торфа.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №24**

### **Определение общего выхода гуминовых кислот**

Сущность метода заключается в обработке аналитической пробы торфа щелочным раствором пирофосфата натрия, последующей экстракции пробы раствором гидроксида натрия, осаждении гуминовых кислот избытком минеральной кислоты и определении массы полученного осадка.

#### **Экстракция гуминовых кислот**

##### **Материалы и оборудование:**

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Колбы конические вместимостью 250 и 1000 мл; цилиндр на 100 мл.
3. Центрифуга лабораторная, обеспечивающая минимальную скорость вращения  $210 \text{ с}^{-1}$ .
4. Аппарат для механического встряхивания (встряхиватель).
5. Баня водяная.
6. Гидроксид натрия, 1 %-ный раствор. Растворяют 10 г гидроксида натрия в воде и доводят до 1000 мл дистиллированной водой.
7. Пирофосфат натрия, щелочной раствор. 44,6 г пирофосфорнокислого натрия и 4 г гидроксида натрия растворяют в 1000 мл воды.

**Ход работы.** Навеску пробы торфа массой 1,0 г в пересчете на сухую беззольную массу помещают в коническую колбу А вместимостью 250 мл, приливают 100 мл щелочного раствора пирофосфата натрия и перемешивают в течение 1 ч с помощью механического встряхивателя (рис. 12.1).

Суспензию центрифугируют (рис. 12.2) в течение 15 мин при  $210 \text{ с}^{-1}$ . Раствор декантируют, собирая в коническую колбу В вместимостью 1000 мл. Нераство-

рившийся остаток промывают два раза по 100 мл раствора гидроксида натрия. Центрифугируют суспензию после каждого промывания, собирая промывной раствор в колбу В.



Рис. 12. Оборудование для определения выхода гуминовых кислот: 1 - аппарат для механического встряхивания (встряхиватель); 2 - центрифуга лабораторная.

Промытый остаток переносят в колбу А, добавляют 100 мл раствора гидроксида натрия и нагревают в течение 2 ч на кипящей водяной бане (рис. 13). После охлаждения до комнатной температуры содержимое колбы А центрифугируют в течение 15 мин при  $210 \text{ с}^{-1}$ . Раствор декантируют и собирают в колбу В. Нерастворившийся остаток промывают дважды по 100 мл раствора гидроксида натрия. Центрифугируют суспензию после каждого промывания, собирая промывной раствор в колбу В.



Рис. 13. Нагревание гуминовых кислот на кипящей водяной бане

### Осаждение гуминовых кислот

#### Оборудование и реактивы:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Шкаф сушильный, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева  $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Центрифуга лабораторная, обеспечивающая минимальную скорость вращения  $210 \text{ c}^{-1}$ .
4. Колбы мерные на 500 мл; цилиндр на 100 мл; воронки стеклянные; пипетки стеклянные на 100 мл; стакан на 250 мл; бюксы; эксикатор; фильтры синей ленты.
5. Кислота соляная, 5 %-ный раствор.

**Ход работы.** Содержимое колбы В фильтруют (рис. 14) в мерную колбу вместимостью 500 мл и доводят до метки водой. Отбирают пипеткой 100 мл фильтрата и переносят в стакан, затем туда добавляют 60 мл соляной кислоты для осаждения гуминовых кислот. Суспензию центрифугируют или фильтруют. После центрифугирования раствор отделяют декантацией и промывают осадок

гуминовых кислот водой. Промывание осадка ведут до начала пептизации гу-миновых кислот, которую определяют по появлению слабой желтой окраски (образование геля или коллоида). К коллоидному раствору добавляют 5 мл со-ляной кислоты для дополнительного осаждения гуминовых кислот.



Рис. 14. Фильтрование щелочной вытяжки из торфа

Общий осадок гуминовых кислот фильтруют через беззольный фильтр, предвари-тельно высушенный в сушильном шкафу до постоянной массы  $(90\pm 5)^\circ\text{C}$ . Фильтр с осадком гуминовых кислот помещают во взвешенную бюксу, пред-варительно высушенную в сушильном шкафу до постоянной массы  $(90\pm 5)^\circ\text{C}$ . Бюксу с осадком на фильтре сушат при температуре  $(90\pm 5)^\circ\text{C}$  в течение 1 ч.

### Определение выхода гуминовых кислот

#### Материалы и оборудование:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Шкаф сушильный, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева  $(90\pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Печь муфельная, обеспечивающая устойчивую температуру нагрева  $(600\pm 25)^\circ\text{C}$ .
4. Тигли; эксикатор.

**Ход работы.** Бюксу вынимают из сушильного шкафа, охлаждают сначала 5 мин на воздухе, затем в эксикаторе с соответствующим осушителем и взве-шивают. Контрольные высушивания, охлаждения и взвешивания проводят до

тех пор, пока разность масс при двух последовательных взвешиваниях будет не более 0,001 г. Учитывая массу бюкса и фильтра, определяют массу осадка. Высушенный фильтр с осадком переносят в предварительно прокаленный в муфельной печи при температуре (600±25)°С до постоянной массы и взвешенный тигель и озоляют при температуре (600±25)°С в течение 1-2 ч. Тигель вынимают из муфельной печи, охлаждают сначала 5 мин на воздухе, затем в эксикаторе с соответствующим осушителем и взвешивают. Контрольные прокаливания при той же температуре в течение 15 мин, охлаждения и взвешивания проводят до тех пор, пока разность масс при двух последовательных взвешиваниях будет не более 0,001 г. Учитывая массу тигля, определяют массу осадка. Результаты определения общего выхода гуминовых кислот торфа заносят в журнал (прил. 11).

*Приложение 11*

**Форма записи результатов определения общего выхода гуминовых кислот торфа**

Объект	W <sup>a</sup> , %	A <sup>a</sup> , %	m <sub>3</sub> , г (масса навески торфа)	m, г (масса органического вещества торфа)	V, мл (общий объем гуматов)	V <sub>1</sub> , мл (объем аликвоты гуматов)	m <sub>б+ф</sub> , г (масса абс.сух. бюкса с фильтром)	m <sub>б+ГК</sub> , Г			m <sub>1</sub> , Г (масса сухих ГК)	m <sub>т</sub> , Г (масса прокал. тигля)	m <sub>т+ГК</sub> , Г			m <sub>2</sub> , Г (масса золы ГК)	Выход ГК, %
								1° взвеш.	2° взвеш.	контр. взвеш.			1° взвеш.	2° взвеш.	контр. взвеш.		

*Пример.* Для определения содержания общего выхода гуминовых кислот взят образец низинного осокового торфа. Влажность образца (W<sup>a</sup>) составляет 21,80 %. Зольность (A<sup>a</sup>)=10,40 %. Масса навески (m<sub>3</sub>)=1,50 г. Таким образом, масса навески торфа в расчете на сухое беззольное (m) состояние будет составлять:

$$m = 1,5 \times \frac{100 - 21,8 + 10,4}{100} = 1,02 \text{ г}$$

В результате определения общего выхода гуминовых кислот получен щелочной фильтрат общим объемом (V)=500 мл, из которых 100 мл было взято на осаждение гуминовых кислот (V<sub>1</sub>). После высушивания осажденных гуминовых кислот их масса (m<sub>1</sub>)=0,0662 г, а после прокаливания масса золы гуминовых кислот составила (m<sub>2</sub>)=0,0002 г.

Общую массовую долю гуминовых кислот (X) в пересчете на сухое беззольное вещество вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2 \times V \times 100}{V_1 \times m}, \quad (25)$$

где m<sub>1</sub> – масса сухих гуминовых кислот, г; m<sub>2</sub> – масса золы гуминовых кислот, г; V – общий объем щелочного раствора, мл; V<sub>1</sub> – объем аликвоты щелочного раствора, взятого для осаждения гуминовых кислот, мл; m – масса навески торфа в расчете на сухое беззольное состояние, г, вычисленная по формуле:

$$m = m_3 \times \frac{100 - W^a + A^a}{100}, \quad (26)$$



где  $m_3$  – масса навески торфа, г;  $W^a$  – массовая доля аналитической влаги в торфе, %;  $A^a$  – зольность аналитической пробы торфа, %.

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

Таким образом, выход гуминовых кислот ( $X$ , %) составил:

$$X = \frac{0,0662 - 0,0002 \times 0,5 \times 100}{0,1 \times 1,02} = 32,35\%$$

*Вывод:* в испытуемом образце низинного осокового торфа общий выход гуминовых кислот составляет 32,35 %, что характерно для низинных торфов.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №25

### Определение выхода свободных гуминовых кислот

Сущность метода заключается в однократной экстракции гуминовых кислот из аналитической пробы 1 %-ным раствором гидроксида натрия при нагревании, последующем осаждении гуминовых кислот избытком соляной кислоты и определению массы полученного осадка.

#### Экстракция гуминовых кислот

##### Материалы и оборудование:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Колбы конические вместимостью 250 и 500 мл; цилиндр на 100 мл.
3. Центрифуга лабораторная, обеспечивающая минимальную скорость вращения  $210 \text{ с}^{-1}$ .
4. Баня водяная.
6. Гидроксид натрия, 1 %-ный раствор. Растворяют 10 г гидроксида натрия в воде и доводят до 1000 мл дистиллированной водой.

**Ход работы.** Навеску пробы торфа массой 2 г в пересчете на сухую беззольную массу помещают в коническую колбу А вместимостью 250 мл, приливают 100 мл 1 % раствора гидроксида натрия и нагревают на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения до комнатной температуры содержимое колбы А центрифугируют в течение 15 мин при  $210 \text{ с}^{-1}$ . Раствор декантируют, собирая в коническую колбу В вместимостью 500 мл. Нерастворившийся остаток промывают два раза по 100 мл раствора гидроксида натрия. Центрифугируют суспензию после каждого промывания, собирая промывной раствор в колбу В.

#### Осаждение гуминовых кислот

##### Материалы и оборудование:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Шкаф сушильный, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева  $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Центрифуга лабораторная, обеспечивающая минимальную скорость вращения  $210 \text{ с}^{-1}$ .

4. Колбы мерные на 500 *мл*; цилиндр на 100 *мл*; воронки стеклянные; пипетки стеклянные на 100 *мл*; стакан на 250 *мл*; бюксы; эксикатор; фильтры синей ленты.

5. Кислота соляная, 5 %-ный раствор.

**Ход работы.** Содержимое колбы В фильтруют в мерную колбу вместимостью 500 *мл* и доводят до метки водой. Отбирают пипеткой 100 *мл* фильтрата и переносят в стакан, затем туда добавляют 60 *мл* соляной кислоты для осаждения гуминовых кислот. Суспензию центрифугируют или фильтруют. После центрифугирования раствор отделяют декантацией и промывают осадок гуминовых кислот водой. Промывание осадка ведут до начала пептизации гуминовых кислот, которую определяют по появлению слабой желтой окраски (образование геля или коллоида). К коллоидному раствору добавляют 5 *мл* соляной кислоты для дополнительного осаждения гуминовых кислот.

Общий осадок гуминовых кислот фильтруют через беззольный фильтр, предварительно высушенный в сушильном шкафу до постоянной массы ( $90\pm 5$ )°С. Фильтр с осадком гуминовых кислот помещают во взвешенную бюксу, предварительно высушенную в сушильном шкафу до постоянной массы ( $90\pm 5$ )°С. Бюксу с осадком на фильтре сушат при температуре ( $90\pm 5$ )°С в течение 1 ч.

### Определение выхода гуминовых кислот

#### Материалы и оборудование:

1. Весы аналитические с погрешностью взвешивания не более 0,0002 г.
2. Шкаф сушильный, обеспечивающий устойчивую температуру нагрева ( $90\pm 5$ )°С.
3. Печь муфельная, обеспечивающая устойчивую температуру нагрева ( $600\pm 25$ )°С.
4. Тигли; эксикатор.

**Ход работы.** Бюксу вынимают из сушильного шкафа, охлаждают сначала 5 мин на воздухе, затем в эксикаторе с соответствующим осушителем и взвешивают. Контрольные высушивания, охлаждения и взвешивания проводят до тех пор, пока разность масс при двух последовательных взвешиваниях будет не более 0,001 г. Учитывая массу бюкса и фильтра, определяют массу осадка.

Высушенный фильтр с осадком переносят в предварительно прокаленный в муфельной печи при температуре ( $600\pm 25$ )°С до постоянной массы и взвешенный тигель и озоляют при температуре ( $600\pm 25$ )°С в течение 1-2 ч. Тигель вынимают из муфельной печи, охлаждают сначала 5 мин на воздухе, затем в эксикаторе с соответствующим осушителем и взвешивают. Контрольные прокаливания при той же температуре в течение 15 мин, охлаждения и взвешивания проводят до тех пор, пока разность масс при двух последовательных взвешиваниях будет не более 0,001 г. Учитывая массу тигля, определяют массу осадка.

Результаты определения выхода свободных гуминовых кислот торфа заносят в журнал (прил. 12).

*Приложение 12*

**Форма записи результатов определения выхода свободных гуминовых кислот торфа**

Объект	$W^a, \%$	$A^a, \%$	$m_3, \text{ г}$ (масса навески торфа)	$m, \text{ г}$ (масса органического вещества торфа)	$V, \text{ мл}$ (общий объем гуматов)	$V_1, \text{ мл}$ (объем аликвоты гуматов)	$m_{б+ф}, \text{ г}$ (масса абс.сух. бюкса с фильтром)	$m_{б+ГК}, \text{ г}$			$m_1, \text{ г}$ (масса сухих ГК)	$m_2, \text{ г}$ (масса прокал. тигля)	$m_{г+ГК}, \text{ г}$			$m_2, \text{ г}$ (масса золы ГК)	Выход ГК, %
								1° взвеш.	2° взвеш.	контр. взвеш.			1° взвеш.	2° взвеш.	контр. взвеш.		

*Пример.* Для определения выхода свободных гуминовых кислот взят образец верхового сосново-пушицевого торфа. Влажность образца ( $W^a$ ) составляет 20,40 %. Зольность ( $A^a$ )=5,20 %. Масса навески ( $m_3$ )=2,70 г. Таким образом, масса навески торфа в расчете на сухое беззольное ( $m$ ) состояние будет составлять:

$$m = 2,7 \times \frac{100 - 20,4 + 5,2}{100} = 2,01 \text{ г}$$

В результате определения общего выхода гуминовых кислот получен щелочной фильтрат общим объемом ( $V$ )=500 мл, из которых 100 мл было взято на осаждение гуминовых кислот ( $V_1$ ). После высушивания осажденных гуминовых кислот их масса ( $m_1$ )=0,0611 г, а после прокалывания масса золы гуминовых кислот составила ( $m_2$ )=0,0001 г.

Общую массовую долю гуминовых кислот ( $X$ ) в пересчете на сухое беззольное вещество вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2 \times V \times 100}{V_1 \times m}, \quad (27)$$

где  $m_1$  – масса сухих гуминовых кислот, г;  $m_2$  – масса золы гуминовых кислот, г;  $V$  – общий объем щелочного раствора, мл;  $V_1$  – объем аликвоты щелочного раствора, взятого для осаждения гуминовых кислот, мл;  $m$  – масса навески торфа в расчете на сухое беззольное состояние, г, вычисленная по формуле:

$$m = m_3 \times \frac{100 - W^a + A^a}{100}, \quad (28)$$

где  $m_3$  – масса навески торфа, г;  $W^a$  – массовая доля аналитической влаги в торфе, %;  $A^a$  – зольность аналитической пробы торфа, %.

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

Таким образом, выход гуминовых кислот ( $X, \%$ ) составил:

$$X = \frac{0,0611 - 0,0001 \times 0,5 \times 100}{0,1 \times 2,01} = 15,17\%$$

**Вывод:** в испытуемом образце верхового сосново-пушицевого торфа выход свободных гуминовых кислот составляет 15,17 %, что характерно для верховых типов торфа.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается механизм образования торфа, какие факторы влияют на процессы превращения растительных остатков?
2. Какие основные группы составляют органическое вещество торфа?
3. Что из себя представляет анализ группового состава органического вещества торфа? Какие существуют методы его определения и в чем их отличие?
4. Как различаются разные типы торфа по содержанию органического вещества?
5. Как зависит содержание гуминовых веществ в зависимости от вида и типа торфа, что является причиной неодинакового содержания гуминовых кислот в разных торфах?
6. В чем заключается сущность метода определения общего выхода гуминовых кислот торфа?
7. В чем заключается сущность метода определения выхода свободных гуминовых кислот торфа?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н.С. Агрохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 344 с.
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1993. – 206 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 492 с.
4. Базин Е.Т., Женихов Ю.Н., Макурина З.М. Использование торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве (физико-химические свойства торфа и торфяных залежей): Учеб. пособие. – Калинин: КГУ, 1982. – 100 с.
5. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. и др. Технический анализ торфа. – М.: Недра, 1992. – 31 с.
6. Гумус и биологическая аккумуляция элементов в почве. Записки ленинградского сельскохозяйственного института. – Том. 105. – Вып. 1. – Л., 1966. – 108 с.
7. Дементьева Т.В. Характеристика органического вещества торфа и оценка его биохимической устойчивости как основа рационального использования торфяных почв: Автореф. дисс. ... канд.с.-х. наук. – Томск, 2000. – 19 с.
8. Денисенков В.П. Основы болотоведения: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. – 224 с.
9. Дергачёва М.И. Органическое вещество почв: статистика и динамика. – Новосибирск: Наука, 1982. – 72 с.
10. Ершов Е.Ю. Органическое вещество биосферы и почвы. – Новосибирск: Наука, 2004. – 104 с.
11. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 120 с.
12. Камнева А.И., Платонов В.В. Теоретические основы химической технологии горючих ископаемых: Учебник для вузов. – М.: Химия, 1990. – 288 с.
13. Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 176 с.
14. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
15. Ларгин И.Ф., Львов Ю.А., Язвин Л.Г. Торфяные месторождения Томской области и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Недра, 1971. – 55 с.
16. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. – 320 с.
17. Лиштван И.И., Круглицкий Н.Н., Тритинник В.Ю. Физико-химическая механика гуминовых веществ. – Минск: Наука и техника, 1976. – 263 с.
18. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Косов В.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей. – Минск: Наука и техника, 1985. – 238 с.

19. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
20. Маль С.С. Углеводы и азотсодержащие вещества торфа. – Минск.: Наука и техника, 1982. – 231 с.
21. ГОСТ 9517-94 (ИСО 5073-85). Методы определения выхода гуминовых кислот. Межгосударственный стандарт. – Минск, 1996.
22. Никонов М.Н., Фатчихина О.Е., Горшков Л.А., Кочер С.Г., Кац П.С. Торф в сельском хозяйстве. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 168 с.
23. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.
24. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
25. Перов Н.П., Крупнов Р.А. Использование торфа в народном хозяйстве. – Калинин: КГУ, 1982. – 84 с.
26. Пичугин А.В. Торфяные месторождения. – М.: Высшая школа, 1967. – 275 с.
27. Пьявченко Н.И. Использование заболоченных земель в сельском хозяйстве. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 78 с.
28. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. – М.: Недра, 1978. – 231 с.
29. Рейт Т. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
30. Справочник по торфу. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 319 с.
31. Тишкович Н.В. Свойства торфа и эффективность его использования на удобрения. – Минск: Наука и техника, 1978. – 152 с.
32. Тишкович А.В., Шныриков В.Г., Зубовский В.С. Природа торфа и эффективность удобрений на его основе. – Минск: Наука и техника, 1987. – 140 с.
33. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 221 с.
34. Ягодин Б.А., Дерюгин И.П., Жуков Ю.П. и др. Практикум по агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

## 9. ДРУГИЕ БОЛОТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

**Теоретическая часть:** *Болотно-озерная гажа.* При преобладании в питании болот поверхностно-сточных вод, приносящих большое количество кластогенного материала, формируются высокозольные ( $A_c > 50\%$ ) песчано-глинистые торфяные отложения. Состав зольной части находится в прямой зависимости от петрографических особенностей пород областей питания торфяной залежи. Так, на территории Сибири широко развиты карбонатные породы и, как следствие, гидрокарбонатные грунтовые воды с повышенным содержанием  $Ca^{++}$  (до 300 мг/л). В местах их разгрузки формируются известковые разности торфов и мономинеральные известковые образования (гажа, мергели), залегающие в торфе. Количество  $CaO$  в них составляет 20–30%, повышаясь до 44%, что отвечает почти 80%  $CaCO_3$ .

Месторождения и проявления болотно-озерной гажы известны в Омской, Томской, Тюменской, Новосибирской областях, Алтайском крае и образуют залежи мощностью от 0,5 до 3 м (см. табл. ).

Таблица

Ресурсы и запасы болотных фосфатов Западной Сибири

Область, край	Разведанные запасы А и $C_2$ (тыс. т) при влажности 40%	Прогнозные ресурсы $P_1+P_3$ (тыс. т)
Новосибирская	A – 2075	20570
Омская	B + $C_1$ – 250, $C_1 + C_2$ – 527	23700
Тюменская	-	217635
Томская	A – 606, $C_2$ - 45	42800
Кемеровская	-	3700
Алтайский	A – 792, $C_2$ - 9789	1520

Основной карбонатный минерал гажы – кальцит (70-90%). Содержание магнезита не превышает 3,5%. Содержание  $CaCO_3$  изменяется в пределах 22–94%. Гажа – высококачественный природный мелиорант, что подтверждается многолетним опытом ее использования для подщелачивания кислых почв.

*Торфовиваниты.* В областях распространения повышенно-фосфатных пород промывающие их подземные и поверхностные воды обогащаются соединениями фосфора (более 1 мг/л  $P_2O_5$ ). Эти воды, проступающие в торфяную залежь, привносят фосфор и способствуют образованию болотных фосфатов в виде виванита  $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$  (см рис. ).



Рис. Вивианитовый торф

Последние представляют особый интерес с точки зрения использования их в качестве фосфорсодержащих удобрений. По содержанию фосфора (в пересчете на  $P_2O_5$ ) выделяют: вивианитовые торфа (0,5–2,5%), торфовивианиты (2,5–15%) и вивианиты (более 15%), которые образуют в торфяной залежи линзы, прослой, пласты мощностью до 2–3 м.

Болотные фосфаты открыты в Тюменской, Омской, Кемеровской, Новосибирской, Томской областях и Алтайском крае. Ресурсы и запасы выявленных болотных фосфатов составляют 324 млн.т. Даже если в среднем содержание  $P_2O_5$  в них составит 1% (3,2 млн. т), то имеющиеся запасы  $P_2O_5$  могут быть использованы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур Сибири.

*Сапропели.* Для территории Сибири характерен процесс интенсивного образования сапропелевых отложений. Это уникальные по составу органоминеральные современные озерные отложения, содержащие белки, жиры, витамины, стимуляторы роста, ферменты, гормоны, антибиотики. Кроме того, они содержат большой набор макро- и микроэлементов.

Ресурсы сапропеля в Сибири изучены слабо. Вместе с тем, в Сибири насчитывается десятки тысяч озер, распределенных по площади неравномерно (см. рис. ).



Рис. Озеро Быковское на Васюганском болоте

В Сибири выявлено и разведано 746 месторождений и проявлений сапропеля (12% от месторождений РФ), общая площадь отложений которого составляет 73717,2 га или 14,2% от площади в РФ. Сапропелевые ресурсы Сибири, включающие запасы категории  $A_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  и прогнозные ресурсы, характеризуются запасами 592877 тыс. т. Балансовые запасы сапропеля ( $A_1+C_1+C_2$ ) составляют 83% от общих запасов Сибири.

Все природное разнообразие сапропелевых отложений делится на 3 типа и 6 классов. Тип сапропеля определяет генезис его образования: биогенный – отложение осадка происходит преимущественно за счет отмирания растительного и животного мира самого озера; кластогенный – осадок формируется при господствующей роли привноса терригенного материала и смешанный – когда наряду с биогенной массой в формировании осадка значительная роль принадлежит геохимическим процессам. Сапропели могут быть органические, кремнистые, силикатные, карбонатные, железистые и органо-силикатные.

В Сибири из разведанных сапропелевых ресурсов приоритет принадлежит карбонатным сапропелям (до 54%). Значительно меньше одного из наиболее ценных ресурсов сапропелей – органического (6%).

Сапропели – сложные органические, органоминеральные и минеральные комплексы веществ. Содержание органического вещества в сапропелях различных типов варьирует от 15 до 95% на сухое вещество. Гуминовые кислоты сапропелей являются соединениями алифатической структуры. Содержание гуминовых кислот в сапропелях варьирует в широких пределах: от 6% до 70% на органическое вещество. Гидролизаты представлены аминокислотами. В сапропелях различных типов обнаруживается от 6 до 60% легкогидролизуемых веществ. Содержание трудногидролизуемых веществ в составе органического вещества сапропелей составляет 5-17%, а содержание негидролизуемого остатка колеблется в пределах 7-60%. Отличительная особенность сапропеля – высокое (до 6%) содержание азота. Он на 30-35% входит в состав аминокислот. Преимущественно белковое происхождение азота сапропелей обуславливает присутствие незаменимых аминокислот (лизин, метионин, цистеин, триптофан, и другие).

Многие организмы, обильно заселяющие отложения сапропелей, синтезируют витамины, ауксины, ферменты и другие биологически активные вещества. В значительных количествах содержатся витамины группы В ( $B_1$ - $B_3$ ,  $B_6$  и  $B_{12}$ ). Найдены витамины Е, С, Д, Р, каротиноиды. Количество бетакаротина (провитамина А) достигает 178 мг/кг сухого вещества. Микробное население сапропелей выделяет антибиотики, обладающие способностью подавлять действие патогенных микроорганизмов.

Важный путь использования сапропелей, который уже сегодня имеет производственный выход – это применение их в качестве лечебных грязей. Сапропель используется и в других направлениях.

**Цель занятия:** рассмотреть свойства и использование болотных образований на примере Сибирского региона.



**Материалы и оборудование:** теоретический материал главы 9 Большого Практикума.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №26**

Предложенные Вам образцы торфа содержат фосфор в пределах 2,3 %, СаО 12%. К какой группе торфов относятся данные образцы? Предложите возможную область их применения.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Перечислить все типы болотных образований
2. Дать понятие терминам: «гажа», «вивианиты»
3. Охарактеризуйте сапропелевые отложения Западной Сибири

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Торфовивианиты Западной Сибири (опыт прогнозирования поисков, разведки и применения в сельском хозяйстве). Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983.
2. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Сапропели: состав, свойства, применение. М.: Изд-во "Рома", 1998.

## 10. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФОВ

**Теоретическая часть:** Ферменты (энзимы) – вещества белковой природы, способные в сотни раз ускорять биохимические процессы. Эффективность ферментов высока: 1 молекула катализирует превращение  $10^2$ - $10^6$  молекул субстрата в 1 мин. Ферменты торфяных почв представляют собой смесь ферментов различного происхождения, поступающих из микроорганизмов, водорослей, лишайников, корней высших растений, почвенной мезофауны. Многие исследователи считают основными источниками ферментов в почве микроорганизмы.

Иммобилизованные торфом ферменты становятся стабильными катализаторами протекающих в нем биохимических процессов.

Ферменты делятся на шесть классов:

1. Оксидоредуктазы – катализируют окислительно-восстановительные реакции, перенос электронов и перенос атома водорода;
2. Трансферазы – катализируют реакции переноса групп;
3. Гидролазы – катализируют при участии водорода расщепление различных сложных органических соединений на более простые;
4. Лиазы – катализируют реакции негидролитического отщепления каких-либо групп от субстратов
5. Изомеразы – катализируют превращение органических соединений в их изомеры;
6. Лигазы (синтетазы) – катализируют присоединение двух молекул друг к другу, сопряженное с расщеплением пиррофосфатной связи в АТФ или другого аналогичного трифосфата.

В данной работе определим активность фермента инвертазы, который относится к классу гидролаз и участвует в разложении сахарозы на глюкозу и фруктозу по уравнению:

Инвертазная активность будет иметь разную активность в разных торфах. Согласно данным Л.И. Инишевой с соавт. Одноименные по ботаническому составу группы торфов верхового и низинного типов в среднем характеризуются одинаковой инвертазной активностью за исключением торфов моховой группы. В целом изменение активности инвертазы в верховых торфах происходит от 0,00 до 143,29 мг глюкозы за 4 ч на 1 г (далее – ед.) при средних пределах 22,57 – 106,36 ед.; в низинных соответственно 0,00 – 346,93 и 21,83 – 74,55 ед. Таким образом, разброс значений активности инвертазы больше в низинных торфах, но большая ее активность проявляется в верховых и, особенно, в моховой груп-

пе торфов, где пределы средних (79,93 – 106,36 ед.) много выше, чем максимальный экстремум среднего в низинных торфах.

**Цель занятия:** познакомиться с методиками определения ферментативной активности торфов.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №27** **Определение активности инвертазы торфов**

**Задание:** определить инвертазную активность верхового и низинного торфа.

Определение активности ферментов основано на учете количества переработанного в процессе реакции субстрата или образующегося продукта реакции в оптимальных условиях температуры, рН среды, концентрации субстратов, величины навески торфа.

**Материалы и оборудование:** фотоколориметр, весы, термостат, водяная баня, штатив для пробирок, колбы с притертыми пробками на 50 мл, пробирки, пипетки на 1, 10 мл, фильтр белая лента.

Ход работы:

### 1. Приготовление реактивов:

1) 8 % раствор сахарозы: 8 г сахарозы растворяют в 92 мл дистиллированной воды.

2) Фосфатный буфер с рН 4,9: к 90 мл 1/15 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  приливают 3 мл 1/15 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , проверяют значение рН. При необходимости изменения рН до требуемого значения приливают 0,1 н. соляной кислоты или 0,1 н. КОН.

1/15 М  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ : 11,876 г  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  растворяют в 1 л дистиллированной воды.

1/15 М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ : 9,066 г  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  растворяют в 1 л дистиллированной воды.

0,1 н. КОН: 5,611 г КОН растворяют в 1 л дистиллированной воды.

0,1 н. HCl готовят из фиксанала.

3) 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.

Реактив готовится при комнатной температуре, хранится в темной склянке с притертой пробкой (его следует защищать от  $\text{CO}_2$ ). *Срок хранения реактива не более 7 дней.*

### 2. Приготовление холостого раствора:

В пробирку приливают 1 мл дистиллированной воды, добавляют 2 мл динитросалициловой кислоты, опускают пробирку в кипящую водяную баню на 5 мин, охлаждают и приливают 7 мл дистиллированной воды.

### 3. Приготовление стандартного раствора глюкозы:

Глюкозу предварительно высушивают под вакуумом при 50-58<sup>0</sup>С до постоянного веса. Навеску 0,5 г растворяют в 100 мл насыщенного раствора бензойной кислоты.

Титр стандартного раствора: 5 мг в 1 мл раствора.

#### 4. Построение калибровочной кривой :

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 капль толуола, перемешивают. К 1 мл смеси приливают 2 мл реактива динитросалициловой кислоты, пробирки нагревают в кипящей бане 5 мин, охлаждают, через 10-20 мин объем смеси доводят до 10 мл, хорошо перемешивают и колориметрируют при длине волны 508 нм против холостого раствора.

Полученные результаты заносят в таблицу и по ним строят калибровочный график.

Таблица

Данные для построения калибровочного графика,  $V_{\text{общ}}=10$  мл

№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем стандартного раствора, мл								
Концентрация глюкозы, мг/мл								
Оптическая плотность								

Титр стандартного раствора глюкозы – 5 мг/мл

#### 5. Приготовление анализируемого образца:

Навеску торфа (0,2 г воздушно-сухого (в.-с.) торфа) помещают в 50 мл колбочки с притертыми пробками, приливают 15 мл 8 %-ного раствора сахарозы, 5 мл фосфатного буфера с рН 4,9.

Параллельно готовят контрольные образцы:

1) 0,2 г торфа + 15 мл дистиллированной воды +5 мл фосфатного буфера с рН 4,9;

2) 15 мл 8 %-ного раствора сахарозы + 5 мл фосфатного буфера с рН 4,9 (без торфа).

В смеси добавляют по 3-4 капли толуола, содержимое колб тщательно перемешивают и ставят в термостат на 4 часа при температуре 37<sup>0</sup>С (рис 1).

После экспозиции растворы охлаждают, отфильтровывают от почвы, берут в пробирки по 1 мл фильтрата, добавляют 2 мл реактива динитросалициловой кислоты и нагревают в кипящей водяной бане в течение 5 мин, что останавливает действие фермента и способствует проявлению окраски (рис. 2).

Пробирки со смесью охлаждают, выдерживают 10-20 мин для полного окрашивания, доводят конечный объем до 10 мл, хорошо перемешивают стеклянной палочкой и колориметрируют при длине волны 508 нм в кювете 5 мм против холостого раствора (рис 3).

#### 6. Расчет результатов

При расчетах сумму показаний обоих контролей (1, 2) вычитают из показаний опытного раствора.

Активность инвертазы выражается в мг глюкозы на 1 г сухого торфа за 4 ч и вычисляют по формуле:

$$A = \frac{C_{\text{гл}} \cdot V \cdot k \cdot 10}{m \cdot V_a},$$

где  $A$  – потенциальная инвертазная активность, мг глюкозы за 4 часа на 1 г торфа;

$C_{гг}$  – концентрация глюкозы в опытном растворе, мг в 1 мл раствора

$$(C_{гг} = C_{оп} - C_{гг}^{1)} - C_{гг}^{2)});$$

$V$  – объем инкубируемой жидкости (до фильтрования), мл;

$V_a$  – объем аликвоты, мл;

$M$  – масса торфа;

$k$  – коэффициент пересчета на сухое вещество, для торфа;

$W$  – влажность торфа, %

$$k = \frac{100}{100 - W}$$

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. – Минск: Изд-во «Наука и техника», 1966. – 275 с.
2. Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: изд-во Том. Ун-та, 2003. – 122 с.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое ферментативная активность.
2. На какие классы делятся ферменты.
3. В каких реакциях участвуют ферменты, относящиеся к классу гидролаз?
4. Какие торфа характеризуются более высокой инвертазной активностью?

## 11. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФОВ

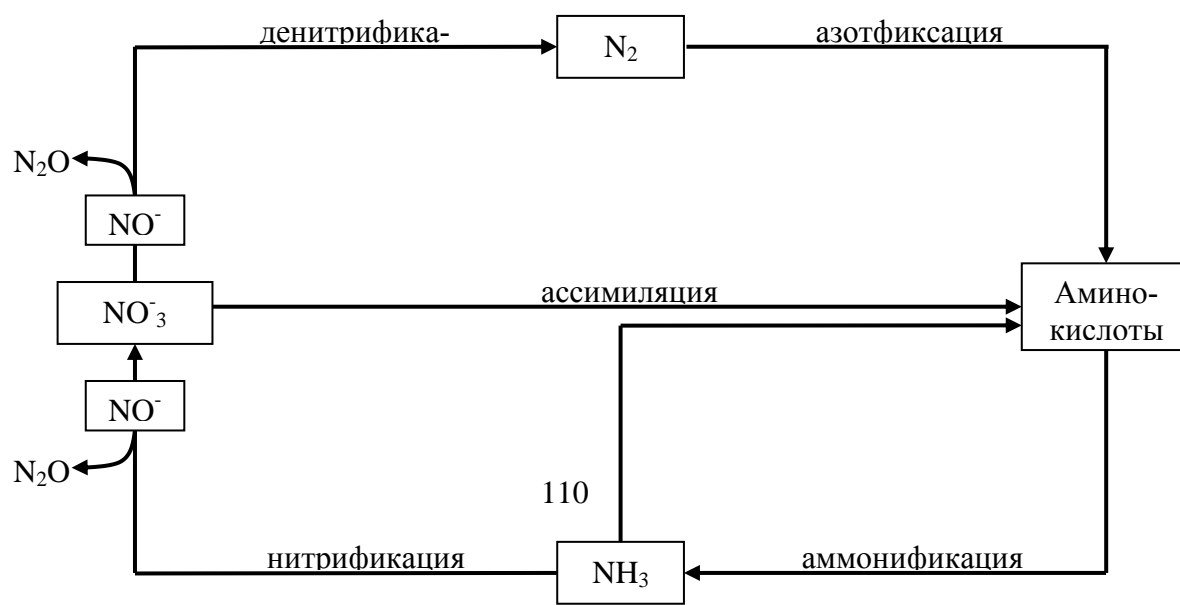
### Практические занятия №28-30

**Теоретическая часть:** В результате накопления на поверхности почвы отмерших растительных остатков и их последующего разложения в условиях избыточного увлажнения образуется торф, а процесс его образования называется торфогенезом. Происходящие процессы торфогенеза можно разделить на 4 стадии:

1. Нарастание живой растительной массы, потребления воды и питательных веществ.
2. Опадание отмирающей части надземных и подземных органов растительности.
3. Гумификация и минерализация мертвых остатков микроорганизмами.
4. Аккумуляция не полностью разложившегося растительного вещества в виде торфа.

В процессе торфогенеза происходит разложение веществ, входящих в состав растений-торфообразователей. Одним из составляющих торфогенеза является процесс разложения азотсодержащих веществ. В этом процессе участвует большое количество микроорганизмов. На современном этапе выделяют четыре группировки микроорганизмов: зимогенная, автохтонная, олиготрофная и автотрофная. Зимогенная группировка разлагает свежие органические остатки; автохтонная, обладающая более мощным ферментативным аппаратом и может разлагать сложные перегнойные вещества почвы. Олиготрофы – это организмы, способные довольствоваться субстратами, бедными питательными веществами и завершающими процесс минерализации органических веществ, и автотрофы (хемолитотрофы) – микроорганизмы, трансформирующие минеральные соединения почвы. Эти группы микроорганизмов представлены почвенными бактериями, грибами и актиномицетами, которые участвуют в различных звеньях трансформации органического вещества. Одним из основных звеньев является разложение веществ содержащих различные формы азота.

В данной работе рассмотрим две группы микроорганизмов: микроорганизмы, участвующие в разложение органических азотсодержащих веществ (аммонификаторы) и микроорганизмы, участвующие в утилизации минеральных соединений азота (микроорганизмы, развивающиеся на крахмало-



аммиачном агаре, КАА). В результате деятельности этих групп микроорганизмов при гниении растительных остатков их белковые вещества распадаются с образованием элементарного азота и аммиака. Образовавшийся азот и аммиак вовлекаются в большой круговорот азота в природе (рис. 1).

Рисунок 1 – Цикл азота

Для определения численности микроорганизмов воспользуемся методом посева на твердые питательные среды, который широко распространен в микробиологии. Он дает возможность довольно просто выделять чистые культуры микроорганизмов. Сущность метода состоит в нанесении почвенной суспензии, содержащей микроорганизмы, на поверхность твердой питательной среды (в нашем случае мясо-пептонного и крахмало-аммиачного агара). Попавшие на среду клетки образуют колонии, видимые невооруженным взглядом.

**Цель:** познакомиться с методиками выделения микроорганизмов, участвующих в круговороте азота.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №28–30**

#### **Определение численности микроорганизмов участвующих в разложении азотсодержащих веществ**

**Задание 1:** Рассчитать содержание микроорганизмов, развивающихся на МПА и КАА в образце торфа.

#### **Задание 1. Подготовка посуды и материалов для посева на твердые агаризованные среды МПА и КАА**

**Материалы и оборудование:** колба со 100 мл водопроводной воды – 1 шт., пробирки с 10 мл водопроводной воды – 3 шт., пипетки на 1 мл – 6 шт., чашки Петри – 12 шт., колба на 1,5 л – 1 шт., шпатели – 3 шт., ватные пробки; агар микробиологический, крахмал растворимый,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCO}_3$ , мясо-пептонный бульон; весы аналитические, автоклав, сушильный шкаф.

**Ход работы:**

#### **Отбор образцов**

Отбор образцов для микробиологического анализа производится аналогично отбору на агрохимический анализ. Отобранные образцы доставляются в лабораторию и до проведения анализов хранятся в холодильнике при температуре  $+6^\circ\text{C}$ .

#### **Подготовка посуды и материалов**

Посуда для микробиологических исследований готовится также как посуда для проведения химических анализов. Но используемая в микробиологии посуда, должна быть стерильной. Для стерилизации сред и предметов микробиологического оборудования наиболее часто используется воздействие высокой температуры.

*Стерилизация обжиганием на пламени горелки*

Такой вид стерилизации применяется непосредственно перед проведением микробиологического посева или во время его непосредственно в боксе. Стерилизация достигается обугливанием находящихся на их поверхности микроорганизмов. Шпатели и ватные пробки проводят несколько раз через пламя горелки или спиртовки.



### *Стерилизация сухим жаром*

Чашки Петри и пипетки стерилизуют сухим жаром. Чтобы избежать заражения предметов из воздуха, их перед стерилизацией заворачивают в оберточную бумагу и вынимают только перед работой. Пипетки перед стерилизацией с обратного конца закрывают ватой и обертывают длинными полосками бумаги. Чашки Петри заворачивают в бумагу. Подготовленную посуду помещают в сушильный шкаф, в котором нагревают ее при температуре 160-170<sup>0</sup>С в течение 2 ч (с момента установления нужной температуры) (рис. 2). При таком нагревании погибают не только бактерии, но и их споры. *Температуру в сушильном шкафу выше 175<sup>0</sup>С не допускать.*



Рисунок 2 - Сушильный шкаф.

### *Стерилизация паром под давлением (автоклавирование)*

Колбы, с питательными средами, колба со 100 мл водопроводной воды и пробирки с 10 мл водопроводной воды, для приготовления почвенных разведений, стерилизуют насыщенным паром под давлением. Такую стерилизацию производят в автоклаве, в котором стерилизуемые объекты нагревают чистым насыщенным паром при давлении выше атмосферного. Стерилизация в автоклаве производится под повышенном давлением, поэтому работа с ним требует определенной осторожности.

Отсчет времени стерилизации начинают с того момента, когда в автоклаве установится заданное давление. *Полная стерилизация питательных сред и посуды при 120<sup>0</sup>С и давлении 1 атм. обеспечивается нагреванием в течение 20 мин.*

## **Приготовление сред**



Необходимо приготовить 1,5 л каждой среды.

Крахмало-аммиачная среда (г/л дистиллированной воды): агар-20, крахмал растворимый-10,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -2,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -1,  $\text{MgSO}_4$ -1,  $\text{NaCl}$ -1,  $\text{CaCO}_3$ -3. Крахмал предварительно необходимо размешать в небольшом количестве воды и затем прилить к основной среде.



Мясо-пептонный агар: 20 г агара на 1 л мясо-пептонного бульона.



## Задание 2. Приготовление почвенной суспензии и последующих разведений

**Материалы и оборудование:** колба со 100 мл водопроводной воды – 1 шт., пробирки с 10 мл водопроводной воды – 3 шт., пипетки на 1 мл – 3 шт., фарфоровая чашка и пестик, пинцет, ватные пробки, весы аналитические, спиртовка.

### Ход работы:

При проведении количественного учета почвенных микроорганизмов необходимо добиться того, чтобы клетки в суспензии находились в виде одиночных свободноплавающих клеток. Для выполнения этого условия необходимо осуществить три процесса: 1) диспергирование почвенных агрегатов; 2) десорбция клеток микроорганизмов с почвенных частиц; 3) разделение микроколоний на отдельные составляющие их клетки. Все три процесса осуществляются одними и теми же приемами, причем наиболее эффективными оказываются механические воздействия (растирание почвы, увлажненной до состояния пасты); обработка на пропеллерной мешалке (микроразмельчитель тканей, миксер); обработка ультразвуком низкой частоты и мощности. Химические средства диспергирования (поверхностно-активные вещества, пирофосфат натрия, щелочь) оказываются менее эффективными. Практически это выглядит следующим образом:

	1. Взять фарфоровую чашку и пестик и тщательно промыть чистой водопроводной водой, чтобы не произошло массированное заражение микроорганизмами (рис. 3).
	2. В фарфоровую чашку на аналитических весах пинцетом взять навеску торфа - 1 г (рис 4).
	3. Навеску торфа увлажнить водой из колбы, содержащей 100 мл стерильной воды. В течение 5 мин увлажненный образец растирать фарфоровым пестиком до состояния пасты. После растирания торф из чашки переносят в кол-

	<p>бу со 100 мл воды, промывая фарфоровую чашку водой из колбы (рис. 5).</p>
<p>Рисунок 5 – Приготовление первого разведения.</p>	<p>4. Приготовленную суспензию в колбе встряхивают в течение 5 мин, и далее стерильной пипеткой переносят 1 мл полученного инокулята из колбы в пробирку № 1 с 10 мл стерильной воды, получают второе разведение – 1/100. Подобным образом готовят ряд последующих разведений торфяной суспензии – 1/1000, 1/10000 (рис. 6).</p>
	
<p>Рисунок 6 – приготовление последующих разведений.</p>	

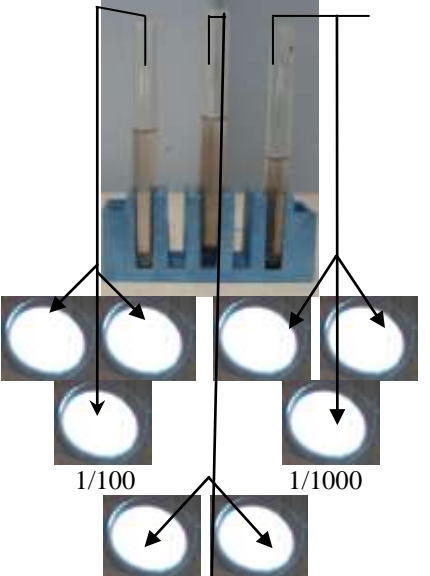
*Примечание:* все вышеперечисленные операции проводятся при зажженной спиртовки.



### Задание 3. Выделения и учет микроорганизмов

**Материалы и оборудование:** микробиологические среды: МПА, КАА, пробирки с разведениями - 3 шт., чашки Петри – 12 шт., пипетки на 1 мл – 3 шт., шпатели – 3 шт., спиртовка.

Ход работы:

Сразу после автоклавирования среды разливают в стерильные чашки Петри. Если сразу среду разлить не удалось, то застывшую агаризованную среду плавят на водяной бане и затем в боксе, стерильно около спиртовки или газовой горелки разливают в стерильные чашки по 20-30 мл среды. После застывания среды чашки помещают в нагретый до 80<sup>0</sup> сушильный шкаф. Чашки подсушивают для удаления воды с крышек и появления муаровой поверхности на агаре, после чего их охлаждают до комнатной температуры и производят посев.

	<p>1. Из приготовленных почвенных разведений делают посев на чашки Петри, путем нанесения одной капли разведения на агаровую пластинку. Из каждого разведения делают три параллельных высева, при этом для каждого разведения используют либо новую стерильную пипетку, либо начинают посев с пробирки с меньшим разведением, переходя постепенно к пробирки с максимальным почвенным разведением (рис. 7).</p>
---	---

 <p>1/10000 Рисунок 7 – Посев на агаризованную среду.</p>	
 <p>Рисунок 8 – Направления растирания капли почвенного инокулята по среде.</p>	<p>2. Нанесенную каплю с помощью стерильного шпателя растирают по среде в разных направлениях (рис 8).</p>
<p>3. Далее засеянные чашки выдерживают во влажной камере в термостате при температуре 25-28<sup>0</sup>С в течение 1-2 недель. За этот срок на среде вырастают отдельные колонии плесневых грибов, актиномицетов и бактерий и можно подсчитать, сколько микроорганизмов содержится в 1 г почвы.</p>	

### Количественный учет микроорганизмов

Для подсчетов выбирают чашки Петри со средним количеством колоний микроорганизмов, так как и большое и маленькое количество колоний приведет к ошибке. Для удобства подсчета колоний микроорганизмов дно чашки Петри разделяют тушью или черной пастой на секторы. Если питательная среда прозрачна, подсчет колоний ведут в проходящем свете со дна чашки; в случае непрозрачной питательной среды колонии микроорганизмов подсчитывают непосредственно с поверхности агара, не открывая чашки. Ученные колонии отмечают точками на стекле. Для подсчета мелких колоний пользуются ручной лупой.

Просчитав количество колоний на всех параллельных чашках, определяют среднее количество колоний на чашке и затем делают пересчет на 1 г воздушно-сухой или абсолютно сухой почвы по формуле:

$$a = \frac{b \cdot v \cdot g}{d}$$

где: **а** - количество клеток в 1 г почвы; **б** – среднее количество колоний на чашке; **в** – разведение, из которого сделан посев; **г** – количество капель; **д** – масса воздушно-сухой или абсолютно сухой почвы, взятой для анализа.

### Пример оформления работы

№ образца	Масса торфа взятого для анализа, г	Количество капель на чашку Петри	Разведение, из которого сделан посев	Количество колоний на чашку			Среднее количество колоний на чашку	Количество клеток в одном грамме почвы
				1	2	3		
1	3	1	1/1000	100	98	108	102	(102*1000*1)/3=34000

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – с.304.
2. Мишустин Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов. – В кн.: почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. М.: Наука, 1984.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

5. Какие группировки микроорганизмов выделяются в торфах.
6. При какой температуре стерилизуется посуда в сушильном шкафу.
7. Сколько и при какой температуре засеянные чашки Петри выдерживаются в термостате.

## 12. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ

### Практические занятия №31-32

Природные воды являются растворами сложного состава с очень широким диапазоном содержания растворенных соединений как по их числу, так и по концентрации.

В природных водах содержатся почти все элементы. Они находятся в виде ионов, недиссоциированных молекул (в том числе газов) и коллоидов.

К макрокомпонентным системам относятся компоненты природных вод, не связанных с рудными месторождениями, которые встречаются в повышенных относительно других компонентов содержаниях:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

К микрокомпонентам относятся все остальные ионы и коллоиды. Микрокомпоненты могут встречаться в природных водах в довольно значительных количествах (например В, Br, I, Zn, Cu и другие).

Мы будем вести речь о болотных водах. Известно, что относительная влажность торфяных залежей составляет 90 - 96%. Например, в торфяниках Западной Сибири законсервировано около 1 тыс. км<sup>3</sup> влаги, т.е. в среднем 1000 мм на единице заболоченной площади (1 млн. км<sup>2</sup>), это значительно превышает годовой сток рек (100 - 300 мм) в этом регионе. Всего болота, занимая 4% суши, аккумулируют в себе около 4,3 тыс. км<sup>3</sup>. Болота можно сравнить с гигантским водоемом. Из расчета же, что ежегодный прирост торфяной залежи составляет от 0,4 до 1,0 мм в год, в ней на каждом км<sup>2</sup> площади консервируется еще 1000 т болотной воды. О воде как важнейшем компоненте природной среды, обеспечивающем жизнь на Земле и сохраняющем Биосферу, написано достаточно много, но о воде болот – практически ничего неизвестно.

#### **Итак, поставим задачи:**

- что такое болотные воды;
- как формируется их химический состав;
- какое влияние могут оказать болотные воды на химический состав общего геостока на Земле.

Состав болотных вод имеет ряд особенностей: они обогащены органическим веществом (ОВ) гумусовой природы, почти не содержат растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию. Согласно А.И. Перельману, болотные воды по окислительно-восстановительным условиям представляют собой систему, для которой характерны ассоциации окислителей ( $\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) и восстановителей (растворенные гуминовые кислоты и  $\text{Fe}^{2+}$ ). Наличием в болотных водах большого количества гумусовых веществ (ГВ) специфической природы объясняются многие особенности болотных вод. Среди ГВ выделяют две главные совокупности: гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), последние - более растворимы, что объясняется высоким вкладом в их структуру карбоксильных групп и фенольных оксигрупп. Поэтому содержание ФК в болотных водах почти на порядок превышает содержание ГК.

Рассмотрим химический состав болотных вод на примере заболоченного водораздела с болотными системами: осоковая топь, сосново-кустарничково-

сфагновый с низкой сосной такой же БГЦ с высокой сосной. С заболоченного водораздела формируется болотная речка.

Таблица

Химический состав речных и болотных вод, мг/л, (числитель – диапазон изменений, знаменатель – среднее значение)

Компонент	Р. Бакчар	Р. Ключ	Болотные воды			Твердые атмосферные осадки
			П. 2	П. 3	П. 5	
pH	$\frac{6.5-7.5}{7.2}$	$\frac{6.6-7.1}{6.7}$	$\frac{4.6-5.6}{4.7}$	$\frac{3.6-4.3}{4.0}$	$\frac{3.9-4.5}{4.1}$	7.0
Ca <sup>2+</sup>	$\frac{9.3-45.3}{32.5}$	$\frac{8.0-28.0}{17.6}$	$\frac{3.0-7.2}{5.2}$	$\frac{0.6-6.2}{1.9}$	$\frac{1.0-6.0}{2.6}$	0.7
Mg <sup>2+</sup>	$\frac{7.3-18.8}{12.1}$	$\frac{6.7-15.2}{9.9}$	$\frac{0.5-6.3}{2.6}$	$\frac{0-3.0}{1.6}$	$\frac{0-4.3}{1.7}$	0
Na <sup>+</sup>	$\frac{1.4-14.0}{5.3}$	$\frac{1.7-2.6}{2.2}$	$\frac{0.1-1.9}{1.2}$	$\frac{0.4-0.7}{0.6}$	$\frac{0.1-1.1}{0.7}$	1.5
*NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$\frac{0.2-3.8}{1.6}$	$\frac{0.4-3.9}{1.8}$	$\frac{0.4-4.1}{2.3}$	$\frac{0.2-2.9}{1.4}$	$\frac{0.2-2.3}{1.4}$	1.2
*Fe <sub>общ</sub>	$\frac{1.5-4.9}{3.1}$	$\frac{2.0-5.9}{3.6}$	$\frac{1.6-7.0}{4.7}$	$\frac{1.6-3.8}{2.8}$	$\frac{1.0-3.8}{2.5}$	0.01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\frac{54.3-160.0}{96.5}$	$\frac{24.4-109.1}{56.6}$	$\frac{4.8-24.5}{11.8}$	$\frac{0.0-13.5}{3.6}$	$\frac{0.0-12.8}{3.5}$	8.5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\frac{0.0-0.8}{0.3}$	$\frac{0.0-3.8}{1.8}$	$\frac{0.0-1.0}{0.3}$	$\frac{0.0-2.9}{0.5}$	$\frac{0.0-3.3}{0.7}$	1.0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\frac{0.23-1.7}{0.63}$	$\frac{0.3-2.4}{1.5}$	$\frac{0.3-.8}{0.5}$	$\frac{0-1.9}{0.7}$	$\frac{0.2-1.4}{0.7}$	0.3
*NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	$\frac{0.002-0.07}{0.03}$	$\frac{0.002-0.1}{0.03}$	$\frac{0.0-0.01}{0.004}$	0	$\frac{0.0-0.009}{0.004}$	0

Болотные воды характеризуются пониженными концентрациями в воде Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, но несколько повышенными – Fe<sub>общ</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Заметим также, что воды р. Ключ обогащены органическим веществом (ОВ), что подтверждает

ется высокими концентрациями гуминовых, фульвокислот и ХПК. Химический состав вод р. Бакчар, берущей начало в болотах и среди них протекающей, в некоторой степени повторяет химический состав болотных вод.

Результаты определения макрокомпонентов в воде могут быть выражены:

1) в весовых количествах растворенных веществ в 1 л воды (иногда на 1 кг воды);

2) в эквивалентных количествах растворенных веществ в том же объеме (или весе);

3) в процент-эквивалентах (мг-экв) каждого иона в 1 л воды.

В таблице приводятся результаты анализа воды, выраженные в единицах, принятых в практике.

Таблица

Химический состав воды

Компоненты		Газы CO <sub>2</sub> , своб. 1080		
		мг/л		
		Содержание в 1 л		
		г	мг-экв	%-экв
Анионы	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1000	16,39	89
	H <sub>3</sub> SiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Нет	-	-
	CL <sup>-</sup>	12	0,34	2
	F <sup>-</sup>	3,2	0,17	1
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	73	1,52	8
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	нет	-	-
	Итого:	1088	18,42	100
Катионы	Na <sup>+</sup>	229	9,96	55
	K <sup>+</sup>	4	0,10	1
	Ca <sup>2+</sup>	110	5,49	30
	Mg <sup>2+</sup>	32	2,63	14
	Итого:	375	18,18	100
Минерализация	Сухой остаток экспериментальный	995		
	Сумма минеральных веществ	1483		
Окисляемость		2,4		

Примечание: Грамм-эквивалент - масса вещества в граммах, умноженная на молярную массу вещества.

Процент-эквивалент - вычисляется путём деления грамм-эквивалента вещества на сумму всех грамм-эквивалентов веществ смеси (в данном случае - анионов ИЛИ катионов) и умножением на 100%.

Пересчет результатов анализа воды в процент-эквивалентную форму производится для сопоставления вод различной минерализации и более ясного представления о соотношениях ионов одной и той же воды. Для вычисления %-экв принимают сумму мг-экв анионов (катионов), содержащихся в 1 л воды, за 100% и вычисляют процент содержания каждого аниона (катиона) в мг-экв по отношению к этой сумме.

Для выражения химического состава используют формулу Курлова, которая представляет собой псевдодробь, в числителе которой представлены анионы (в %-экв) в порядке убывания их содержания, а в знаменателе – в таком же порядке катионы.

*Формула Курлова*

$$SGM \frac{A_{\max} A_{\text{med}} A_{\min}}{C_{\max} C_{\text{med}} C_{\min}} \text{ pH TD}$$

В формуле:

- S - нерастворимые примеси типа железа и т.д.
- G - газы (например, CO<sub>2</sub>).
- M - минерализация - миллиграмм/литр.
- A - содержащиеся в воде анионы, расположенные в убывающем порядке по значению процент-эквивалента (%-экв). В общей сумме должно быть 100 %-экв анионов.
- C - содержащиеся в воде катионы, расположенные в убывающем порядке по значению процент-эквивалента (%-экв). В общей сумме должно быть 100 %-экв анионов.
- pH- кислотность воды (от 1 -HCl до 12 - KOH).
- T - температура воды в градусах Цельсия.
- D - дебит источника (м<sup>3</sup>/сутки).

### **Физические свойства воды**

#### *Прозрачность*

Ориентировочное определение прозрачности производят в пробирке, в которую налито 10 мл исследуемой воды.

В зависимости от степени прозрачности различают воды:

- 1) прозрачные;
- 2) слабо опалесцирующие;
- 3) опалесцирующие;
- 4) слегка мутные;
- 5) мутные;
- 6) сильно мутные.



Количественное определение прозрачности производят в приборе, представляющем градуированный цилиндр со съёмным плоским пришлифованным дном.

Исследуемую воду перед определением хорошо взбалтывают и наливают в цилиндр. Затем ставят цилиндр неподвижно над шрифтом для определения прозрачности так, чтобы шрифт находился в 4 см от дна. Добавляя или отливая воду из цилиндра, находят предельную высоту столба воды, при которой возможно чтение шрифта.

Определение производят в хорошо освещённом помещении на расстоянии 1 м от окна, не на прямом свете.

Прозрачность воды выражают в сантиметрах высоты столба с точностью до 0,5 см.

Образец шрифта для определения прозрачности воды:

«настоящий стандарт устанавливает методы определения общих физических свойств хозяйственно-питьевой воды: запаха, вкуса и привкуса, температуры, прозрачности, мутности, взвешенных веществ и цветности.

5 4 1 7 8 0 9 2.

*Взвешенные вещества*

Для определения взвешенных веществ хорошо взбалтывают 0,5–1 л воды и фильтруют ее через взвешенный тигель с пористым дном. Тигель с осадком высушивают при температуре 105°C до постоянного веса. Разница в весе даёт вес взвешенных веществ во взятом для определения объёме воды.

*Цветность*

Определение цветности производят в прозрачной воде. Если вода не прозрачна, ее фильтруют. Пробирку наполняют исследуемой водой почти до верха, ставят на белую бумагу и, глядя сверху, определяют цветность. Цветность воды характеризуется следующим образом: бесцветная, зеленоватая, желтая, бурая и тому подобное.

*Запах*

Запах воды определяется при нагревании до температуры 50–60 °C. Для определения запаха в полевых условиях наполняют исследуемой водой примерно 3/4 пробирки, нагревают ее и закрывают корковой пробиркой. После кратковременного взбалтывания открывают пробку и определяют запах. Характер запаха выражают описательно: без запаха, сероводородный, болотный, гнилостный, плесневый и так далее.

*Окислительно-восстановительный потенциал (Eh)*

Одним из важных факторов, определяющих физико-химические условия среды, является ее окислительно-восстановительное состояние, которое обусловлено наличием в природных водах и поровых растворах соединений с переменной валентностью. Источником этих соединений служат минеральные соли, газы и некоторые органические вещества. Количественно Eh измеряется в вольтах или милливольты и носит название окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

*Измерение потенциала*

Устанавливается потенциал не сразу, и измерения производят через каждые 10–15 мин, пока три-четыре последующих определения не дадут близких значений э.д.с., отличающихся друг от друга не более чем на 3–5 мВ. При расчете окислительно-восстановительного потенциала используют показания последних замеров. Расхождение между показаниями параллельных электродов не должно превышать 20 мВ. За результат измерения берется средняя величина показаний.

**Цель занятия:** научиться определять физические свойства воды.

**Материалы и методы:** хлорсеребряный электрод, образцы воды, прибор для определения *Eh*.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №31-32

Определить физические свойства предложенных образцов болотной воды.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Браунлоу А.Х. Геохимия. М.: Недра. 1984. 463с.
2. Гаррелс Р., Крайст Ч. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир. 1968. 368с

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить макрокомпоненты воды.
2. Перечислить микрокомпоненты воды
3. Перечислить отличия болотных вод от речных.
4. Дать понятие «Болотные воды».
5. Как формируется состав болотных вод?
6. Формула Курлова, ее характеристика.

## **13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА И САПРОПЕЛЯ**

## 13.1 МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА И САПРОПЕЛЯ

### Теоретическая часть

К числу важнейших задач медицинской и фармацевтической науки относится разработка эффективных лекарственных средств на основе природных биологически активных веществ (БАВ). Биологически активные вещества характеризуются низкой токсичностью и практически отсутствием побочных явлений, что выгодно отличает их от препаратов микробного и химического синтеза. Поэтому, не случайно, в настоящее время лекарственные вещества природного происхождения, особенно растительного, составляют около 30% всех препаратов, применяемых в современной медицине.



Рис. Препараты на основе биологически активных веществ

Во многих случаях доля лекарственных препаратов из растений и других природных источников БАВ значительно превышает указанный процент. Это касается прежде всего сердечно-сосудистых, нервных, желудочно - кишечных заболеваний, отдельных болезней кожи, печени и почек. После потери интереса к природным БАВ и фитотерапии в целом, наблюдаемого в 50-70-е годы, начиная с конца 80-х годов и особенно за последние 5–7 лет, вновь отмечается значительный рост производства лекарственных средств растительного происхождения.

На актуальность поиска новых высокоэффективных средств природного происхождения серьезный отпечаток накладывает и ресурсный фактор, так как в современных рыночных условиях доступность сырья, наряду с фармакологическими его свойствами определяют спрос. С данной точки зрения представили интерес широко распространенные в Сибири и Томской области, такие источники БАВ, как торф и сапропелевые отложения. Указанные источники БАВ получили признание и активно используются в санаторно-курортном лечении. В отечественной медицинской практике достаточно известны биогенные стимуляторы, которые получают из торфа и сапропеля (ФиБС, пелоидодистиллят, пелоидин, торфот, гумизоль). Используются они для лечения язвенной болезни желудка, гастритов, гнойных ран, невралгии, конъюнктивитов, кератитов и других. Однако большинство из перечисленных препаратов производятся за пределами России и, кроме того, спектр установленного для них терапевтического действия не охватывает тех фармакологических возможностей, которые спо-

способны обеспечить БАВ, содержащиеся в торфах и сапропелях. Так, для Сибири, располагающей огромными ресурсами торфа и сапропеля, химическое и фармакологическое изучение биологически активных соединений, наряду с поиском новых путей применения выделенных комплексов в медицине, является весьма актуальной задачей.

Упоминание о лечебном действии торфа относится ко второй половине XIX столетия. Торф применялся в виде горячих лепешек, прикладываемых к различным участкам тела, и в виде порошка, как адсорбент, способствующий удалению из организма бактериальных токсинов, ядовитых продуктов обмена веществ и для лечения желудочно-кишечных заболеваний. В 1948 году торф применяли в хирургии в виде присыпок и марлевых мешочков, при лечении плохо заживающих ран с гнойными и серозными выделениями. Г.Я. Гуревич в 1948 году применял торф при лечении метеоризма, броодильной и гнойной диспепсии и энтероколитов токсического происхождения. Е.П. Фрименд применял торф в смеси с глиной при заболеваниях седалищного нерва, остеомиелите и костно-суставных болезнях.



Рис. Бальнеологические процедуры

Академик В.П. Филатов высказывал предположение о том, что торф содержит биогенные стимуляторы, образующиеся в определенных условиях в изолированных тканях животного и растительного происхождения и способных оказывать на организм стимулирующие действие. По представлениям автора, образование этих веществ происходит при помещении тканей в неблагоприятные для них условия (охлаждение, содержание в темноте). Появление этих веществ рассматривается как результат адаптации тканей. Поэтому препараты из торфа имеют значение для тканевой терапии.

Присутствие в торфе и сапропелях в повышенных количествах гуминовых соединений, витаминов, антибиотиков и экстрогеноподобных веществ, антиоксидантов, аминокислот, микроэлементов и других биологически активных веществ, давало фармакологам основание для соответствующего активного поиска. Так, например на рис. показано, что натрия гумат оказывает противовоспалитель-

тельное действие сходное по силе нестероидному противовоспалительному средству ортофену (воспаление вызвано каррагенином).

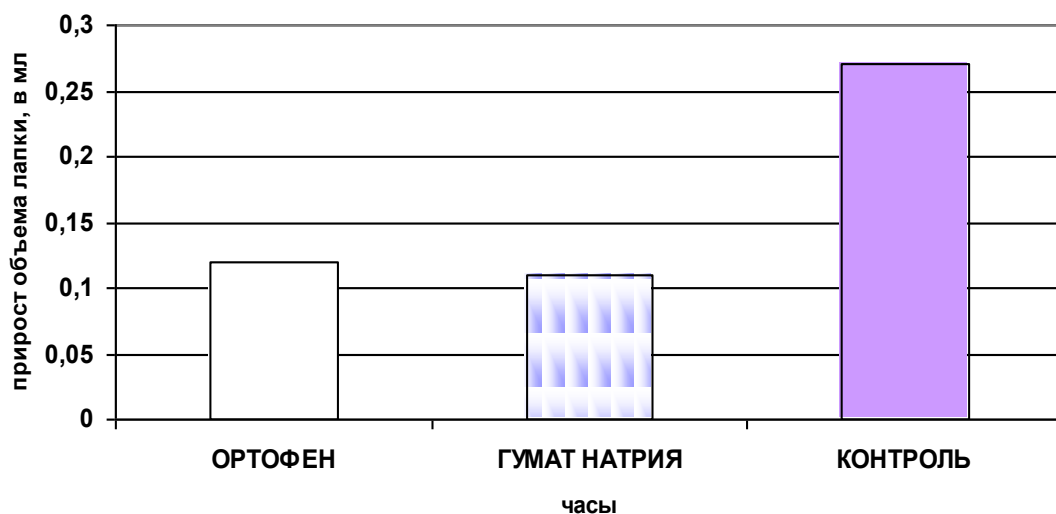


Рис. Влияние гумата натрия на воспаление лапок крыс, вызванное каррагенином

В литературе накоплено достаточно много сведений о фармакологических свойствах и использования комплекса БАВ, содержащихся в торфе и сапропеле. Так, например, Олефиренко В.Т. (1986) показала, что торфяная субстанция оказывает нормализующее действие на нервные процессы, обмен веществ, функционирование органов и систем организма. Под влиянием курсового применения грязевых препаратов отмечается нормализация системы крови, в частности её противосвёртывающей и свертывающей системы. При наличии у больных бронхолегочных заболеваний, проявляется выраженный противовоспалительный и бронхолитический эффект.

Высокая и многопрофильная активность гуминовых кислот обусловлена, прежде всего, большим набором функциональных групп, причем не только таких как карбоксильные, фенольные, спиртовые, но также хинонные, аминные, амидные. Последние, способны к образованию электрвалентных и ковалентных связей, внутрикомплексных соединений, определяющую их биохимическую устойчивость и высокую комплексообразующую способность. Эти качества стимулируют ферментативную активность, процессы регенерации и оказывают противовоспалительное действие.

Исходя из этого, из гуминовой фракции хаапсалупской грязи Э.Ю. Вейнпалу создал ампульный препарат «Гумизоль», представляющий собой 0,01% раствор фракций гуминовых кислот в изотоническом растворе натрия хлорида. По фармакологическому действию он относится к группе биогенных стимуляторов. Способностью нормализации нарушенных функций.

Сходным терапевтическим действием обладает «Торфот» – инъекционный препарат, полученный из торфа перегонкой с водяным паром. Применяется он при лечении заболеваний нервной системы и в гинекологической практике, офтальмологии.

Путем химической деструкции гуминовых веществ торфа получены препараты БАМ, БУ, которые отличаются высокой физиологической активностью и предназначенные для растениеводства, микробиологического синтеза и медицины. Основу БАМ составляют азотосодержащие соединения – производные тирамина, а БУ – низкомолекулярные ферменты окисления гуминовых кислот торфа. Эти препараты обладают противоопухолевой и противовирусной активностью, низкой токсичностью. БУ был апробирован в качестве эффективного стимулятора роста растений и дрожжевых организмов, а БАМ – в качестве основы офтальмологического средства «Торфот».

В ходе окислительно-гидролитического воздействия на торф разрываются химические связи в органическом и органоминеральном комплексах, происходит полная или частичная деструкция высокомолекулярных соединений, улучшается их растворимость в водной и водно-щелочной средах, образуются биологически активные вещества вторичного происхождения и это приводит к целенаправленному получению препаратов, содержащих не только гуминовые вещества, но и другие биологически активные компоненты. В соответствии с этим были получены препараты «Гидрогумат» и «Оксигумат».

«Гидрогумат» – представляет гидролитическую деструкцию торфа, полученную путем его последовательной тепловой обработки в кислой и щелочной средах. Активность «Гидрогумата» обусловлена гуминовыми кислотами, широким спектром карбоновых и аминокислот.

«Оксигумат» – получен путем окисления водно-щелочной суспензии торфа в присутствии катализатора соли двухвалентного металла. Этот препарат обладает не только ростостимулирующим, но и выраженной фунгицидной активностью в отношении целого ряда грибковых заболеваний растений.

Обнаружено положительное действие гуминовых кислот торфа при нарушении нервной проводимости. При лечении рака пищевода установлено, что специально очищенные гуминовые кислоты действуют как ингибиторы злокачественного перерождения эпителия пищевода.

Доказана высокая терапевтическая активность препарата из торфа, содержащего соединения стероидного и терпенового характера ( $\beta$ -ситостерин, кампестерин, тритерпеноиды, каратиноиды), при дерматологических заболеваниях. Терапевтическую эффективность препарата авторы связывают со структурным сходством указанных соединений со стероидными гормонами. Примечательно, что изученный препарат предотвращает осложнения, вызванные кортикостероидами.

В 80-е годы в республике Беларусь были проведены клинические испытания мази «Торфенал», содержащей экстракт смолы торфяного воска. Препарат испытывался, в основном, на больных, страдающих длительно текущими, рецидивирующими тяжелыми заболеваниями кожи - псориазом, нейродермитом, экземами. Наиболее благоприятный эффект отмечен при лечении чешуйчатого лишая, нейродермита, а также выявлено противовоспалительное, антиаллергизирующее, противозудное действие.

Из комплексных препаратов торфа с другими лекарственными средствами нашел применение препарат Пиридоксофот (Торфот + Пиридоксин), обладаю-

щий антитоксическим действием. Он применяется в офтальмологии и гинекологии, в клинике нервных болезней.

Таким образом, торф и сапропель являются перспективным сырьем для производства медицинских препаратов широкого спектра действия.

**Цель занятия:** познакомиться с возможными направлениями использования торфа и сапропеля в медицине.

**Материалы и оборудование:** теоретическая часть главы 13.1, видеофильм.

### Практическое занятие №32

На основании, предложенных данных антигрибковой активности комплекса высокомолекулярных веществ торфа, охарактеризовать возможность его использования в медицинской практике.

Таблица

Антигрибковая активность комплекса высокомолекулярных веществ, (мкг/мл)

Препарат	Тест-микροорганизмы				
	<i>Trychophyton rubrum</i>	<i>Trychophyton mentagrophytes</i>	<i>Microsporum canis</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Candida albicans</i> .
Комплекс высокомолекулярных веществ торфа	1/31,2	1/62,5	1/62,5	1/1000	1/1000
Нистатин	1/15,6-31,2	1/15,6-31,2	1/7,8-15,6	1/250	1/250

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Авакумова, Н.П. Гуминовые пелоидопрепараты: перспективы использования в медицинской практике / Н.П. Авакумова // Материалы пятой научной школы «Болото и биосфера». – Томск. – 2006. – С. 63–72.

2. Колотенко, В.П. Ультраструктурные аспекты действия гумата натрия на печень / В.П. Колотенко. Ю.Г. Черненко, А.Я. Шарипкина // Гуминовые удобрения, теория и практика их применения. – Днепропетровск, 1983. – С. 165–168.

3. Кривошеев, Е.П. Лекарства из торфа / Е.П. Кривошеев // Уральские нивы. – 1993. - № 1-2. – С. 10–11.

4. Лотош, Т.Д. Экспериментальные основы и перспективы применения препаратов гуминовых кислот торфа в медицине и сельскохозяйственном производстве / Т.Д. Лотош // Биологические науки. – 1991. - № 10. – С. 99–103.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Обоснуйте возможность использования торфа в медицинской практике.



2. Предположите область возможного применения биологически активных веществ, выделенных из торфа.

3. Какие медицинские препараты на основе высокомолекулярных веществ торфа применяются на сегодняшний день.

## 13.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### Теоретическая часть

В настоящее время во многих регионах России идёт поиск перспективных направлений подъема торфяной отрасли, который справедливо связывают с переводом её из торфодобывающей в торфоперерабатывающую.

*Добыча торфа.* Еще совсем недавно общая добыча торфа в стране составляла 160 – 180 млн. т/год.

Перспективным способом добычи торфа является фрезерный, для коммунально-бытового топлива – кусковой. Последовательно сменявшие друг друга способы добычи торфа характеризовались приведенными затратами ( %): элеваторный - 100, гидравлический – 93, багерно-элеваторный – 87, экскаваторный – 79, фрезерный – 40.

В настоящее время наибольшее распространение имеет **фрезерный способ добычи торфа** с использованием поверхностно-послойной системы разработки торфяной залежи и включающей технологические операции фрезерования, сушки, валкования, уборки и штабелирования торфа (полевые склады). Технологический процесс промышленного производства фрезерного торфа в зависимости от вида получаемой продукции и применяемого оборудования осуществляется по схемам:

1) с применением скреперно-бункерных уборочных машин (торф сельскохозяйственного назначения, для брикетного производства, топливный торф, сырье для химической переработки);

2) с применением пневматических торфоуборочных машин (топливный торф, брикеты, полубрикеты, подстилочный торф);

3) с применением перевалочных уборочных машин (торфяных), рекомендуется для крупномасштабного производства (топливный торф и торф сельскохозяйственного назначения);

4) схема с отдельной уборкой из наращиваемых за 3-5 циклов валков. Это усовершенствованная разновидность третьей схемы

5) новая технологическая схема, в которой реализован способ сушки фрезерного торфа в тонких слоях ( $h=15-30$  мм) на аэрированном подстиляющем толстом ( $80-20$  мм). Фрезерование торфяной залежи осуществляется на глубину ( $25-30$  мм), позволяющую получить расстил фрезерной крошки  $H_0=80-100$  мм (низинный тип залежи) и  $100-120$  мм (верховой тип). Цикл добычи завершается после многократной уборки (3–5 раз) торфа с регулируемой подвеской сопел пневматических уборочных машин. Оставшийся слой подсушенного торфа ( $H_{ост}=20-30$ мм) фрезеруется с торфяной залежью. Создается вновь толстый слой фрезерного торфа с остатками подсушенного ( $H_0=80-120$  мм) с меньшей влажностью, чем в первом случае на  $\Delta\omega=3-6\%$ . Техничко-экономические показатели целесообразности использования этой схемы добычи в промышленности.

Уровень механизации фрезерного способа добычи торфа составляет 100%. Этот способ широко используется в Ирландии, Финляндии, Канаде, Швеции, Эстонии и др. странах.

*Кусковой формованный торф* в настоящее время преимущественно используется в качестве топлива коммунально-бытовыми предприятиями и населением и добывается экскаваторным и фрезформовочным способами. Главной особенностью технологического процесса является переработка торфяной массы и ее формование.

### **Использование торфа в промышленности**

Торф занимает особое место по сложности своего состава и наличию широкого класса органических соединений (битумов, углеводов, гуминовых веществ). Торф представляет интерес для химической, строительной промышленности, энергетики, машиностроения, медицины, сельского хозяйства.

Малоразложившийся верховой торф с высоким содержанием пушицы используется в текстильном производстве для рабочей одежды, специальных тканей, фильтрующих и теплоизоляционных материалов для экологии и строительства. Битуминозный торф используется для получения торфяного воска. А верховой торф с низким содержанием золы годен для производства активированных углей высокого качества, торфяного кокса для металлургии. Схема торфоперерабатывающих технологий и получаемых основных продуктов (см.рис. )

# Схема торфоперерабатывающих технологий и получаемых основных продуктов

Исходный материал (торф)



Например, известно, что в Западной Сибири сосредоточены огромные запасы торфа малой степени разложения - почти 22 млрд т ( в европейской части России запасы аналогичного торфа составляют всего лишь 2,4 млрд т). Такой торф является очень ценным сырьем для торфяной промышленности. Из него можно получить субстратные плиты, кормовые гидролизные сахара, питательные брикеты. Из торфяного сырья этого вида выделяется торф моховой группы со степенью разложения до 12 %, пригодный для производства звуко- и теплоизоляционных материалов. Более 80 % запасов такого торфа сосредоточено в Западной Сибири.

**Энергетика.** Резкое увеличение стоимости традиционных видов топлива (угля, мазута, солянки), выравнивание их отпускной цены с мировыми стандартами, постепенное повышение цены на природный газ, стоимость которого в ближайшие годы также будет доведена до мировых цен, заставляет регионы всё больше обращаться к местному топливу, одним из которых является торф.

Несмотря на постоянное снижение удельного веса торфа в топливно-энергетическом комплексе, надо полагать, что в будущем он не будет полностью вытеснен другими видами топлива. С использованием торфяного топлива решается ряд проблем – социальных, экологических, экономических. Использование торфяного топлива создаёт дополнительные рабочие места, что особенно важно для небольших городов, посёлков, деревень, где в настоящее время имеется избыток рабочей силы. Торф наиболее чистое по экологическим показателям топливо и уступает в этом отношении только газу. Кроме того, торф позволяет окусковывать отходы лесодобывающей и лесоперерабатывающей промышленности, угольную пыль, бытовые органические отходы.

Наибольшее развитие должны получить минибрикетные заводы производительностью до 10 тыс. тонн в год, установки для получения полубрикетов, модернизированные модульные котлоагрегаты, приспособленные для сжигания торфа, газогенераторные установки.

*Химическая и термическая переработка торфа.* Даже в период бурного развития торфяной промышленности в России для химической переработки торфа использовалось менее 1% добываемого торфа, несмотря на то, что из единицы торфа при химической переработке можно получить в 23 раза больше продукции в денежном выражении, чем при топливном использовании. Торф – молодое горючее ископаемое и в него входят такие группы органических веществ, как углеводный комплекс, битумы, гуминовые вещества, которые относительно легко могут быть выделены из торфа, а получаемая на их основе продукция находит широкое применение в сельском хозяйстве и промышленности. Химико-технологическую переработку торфа проводят в режиме гидролиза, пиролиза, экстракции и химической модификации. Широкое распространение получают установки по получению различных гуминовых удобрений. При этом, продукция таких производств используется не только в сельском хозяйстве, но и в строительной промышленности (для производства цемента и др.), нефтяной (для бурения скважин и т. д.).

Торф характеризуется свойствами, позволяющими относить его к числу природных сорбентов и ионообменных материалов. Широко известны работы

по получению из торфа углеродных сорбентов для поглощения из водных растворов радионуклидов, образовавшихся при дезактивации радиоактивно загрязненных материалов, доочистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов. Сырьем для производства активных сорбентов может служить торф верхового типа со степенью разложения 35 % и выше и зольностью до 6 %. Сырьевые базы с запасами такого торфа выявлены пока только в пределах европейской части России.

Большое значение имеет получение из торфа активных углей типа СКТ, АРТ (всего 16 марок). Эти угли не уступают по сорбционной способности лучшим зарубежным маркам сорбентов, получаемых из скорлупы кокосовых орехов, и являются рентабельными. Срок окупаемости оборудования около года. Дефицит активных углей у нас и за рубежом делает это производство привлекательным для инвестиций.

На основе термической переработки торфа, помимо производства активных углей и газогенераторов с последующим получением тепла и электроэнергии для отдалённых посёлков и селений, перспективным является получение торфяного бертината – активного сорбента для поглощения разливов нефти и нефтепродуктов, а также металлургического топлива.

*Строительные и теплоизоляционные материалы.* Большие проблемы перед строителями ставит введение новых строительных норм и правил (СНиП), предъявляющих повышенные требования к тепло- и звукоизоляционным свойствам строительных материалов. Часть этих проблем можно разрешить путём использования теплоизоляционных материалов на основе торфа, позволяющих получать следующие виды изделий:

1. тепло- и звукоизоляционные торфоплиты,
2. засыпной в виде гранул теплоизоляционный материал,
3. фасонную в виде «скорлупы» теплоизоляцию для трубопроводов и других инженерных коммуникаций,
4. стеновые панели для жилищного строительства с наполнителем на основе торфа.

Первым опытом по производству торфоблоков в промышленных масштабах стала механизированная линия в г. Бежецк Тверской области, производство этих линий налажено было и в Тюмени.

**Цель занятия:** познакомиться с возможными направлениями использования торфа в промышленности.

**Материалы и оборудование:** видеофильм.

### **Практическое занятие №33**

На основе предложенных литературных источников описать технологию производства продукции на основе торфа.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Торф в народном хозяйстве / под редакц. Б.Н. Соколова.-Москва:Недра, 1988.-272с.

2.Физико-химические свойства торфа, химическая и термическая его переработка /химия твердого топлива.-№3.-1996.-с.3-11

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Предложить варианты использования торфа в промышленности
2. Предложить возможность использования торфа в энергетике
3. Предложить возможные варианты химической и термической переработки торфа

## 13.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

### Теоретическая часть

Торф—молодое геологическое образование, он состоит из остатков растений и продуктов их неполного разложения. Благодаря широкому ряду полезных качеств торф находит широкое применение в различных отраслях сельскохозяйственного производства.

Из полезных качеств торфа прежде всего надо назвать следующее: большое содержание органического вещества, значительная часть которого представлена соединениями гуминовых кислот, обладающими высокими адсорбционными свойствами и способными оказывать стимулирующее действие на развитие растений; высокие влаго- и газопоглатительные особенности; значительное содержание азота; отсутствие болезнетворных начал и антисептичность.

Одним из критериев выбора торфа для использования в сельском хозяйстве является степень его разложения, определяющаяся процентным содержанием в нем гумуса. Степень разложения сильно колеблется от 1–5 до 50–60 %. Степень разложения до 20 % принято считать низкой, 40 % —средней и свыше 40 % —высокой. Разложение растительных тканей происходит в самом верхнем слое болот, который получил название **торфогенного слоя**. Процессы, протекающие в торфогенном слое, зависят главным образом от двух внешних факторов: количества и состава минеральных веществ, попадающих на поверхность торфяника (минерального режима), и от характера ее увлажнения (водного режима). В зависимости от минерального режима торфа разделяют на две большие группы: высокозольные и нормальнозольные, в пределах которых выделяют три типа торфа: верховой, переходный и низинный. Минеральный режим определяет состав зольных элементов и их количество.

По характеру ботанического состава различают около 40 видов торфа, однако для практических целей в большинстве случаев достаточно различать группы торфа: моховую, травяную и древесную.

Важным показателем для использования торфа на удобрения является емкость обменного поглощения, характеризующая его адсорбционные свойства. Емкость поглощения торфов во многом зависит от содержания в них гуминовых кислот. В верховых торфах, помимо гуминовых кислот. На емкость поглощения заметное влияние оказывают и некоторые другие органические кислоты.

С агрономической точки зрения важной является микробиологическая характеристика различных торфов. По сравнению с органическим веществом отмерших растений все торфа отличаются гораздо большей биохимической устойчивостью. С одной стороны это связано с присутствием в торфах таких веществ как гуминовые кислоты, которые трудно усваиваются микроорганизмами и поэтому медленно разлагаются.



С другой стороны, даже углеводы, которые в обычных условиях являются наиболее доступными соединениями для микроорганизмов, в торфах также приобретают большую биохимическую устойчивость. Торфа содержат в себе почти все физиологические группы микроорганизмов, способных участвовать в освоении и разрушении органического вещества торфа. Следует отметить, что торфа не содержат в себе болезнетворных для растений микроорганизмов, поэтому применение торфа на удобрение и особенно в качестве субстрата в парниках и теплицах резко снижает заболеваемость растений.

В органическом веществе торфа содержится в значительном количестве азот, из-за чего и стали использовать в качестве азотного удобрения. Таким образом, благодаря своим уникальным свойствам возможно использования торфа в различных областях сельского хозяйства. Так, в табл. приведены

Основные области использования торфов.

Табл.

### Использование торфа в сельском хозяйстве

Отрасли сельского хозяйства	Использование
Полеводство	Удобрения: -торфоминерально-аммиачные -гуминовые торфожижевые -торфофекальные -торфоминеральные -торфорастительные -торфоновозные -торфофосфоритные -торфоизвестковые  Лекарственные препараты для растениеводства
Защищенный грунт	Торфоперегнойные горшочки Тепличный и парниковый грунт Биотопливо
Животноводство	Подстилка Пропуск фрезерной крошки через скотный двор Медицинские препараты для ветеринарии

Торф на удобрения в чистом виде используется достаточно часто, и по-видимому целесообразно использовать торф только низинного типа, хорошо разложившийся, с достаточно высокой зольностью (не менее 10%). Торф переходных и верховых групп можно использовать в качестве удобрений только после использования его на подстилку, где он под действием щелочных животноводческих

водческих стоков утрачивает отрицательные свойства и благоприятно изменяет почвенную среду.

Торф в естественном состоянии обладает слабой биологической активностью. Для ее усиления и повышения удобрительной ценности используют различные приемы, но в промышленных условиях наибольшей активизации добиваются при обработке торфа аммиаком. Наиболее подробно остановимся на следующих группах промышленных торфяных удобрений

### **1. Торфоаммиачные удобрения (ТАУ)**

Обработка торфа аммиаком приводит к изменению агрохимических и биохимических свойств торфа, увеличивает в 10-15 раз содержание подвижных органических веществ, главным образом за счет водорастворимых гумматов аммония, что значительно улучшает удобрительные свойства торфа.

Норму внесения аммонизированного торфа на 1 га определяют с помощью формулы:

$N=10a/[v(100-w)]$ , где:

a- запланированная норма внесения азота, к/га;

w- массовая доля влаги в торфе;

v- фактическое содержание подвижных форм азота в ТАУ%.

При использовании ТАУ необходимо дополнительно вносить в почву фосфорные и калийные удобрения.

### **2. Торфоминерально-аммиачные удобрения (ТМАУ)**

В отличие от ТАУ, в ТМАУ вводятся также калийные и фосфорные удобрения. ТМАУ представляют собой комплексные биологически активные органические удобрения, в состав которых входят подвижные формы азота, фосфора, калия. Для производства ТМАУ используют фрезерный торф низинного, переходного или верхового типов, отвечающий следующим требованиям: степень разложения не менее 15%, влажность не более 25%, массовая доля подвижных оксидов азота не более 1%.

Применение ТМАУ аналогично ТАУ, однако при его использовании отпадает необходимость внесения калийных и фосфорных удобрений.

### **3. Торфоминеральные удобрения (ТМУ)**

ТМУ представляют смесь торфа с известковой мукой, фосфорными и калийными удобрениями. Производятся в полевых условиях. ТМУ производятся из низинного и переходного типов торфа со степенью разложения не менее 15%, зольностью не более 25% массовая доля подвижных оксидов азота не более 5%. Технология использования ТМУ соответствует ТМАУ.

### **4. Торфогуминовые удобрения**

Основа приготовления торфогуминовых удобрений заключается в физико-химической активизации гуминовых веществ путем аммонизации в условиях отсутствия процессов денитрификации. Гуминовые кислоты и их соли в малых

концентрациях активизируют ферментативные процессы, улучшают дыхание растений.

### **5. Торфогуминовые комплексные микроудобрения (ТГКУ)**

Действие торфогуминовых препаратов, применяемых в малых количествах определяется физиологической активностью растворимых гуматов. Используют ТГКУ для оптимизации адаптационных условий семян к неблагоприятным условиям, повышении урожайности овощных культур, стабилизации уровня плодородия почв и других целей.

### **6. Компосты**

Компосты- это удобрения, полученные в результате разложения смеси различных органических веществ, в основном растительного происхождения.

Цель компостирования- повысить в удобрении содержание доступных питательных элементов для растений и др. Чаще всего торф на удобрения готовят в виде компостов и смесей с фосфористой мукой, известью, навозом и так далее.

Таким образом, торф является перспективным сырьем для производства на его основе препаратов широко применяемых в различных отраслях сельского хозяйства.

**Цель работы:** познакомиться с возможными вариантами использования торфа в сельском хозяйстве

**Материалы и оборудование:** видеофильм.

### **Практическое занятие №34**

Предположите, почему изготовленный компост не оказал положительно-го действия на сельскохозяйственные культуры.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Торф в сельском хозяйстве М.Н. Никонов, О.Е. Фатчихина, Л.А. Горшков, С.Г. Ко-чер, П.С. Кац.-Москва 1962.-168с.

2. Торф, торфяные почвы. Удобрения Ковалев Н.Г., Поздняков А.И., мусекаев Д.А., Позднякова Л.А..-Москва.-1998.-240с.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Перечислите отрасли сельского хозяйства, где возможно применение торфяных удобрений
2. Назовите основные виды промышленных торфяных удобрений.

# 14. ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОНД ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ

## Теоретическая часть

Торфяные болота (целинные и под промышленной добычей торфа), сельскохозяйственные и лесные угодья на торфяных болотах, выработанные торфяники, составляют эколого-хозяйственный фонд торфяных болот.

**Эколого-хозяйственный фонд (ЭХФ) торфяных болот** - это совокупность торфяных болот и их участков как особой природно-территориальной единицы, выполняющей экологические, хозяйственные или эколого-хозяйственные функции и используемой на данный период (существующий ЭХФ) или планируемой к использованию (прогнозный ЭХФ). Формирование ЭХФ производится в пределах водосборных бассейнов.

Определение существующего ЭХФ производится по данным разведки, проектам земельного и лесного фондов (рис.) и другим материалам. После выявления существующего ЭХФ проводится формирование прогнозного.

### Критерии выделения эколого-хозяйственных фондов для территорий с площадью болот до 50000 га

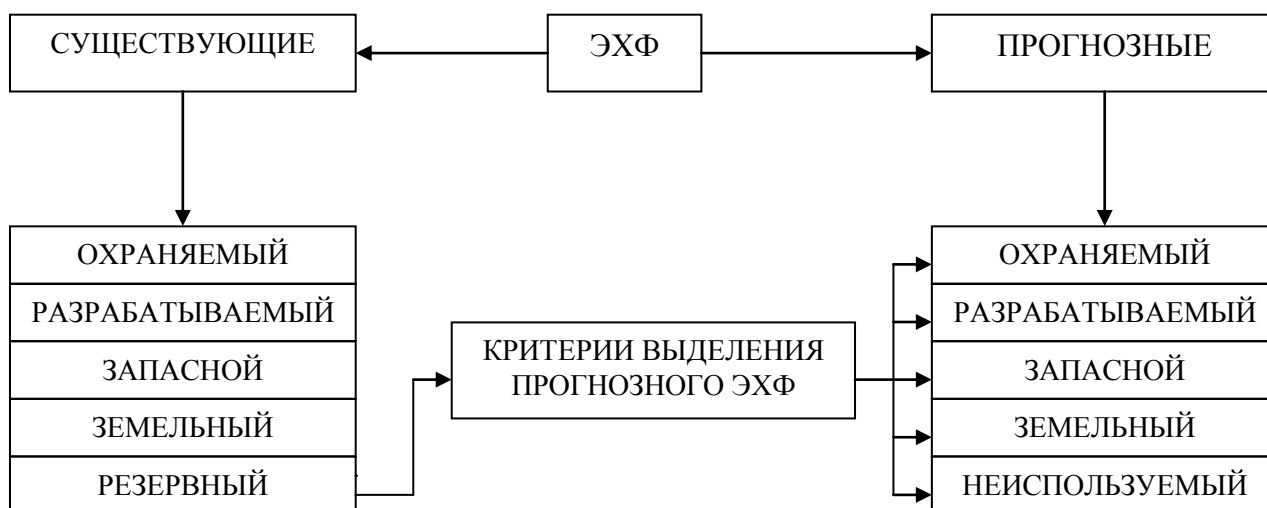


Рис. . Распределение торфяных ресурсов по эколого-хозяйственным фондам

*Охраняемый фонд торфяных болот* - это совокупность торфяных болот с прилегающей территорией или их участков, которые сохраняются в естественном состоянии. Распределение торфяных болот по ЭХФ проводится с выделения, в первую очередь, охраняемого фонда.

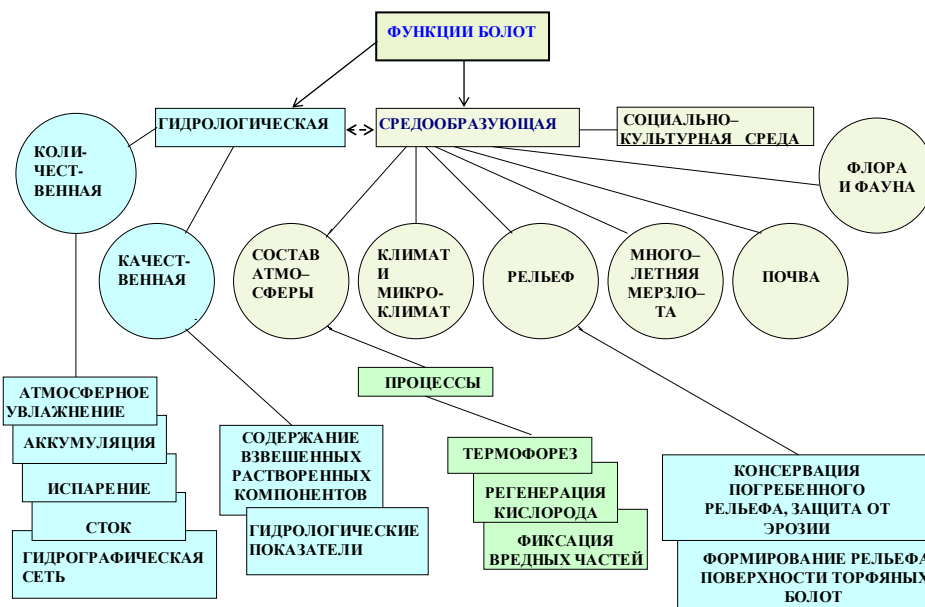


Рис. Функции болот

**Существующий охраняемый фонд** - это торфяные болота или их участки в границах известных особо охраняемых территорий (заповедников, заказников, зеленых зон городов, научных стационаров и т. д.). **Прогнозный охраняемый фонд** включает дополнительно к существующему торфяные болота или их участки, рекомендуемые к сохранению на основе разработанных критериев после проведения научных исследований.

Предлагается руководствоваться следующими критериями для выделения торфяных болот, их участков и заболоченных территорий в охраняемый фонд:

1. Для сохранения объектов водоохранного значения выделяются болота
  - а) расположенные на водоразделе и являющиеся источниками питания мелких рек и крупных озер;
  - б) верхового типа или их части с водоохранной зоной для внутриболотной гидрографической сети (речки, ручьи, протоки, топи, озера);
  - в) напорного питания по берегам озер, служащие для подземного питания озер;
  - г) при наличии родников, используемых в курортологии, или как источники питьевой воды;
  - д) площадью от 1 до 10га на сельскохозяйственных угодьях или от 1 до 30 га в лесах, если они являются регуляторами водного режима и источниками водного питания фауны;
  - е) если подстилающий грунт торфяного месторождения и грунт прилегающих территорий сложен из песков, имеет резко выраженное напорное питание и при осушении невозможно обеспечить необходимый уровень грунтовых вод.

2. Для защиты пойм рек от почвенной эрозии сохраняются представительные болота пойменного залегания и болота, защищающие сельхозугодья от эрозии.

3. Для сохранения дикорастущих ягод и лекарственных трав (выявляются исследованиями).



Вахта трехлистная



Морошка

4. Для сохранения редких и исчезающих экземпляров фауны и флоры (определяются на основании исследований)

5. В охраняемый фонд включаются болота, используемые, представляющие собой уникальные для данной территории водно-болотные угодья (по заключению ученых).



Грядово-мочажинный комплекс



Крупнобугристое болото

6. И другие критерии.

В *запасной фонд* выделены месторождения с особо ценным для промышленности битуминозным и гидролизным сырьем. В этот же фонд входят месторождения с сырьем для получения топлива для металлургии, активных углей и гуминовых кислот, для бальнеологии и медицины. Соответствующие критерии приведены в табл. 1.

**В разрабатываемый фонд** входят торфяные болота или их участки с сырьем для производства традиционных видов торфяной продукции: топлива, органических удобрений и компостов, подстилки, строительной теплоизоляции.

Таблица

## Основные критерии выделения запасного фонда

Критерии	Продукция				
	Продукты гид-ролиза	Металлургиче-ское топливо	Битумы	Активные угли	Гуминовые вещества
Расположение месторождений	Вблизи транспортных магистралей				
Минимальные запасы торфа влажностью 40%, млн. т	40	470 (для агломераций)	Суммарные запасы торфа для получения битумов, активных углей, гуминовых кислот – 4 млн. т		
Тип и вид торфа	Верховой, сфагновый, шейхцериево-сфагновый	Все виды за исключением низинного лесного	Верховой	Верховой пушицевой группы, низинный осоковый	Все виды торфа
Ботанический состав				Низкое содержание шейхцерии и древесной коры	
Степень разложения, %	Не выше 20	Средняя и высокая	30 и более	Более 30	25 и более
Зольность, %	Не более 5	Не более 7	Не более 6		До 10
Химический состав	содержание редуцирующих веществ не ниже 45%	$S^d \leq 0.2\%$ $p^d \leq 0.01\%$ (вращающая печь)	содержание битумов бензольной экстракции выше 5%		Содержание гуминовых кислот не менее 30%

Примечание. Торф, используемый во вращающихся печах, может иметь зольность до 20%, при этом температура плавления золы должна быть выше 1300 °С, а отношение CaO+MgO/S не менее 3.

*Земельный фонд.* Некоторые болота или их участки наиболее эффективно могут быть использованы после осушения как сельхозугодья (пашни, пастбища, сенокосы) или для лесоразведения.

Таблица

## Основные критерии выделения разрабатываемого фонда

Критерии	Торф топлив-ный, фрезер-ный	Торф фрезер-ный для брике-тирования	Торф для сельского хозяй-ства		Торф для теп-лоизоляцион-ных плит
			Компо-сты, ТМАУ-1, ТМАУ-2	Подстил-ка	

Расположение месторождений	В районах с перспективой промышленного развития		В районах развитого сельского хозяйства		Вблизи транспортных магистралей
Минимальные запасы торфа влажностью 40%, млн.т	75	1	10	10	1
Тип и вид торфа	Всех типов	Топяные всех типов	Всех типов	Верховой, переходный	Верховой сфагновый
Ботанический состав				Пушицы менее 15%	Сфагновых мхов более 85-90%
Степень разложения, %	Более 10-15	Более 30	Более 15	Менее 15	5-12
Зольность, %	Менее 23	Менее 23	Менее 25	Менее 15	

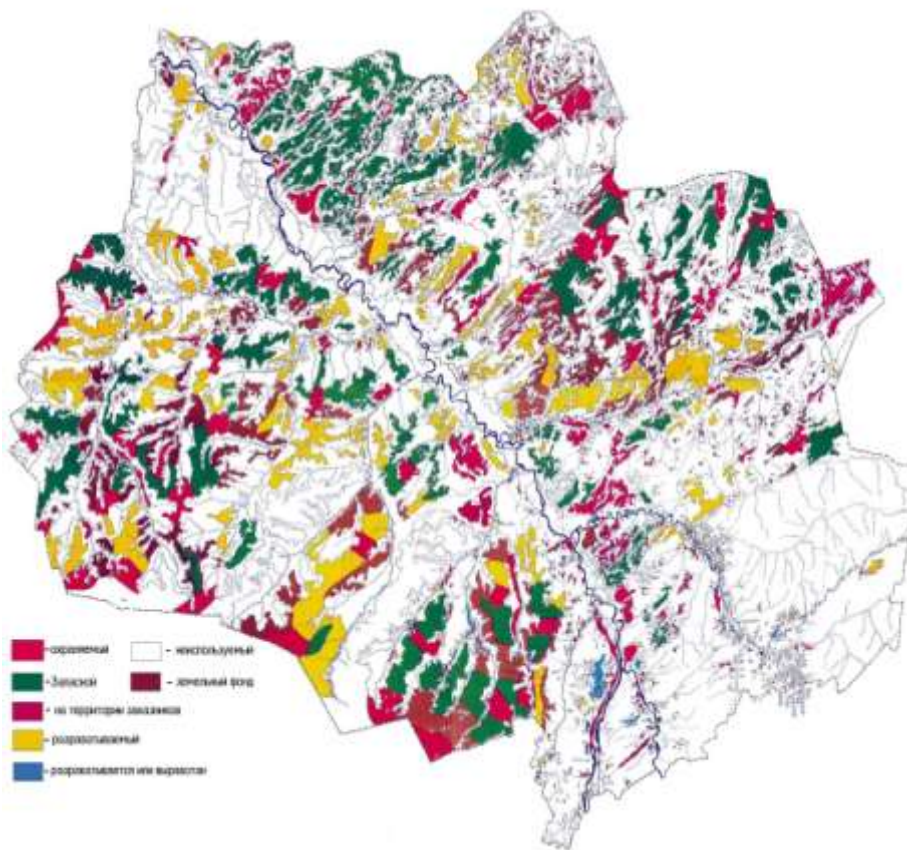
Примечание: Для приготовления компостов в отдельных случаях допускается использование торфа с зольностью до 35%, а при наличии вивианитов и карбонатов до 40%.

К объектам земельного фонда будем относить:

- 1) мелкозалежные торфяники, в которых средняя глубина не превышает 1,3 м;
- 2) высокозольные (более 35%), с содержанием в залежи железа более 3%;
- 3) торфяные болота низинного и переходного типов на территориях, планируемых под земледелие и лесопользование.

Рис. 2 Направление использования торфяных ресурсов Томской области





**Цель работы:** познакомиться с эколого-хозяйственными ресурсами, научиться распределять торфяные месторождения по направлениям использования.

**Материалы и оборудование:** глава 14 Большого Практикума.

### Практическое занятие №35

Необходимо определить направления использования пяти торфяных месторождений и распределить торфяные ресурсы по ЭХФ

В районе имеется 12 т.м. Приводится их характеристика.

Торфяное месторождение	Площадь, га	Запасы, млн.т	Характеристика
Клюквенное	120	12	Верховое, R более 10%, A-15%, топяное, сфагнум. Мощность 7-9 м
Большое	180	7	низинный, осоковый, R более 30%, A -3%, мощность 3-4 м
Придорожное	28	0,1	Низинный, древесно-осоковый, мощность - 2 м
Овражное	50000	120	Верховой, осоково-сфагновый, R-8, A - 6%, мощность 4 м
Малое	430	4	верховой, сфагновый, R-6%, A-3%, мощность 3-5 м
Широкое	150	2	Низинный, травяной, R-45%, A-15%, мощность 2-3 м
Щучье	480	0,3	Переходный, пушицево-сфагновый. R-9%, A-12%,

			обилие озер, вытекает 2 речки
Карасевое	120	2,3	Переходный, - R 30%, A-17%, кустарничково-сфагновый, преобладает багульник
Просторное	870	0,8	Низинный, древесно-шейхцериевый, R 30%, A-11%, 15 км от города
Цветочное	560	3,5	Сосново-кустарничково-сфагновый с вахтой, обилие сабельника болотного, R-6%, A-3%, мощность 3-5 м
Светлое	50000	12	Топяной, R-35%, A-21%, мощность 4-5 м, обилие вахты трехлистной
Темное	180	0,1	низинный, древесно-осоковый, зольность 26%, R-35%, мощность -2 м

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Концепция рационального использования торфяных ресурсов России / Л.И. Инишева, О.Л. Лисс, А.Н. Мармулев, С.Г. Маслов и др.-Томск.-2003.-60с.

#### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Дать понятие эколого-хозяйственному фонду торфяных болот
2. Перечислить все типы ЭКФ и дать их краткую характеристику

## 15. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА

### Теоретическая часть

Российская Федерация располагает крупнейшими ресурсами торфа, которые составляют 47% от общих мировых запасов.

Детально разведанные геологические запасы местных месторождений угля, нефти и газа в России составляют 8,7 млрд.т., а торфа 10 млрд.т., в пересчете на условное топливо. Торф, как полезное ископаемое, относится к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии. Ежегодно в мире образуется почти 3 млрд. м<sup>3</sup> торфа, что примерно в 120 раз больше чем используется. Ежегодный прирост в России равен 250 млн.т., что в 83 раза больше чем добывается и используется для различных направлений. За весь период торфодобычи извлечено лишь около 10% от базовых запасов, и это в основном были затронуты ресурсы Центрального региона и Ленинградской области.

Современный этап развития торфяного сырьевого комплекса характеризуется доработкой ранее подготовленных площадей, а также все растущей тенденцией ресурсно-сырьевой приватизацией месторождения торфа, в основном с целью превращения торфяных ресурсов в активы.

Учитывая значительные запасы торфяных ресурсов, возобновляемость, благоприятную географическую распространенность и доступность, их следует рассматривать как стратегически важный топливно-энергетический потенциал.

А учитывая тот факт, что стоимость тепловой энергии в ЖКХ, произведенной на газе, в ближайшие годы равна или более, чем на торфяном биотопливе, и что, далеко не у каждого пользователя есть возможность подключиться к системе газоснабжения или силовому электрокабелю, то на практике у владельца собственного дома, желающего иметь автоматическое отопление выбор сводится к двум альтернативам: использовать дизтопливо или биотопливо.

Экономически эффективными являются и другие направления использования торфа. Например, по экспертным оценкам ежегодная потребность России только в технических сорбентах составляет 140–150 тыс.т., а используется лишь около 2 тыс.т.

Для регионов увеличение использования местных ресурсов предусматривает создание новых рабочих мест. Повышается социальный уровень населения, обеспечивается рост налоговых поступлений в местный бюджет, кроме того, финансовые средства, направляемые сейчас на закупку привозного топлива, остаются в муниципальных образованиях региона. В настоящее время только в четырех федеральных округах (Центральном, Северо-Западном, Приволжском и Уральском) имеется более 12 тыс. котельных, работающих на привозном угле и мазуте и перевод лишь части из них даст значительный экономический эффект, и что самое главное повысит надежность обеспечения теплом населения.

Так, в настоящее время в ряде регионов все же выдуться попытки перевода части котельных на альтернативные виды топлива, которые не дают пыли, и "кочегарка" превращается в чистое производство. Кроме того топливо можно точно дозировать, что позволяет автоматике управлять его подачей в зависимо-

сти от температуры окружающей среды, полностью исключая человеческий фактор.

Такие полностью автоматизированные котельные на твердом топливе запущены в поселке Дорохово под Москвой. Эти котельные построены на базе автоматизированных твердотопливных котлов марки CarboRobot (Венгрия) и другого современного европейского оборудования.



Рис. Блочно-модульные котельные

Таким образом, с экономической точки зрения использование торфа весьма рационально. Однако в последнее время аналитиками компаний, организующих свой бизнес на торфе, задается вопрос, а будет ли бизнес прибыльным?

Естественно речь не идет о бизнесе перепродажи торфа, не о продаже торфяной залежи в которой 80-% воды, 15-% зола, а остальное торф, а о производстве торфяной продукции.

Определяющим фактором успешного торфяного бизнеса будут инновации по всем направлениям производства торфяной продукции. Так, например «Российская топливная компания» –Ростопром» приобрела контрольный пакет акции ОАО «Васильевский Мох» с долгами, старой техникой. В результате ряда

инновационных мероприятий предприятие на сегодняшний день приносит стабильный доход.

Обобщая вышеизложенный материал можно отметить необходимость развития торфяной отрасли в России, а в особенности Томской области.

**Цель занятия:** познакомится с основами экономической эффективности использования торфяных ресурсов.

**Материалы и оборудование:** теоретическая часть главы 15 Большого Практикума.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №35**

Оценить экономическую эффективность использования торфяного топлива по отношению к дизельному и древесному, если известно, что при площади дома  $150\text{м}^2$ , необходим котел мощностью 30 кВт. За отопительный сезон такой котел обычно потребляет от 4 до 6 тонн дизельного топлива стоимостью от 60000 до 90000 рублей. Чтобы получить такое же количество тепла потребуется древесного топлива около 10 тонн. При цене 80 Евро/тонна и курсе 35 руб/Евро. Торфяного топлива необходимо 12 тонн, при цене 50 Евро/тонна.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

- 1.Беляков А.С. Торфяной ресурсный и научно-производственный потенциал России в решении региональных проблем теплоэнергетики, агрокомплекса и охраны/Торф и бизнес.- №2.-2006.-с.16-20.
- 2.Шешин Б.С. Торф и бизнес //Торф и бизнес.-№3.-2006.-с.15-17.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1.Перечислите возможные направления использования торфа
- 2.Обоснуйте экономическую выгоду использования торфа в качестве топлива на территории Томской области
- 3.Перечислите известные Вам продукты на основе торфа