

**Техническое руководство по проведению
мониторинга почвы и растительности в
Восточной Азии**

Март 2000

Принято на:

**Втором заседании научно-консультативной группы
сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии**

Техническое руководство по проведению мониторинга почвы и растительности в Восточной Азии, Перевод с английского. - М., ФГБУ «ИГКЭ»

Представлен перевод на русский язык технического руководства по проведению мониторинга почвы и растительности в Восточной Азии международной сети кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ). Данная программа выполняется в 13 странах Восточной Азии. ФГБУ «ИГКЭ» является в Российской Федерации национальным научно-методическим центром этой международной программы. Техническое руководство предназначено для научных работников и специалистов в области мониторинга и изучения откликов экосистем на кислотные выпадения, для исполнителей ЕАНЕТ в системе Росгидромета, а также для сотрудников особо охраняемых природных территорий. Отдельные части были адаптированы для использования на территории РФ. На русском языке публикуется впервые.

Перевод выполнили сотрудники ФГБУ «ИГКЭ»: Безделова А.П., Безденежных В.А., Козлова Е.Н., Кручина Е.Б., Позднякова Е.А.

Редактор перевода: Громов С.А., Позднякова Е.А.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Сокращения	Расшифровка
Русские сокращения	
ААС	Атомно-абсорбционная спектроскопия
АЭС-ИСП	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
ЕАНЕТ	Сеть мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии
ЕКО _{эфф}	Эффективная емкость катионного обмена
ЕС	Электропроводность
ИХ	ионная хроматография
ИСП	Индуктивно-связанная плазма
ИСП-МС	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
ОК/КК	Обеспечение качества/контроль качества
ПАН	показатель адсорбируемости натрия
ППН	Постоянный пункт наблюдения
ПЭС	Пламенно-эмиссионная спектроскопия
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
ЮНЕСКО	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры
ФАР	фотосинтетически активная радиация
ПАН	показатель адсорбируемости натрия
Английские сокращения	
DBH	Диаметр ствола, измеренный на высоте груди (1,3 м от земли)

Содержание

1. Введение	1
1.1. История вопроса	1
1.2. Цели мониторинга почв и растительности.....	2
1.3. Краткое содержание руководства.....	2
2. Базовое обследование почвенного покрова и лесной растительности.....	5
2.1. Порядок базового обследования почв и лесной растительности.....	5
2.2. Организация постоянного пункта наблюдения.....	5
2.2.1. Предварительное обследование территории.....	6
2.2.1.1. Описание постоянного пункта наблюдения.....	6
2.2.1.2. Сбор информации о почвах, растительности и других компонентах экосистемы.....	6
а) Информация о почвенном покрове.....	7
б) Информация о растительном покрове.....	8
с) Климатические и метеорологические данные	8
2.2.1.3. Предварительное обследование почвенного покрова.....	9
2.2.1.4. Предварительное обследование лесов.....	10
2.2.2. Организация постоянного пункта наблюдения.....	10
2.2.2.1. Критерии выбора места размещения пункта наблюдения.....	10
2.3. Методы мониторинга почв.....	11
2.3.1. Выбор участков для мониторинга почв.....	11
2.3.1.1. Описание почвенного профиля.....	11
2.3.1.2. Выбор пробных площадок для отбора проб почвы.....	12
2.3.1.3. Сохранение участка для мониторинга почв.....	13
2.3.1.4. Описание участка мониторинга почв.....	13
2.3.2. Параметры мониторинга и периодичность проведения анализа	14
2.3.3. Отбор почвенных образцов	16
2.3.4. Пробоподготовка образцов почв.....	17
2.3.5. Химические свойства почвы.....	18
а) Весовая влажность (обязательный параметр).....	18
б) рН(H ₂ O), рН (KCl) (обязательный параметр).....	19
с) Обменные основания (Са, Mg, К, Na) (обязательный параметр).....	21
д) Обменная кислотность (обязательный параметр).....	32
е) Обменные Al и Н (сумма равна обменной кислотности) (необязательный параметр).....	35
ф) Эффективная ёмкость катионного обмена (ЕКО _{эфф}) (обязательный параметр).....	37
г) Содержание карбонатов (обязательный параметр, если рН (H ₂ O)>7) ⁶	40
х) Общее содержание углерода (Содержание органического углерода) (необязательный параметр) ⁷	44
и) Общее содержание азота (необязательный параметр).....	47
j) Доступный фосфор (факультативно).....	52
к) Сульфаты (Дополнительный параметр).....	57
2.3.6. Физические свойства почв.....	59
а) Плотность сложения почвы (Необязательный параметр).....	59
б) Сопротивление пенетрации (при полевых работах) (Необязательный параметр).....	61
2.4. Виды наблюдений, используемые для мониторинга леса.....	62
2.4.1. Общее описание леса	62
2.4.1.1. Выбор площадок для проведения общего описания древостоя.....	63
2.4.1.2. Параметры наблюдений и периодичность обследования на постоянных площадях наблюдения.....	63
а) Описание древостоя (обязательный вид наблюдения).....	64

b) Обследование растительности, произрастающей под пологом леса (обязательный вид наблюдения)	65
2.4.2. Определение повреждения древостоя.....	66
2.4.2.1. Выбор модельных деревьев.....	66
2.4.2.2. Виды наблюдения и периодичность обследования повреждения древостоя	67
a) Определение повреждения древостоев	68
b) Фотофиксация повреждения древостоя (рис. 2.7. а) и b)).....	69
c) Оценка причин ухудшения состояния древостоя	69
2.4.3. Методики для обследования тропических лесов	70
2.4.3.1. Периодическая инвентаризация лесов.....	71
2.4.3.2. Обследование полога леса с использованием полусферической фотографии.....	71
2.5. Специализированное обследование почв и растительности.....	73
2.5.1. Цели специализированного обследования почв и растительности.....	73
2.5.2. Методики возможные для использования при проведении специализированного обследования почв и растительности	73
2.5.2.1. Оценка точного количества атмосферных выпадений на лесной территории.....	73
a) Дождь (Осадки).....	74
b) Подкроновый сток.....	75
c) Стволовой сток	76
3. Исследование наземных экосистем.....	78
3.1. Изучение водосбора.....	78
4. Обеспечение качества и контроль качества мониторинга почв (ОК/КК).....	80
4.1. Контроль состояния	80
4.2. Обработка и представление данных.....	81
4.3. Статистическая обработка данных	82
4.3.1. Определения.....	83
4.3.2. Модель данных мониторинга.....	86
4.3.3. Оценка среднего значения и дисперсии каждого этапа иерархической выборки.....	87
4.3.4. Оценка точности данных мониторинга: интеркалибрация, МСИ.....	89
4.3.5. Методы исследования для повышения точности.....	89
Список используемой литературы.....	91

1. Введение

1.1. История вопроса

Кислотные осадки и кислые газы могут вызвать подкисление почвы, дисбаланс питательных веществ, и/или наносить прямое повреждение растениям. Также они могут являться причиной деградации лесов. Поскольку процесс ухудшения состояния деревьев/лесов является довольно медленным и сложным, то необходимо проводить длительно-временной мониторинг почв и растительности для описания процессов подкисления окружающей среды и деградации растительного покрова.

С подготовительного этапа деятельности сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) (1998 г.), в странах-участницах ЕАНЕТ постепенно накапливался опыт мониторинга почв и растительности. С этого времени для проведения наблюдений использовались руководство по мониторингу (Monitoring Guidelines) и технические руководства для сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (Technical Manuals for Acid Deposition Monitoring Network in East Asia) (Агентство по окружающей среде, правительство Японии, 1997 год). Эти руководства были одобрены на совещаниях экспертов сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии. В связи с тем, что условия мониторинга кислотных выпадений в странах-участницах программы ЕАНЕТ весьма разнообразны (особенно это касается мониторинга почв и растительности) методические рекомендации, описанные в руководстве, подходили не для всех территорий исследования. Кроме того, опыт стран-участниц ЕАНЕТ в этой области был крайне ограничен. Для исправления сложившейся ситуации в Пекине с 31 августа по 3 сентября 1999 года был проведен семинар, посвященный вопросам проведения мониторинга

экологического воздействия кислотных выпадений в Восточной Азии (2-й учебный семинар ЕАНЕТ). На семинаре экспертами стран-участниц и международной организации подробно обсуждались технические вопросы проведения мониторинга, были разъяснены цели мониторинга почв и растительности и даны рекомендации по техническим вопросам. Предполагаемый в дальнейшем пересмотр настоящего технического руководства в основном обусловлен результатами прошедшего семинара.

1.2. Цели мониторинга почв и растительности

Основной целью мониторинга почв и растительности является комплексная и систематическая оценка воздействия кислотных выпадений на наземные экосистемы, проводимая на основе созданной и обновляемой базы высококачественных данных. Для достижения этой цели следует применять поэтапный подход. В первоначальные задачи мониторинга должны входить: установление исходных параметров почвы и растительности, раннее выявление возможных последствий кислотных выпадений (что особенно важно для растительных и лесных экосистем).

1.3. Краткое содержание руководства

Согласно данному руководству постоянные пункты наблюдений (ППН) должны преимущественно располагаться в лесных массивах, а термин «растительность», используемый в тексте, включает древостои и растительность, произрастающую под пологом леса. Мониторинг почв и растительности должен проводиться в соответствии с поэтапным подходом. Концепция подхода к мониторингу почв и растительности описана в Таблице 1.1.

В главе 2 рассмотрены виды наблюдений, предлагаемые для базового обследования почв и лесной растительности. В ходе проведения почвенного мониторинга должны определяться физические и химические свойства почв, мониторинг растительности должен включать – описание древостоев, растительности, произрастающей под пологом леса и повреждения древостоев. Параметры мониторинга должны определяться на ППН. Исходные параметры окружающей среды должны устанавливаться в ходе проведения базового обследования территории, затем могут быть выявлены изменения в состоянии почв и лесной растительности. На основе полученных данных возможно проведение оценки предполагаемого воздействия кислотных выпадений на наземные экосистемы. При обнаружении изменений в свойствах почв и лесной растительности проводится специализированное обследование территории для получения дополнительной информации с целью детальной оценки изменений. Для этой цели необходимо понимание достоверных уровней выпадения кислотных веществ на лесные экосистемы и применения новых технологий.

Для достижения основной цели предполагается проведение исследования наземных экосистем. Описание основных принципов, применяемых для оценки круговорота веществ приведено в главе 3. В качестве одного из комплексных и системных подходов может быть предложен анализ миграции веществ в границах малого водосбора. Информация о динамике элементов и трофности может быть получена с помощью различных исследований, результаты которых могут использоваться и для расчета воздействия кислотных выпадений на природные экосистемы. Такие участки относятся к пунктам экологических наблюдений.

В настоящем техническом руководстве описываются репрезентативные методики исследования для стран-участниц ЕАНЕТ. Так как почвенный и растительный покровы этих стран весьма разнообразны, то в некоторых случаях предлагаются альтернативные методы исследования. В данном техническом руководстве не описаны методы для проведения исследований в степных экосистемах несмотря на то, что для них подкисление может являться важной проблемой.

Техническое руководство должно пересматриваться и перерабатываться с учетом опыта стран-участниц ЕАНЕТ.

2. Базовое обследование почвенного покрова и лесной растительности

2.1. Порядок базового обследования почв и лесной растительности

Порядок базового обследования почв и лесной растительности показан на рис.2.1. При обнаружении изменений в свойствах почв и лесной растительности проводится специализированное обследование территории для получения дополнительной информации с целью детальной оценки взаимосвязи изменений этих свойств с кислотными выпадениями. Исследование наземных экосистем должен проводиться независимо от этих обследований. Как описано ниже (в пункте 2.2.2.1), площадка мониторинга почв должна располагаться на территории, относящейся к ППН лесного мониторинга. На протяжении всего исследования – от предварительных обследований до создания постоянного пункта наблюдения, должен соблюдаться общий порядок базового обследования.

2.2. Организация постоянного пункта наблюдения

Параметры почвенного и растительного покровов связаны с климатическими, геологическими и географическими особенностями местности. Для анализа данных мониторинга почв и лесной растительности необходимо описать эти факторы окружающей среды.

Для выбора места размещения постоянного пункта наблюдения проводится предварительное обследование территории. Для пунктов наблюдения необходимо определить параметры окружающей среды, а также зафиксировать(записать) условия наблюдений для обеспечения воспроизводимости результатов мониторинга.

2.2.1. Предварительное обследование территории

Для выбора постоянных пунктов наблюдения, на которых будет проводиться оценка воздействия кислотных выпадений на лесную экосистему, необходимо провести предварительное обследование обширных территорий. Обследование должно быть выполнено, как показано далее, каждый определяемый параметр должен быть подробно описан. Площадки наблюдения рекомендуется располагать в радиусе примерно 50 км от станций мониторинга атмосферных выпадений.

2.2.1.1. Описание постоянного пункта наблюдения

Описание ППН приведено в Руководстве по мониторингу (Monitoring guidelines). На постоянном пункте наблюдения проводится мониторинг состояния почв и лесов. При обнаружении отклонений параметров от первоначального состояния, проводится специализированное обследование для выявления взаимосвязи изменений с кислотными выпадениями.

2.2.1.2. Сбор информации о почвах, растительности и других компонентах экосистемы

В ходе предварительного обследования необходимо собрать информацию о почвах, растительности, географических и метеорологических параметрах территории. При необходимости проводятся полевые работы. Информация, полученная для постоянных пунктов наблюдения, должна быть правильно записана, характеристики пунктов наблюдения должны быть разъяснены. Желательно провести подбор сопоставимых карт почв и растительности, созданных на основе стандартизированных

международных классификаций. Классификации почв и растительности должны быть унифицированы в соответствии с Почвенной картой мира ФАО/ЮНЕСКО (FAO/UNESCO, 1977).

а) Информация о почвенном покрове

Большинство стран Восточной Азии имеют свои почвенные карты. Тем не менее, в ряде случаев для отдельных стран почвенные карты представляют собой карты землепользования. Для анализа территории мониторинга необходимо использовать карты, соответствующие международной классификации, например, такие как Почвенная карта мира ФАО/ЮНЕСКО. Если такие карты не доступны, то необходимо сопровождать карты каждой страны описанием горизонтов репрезентативных почвенных профилей и аналитическими материалами, которые позволят оценить тип почв. Желательно предоставлять информацию о минералогическом составе почв и истории землепользования.

Для проведения предварительного обследования рекомендуется использовать почвенные карты масштаба 1:25 000, также можно использовать карты масштаба 1:50 000. Если карты данных масштабов не доступны, то следует использовать карты как можно более крупного масштаба.

Примечание:

- Если для района предварительных исследований отсутствуют почвенные карты, то необходимо проведение полевого обследования территории для сбора геологической, географической информации и/или информации о землепользовании.

- Геологические карты поверхности, географические карты и карты землепользования также могут быть полезны для оценки характеристик пунктов наблюдения. Таким образом, для предварительного обследования необходимо собрать всю имеющуюся соответствующую информацию.

b) Информация о растительном покрове

Большинство стран Восточной Азии имеют свои собственные карты растительности (геоботанические карты), карты физиогномической структуры растительности и карты землепользования. Как уже упоминалось выше, для сравнительного анализа желательно выбирать карты, соответствующие международным классификациям, такие как почвенная карта мира ФАО/ЮНЕСКО.

Примечание:

- Если для района предварительных исследований отсутствуют карты растительности, то целесообразно использовать аэрофото- и/или спутниковые снимки, на которых показана растительность.

c) Климатические и метеорологические данные.

Для сбора метеорологических данных: температуры, осадков, испарения, направления/скорости ветра и инсоляции (например, фотосинтетически активной радиации, ФАР) необходимо использовать станции метеорологических наблюдений. Эти метеорологические станции должны располагаться в пределах примерно 50 км радиуса от станций мониторинга выпадений. Особенно важно получение

среднегодовых значений температуры и осадков за 10 и более лет, предшествующих обследованию территории.

Все климатические и метеорологические параметры не являются обязательными на этапе предварительного обследования территории. Могут быть использованы результаты наблюдения, полученные в соответствии с процедурами национальных систем метеорологических наблюдений страны – участницы ЕАНЕТ.

2.2.1.3. Предварительное обследование почвенного покрова

В дополнение к информации о почвенном покрове, приведенной выше, почвы следует разделять на типы с высокой, низкой и средней чувствительностью к кислотным выпадениям, необходимо фиксировать пространственное распределение каждого типа почв. При необходимости следует провести полевые работы, чтобы получить более подробную информацию о пространственном распределении почв, которая необходима для выбора пунктов постоянного мониторинга. Эти результаты должны быть нанесены на карты, затем должны быть описаны области распространения каждой почвы.

Стандартное разделение типов почв по чувствительности к кислотным выпадениям приведено в Примечании I к настоящему руководству. Буферность почв варьируется в зависимости от типа коренных пород, типа почвы, содержания обменных оснований, рельефа и других факторов. В частности, чувствительность к кислотным выпадениям, как правило, высока в районах, где распространены коренные породы кислого состава; pH почвы низкий, почва олиготрофна с низким процентом насыщения основаниями и высоким содержанием обменного алюминия. В таких районах

непрерывные кислотные выпадения имеют тенденцию подавлять рост растений.

2.2.1.4. Предварительное обследование лесов

В дополнение к приведенной выше информации по растительности и землепользованию следует уточнять распределение лесных площадей, и каждого типа леса. Картина распределения типов леса должна оцениваться с учетом карты почвенного покрова, таким образом могут быть выделены некоторые области леса с отличающимися типами почв.

2.2.2. Организация постоянного пункта наблюдения

2.2.2.1. Критерии выбора места размещения пункта наблюдения

При выборе места размещения постоянного пункта наблюдения следует учитывать следующие критерии:

(a) Рекомендуется выбрать две лесные площадки, почвы которых имеют различную чувствительность к кислотным выпадениям.

(b) Каждая площадка должна располагаться в сплошном лесном массиве площадью более одного гектара. Если площадка окружена ветрозащитными полосами, то достаточно 0,2 гектара.

(c) Площадки должны быть доступны для обследований в течение длительного периода времени (десятилетий). Поэтому следует выбирать участки местности, на которых характер землепользования за этот период не изменится.

(d) На различных площадках предпочтительно выбирать единый вид древесной растительности и доминирующий тип растительности.

Схема постоянного пункта наблюдения показана на рис. 2.2.

Примечание:

- При выборе двух лесных площадок в соответствии с критерием (а), следует также учитывать расстояние между каждой площадкой и источниками выбросов. Если одна площадка находится ближе к источникам выбросов, чем другая, то следует оценить влияние источников выбросов и тип почвы на обеих площадках.
- При создании площадки в лесных насаждениях, необходимы документы о лесопользовании.
- Возможно отступление от критериев размещения площадок наблюдения, в таком случае следует тщательно зафиксировать все отличия.

2.3. Методы мониторинга почв

2.3.1. Выбор участков для мониторинга почв

Как показано на рис. 2.2, следует выбрать две лесных площадки, почвы которых имеют разную чувствительность к кислотным выпадениям. Для каждого типа почвы следует выбирать случайным образом несколько участков (не менее двух), которые должны занимать площади от 5 м x 5 м до 10 м x 10 м.

2.3.1.1. Описание почвенного профиля

При организации участков для мониторинга почв необходимо подготовить описание почвенного профиля. Почвенный профиль должен быть заложен в центре участка-кандидата до отбора проб почвы. Используемые методы, в том числе практические процедуры,

параметры обследования и классификация почв, должны быть унифицированы в соответствии с руководящими принципами ФАО по описанию почв (FAO, 1990). Для обеспечения сопоставимости данных, полученных в рамках программ почвенных исследований в разных странах необходимо представить описание почвенного профиля, составленное в соответствии с национальными стандартными методами почвенных исследований. К описанию почвенного профиля также следует приложить крупномасштабную географическую карту (например, 1:1000) и /или схему местности вокруг участка наблюдения, а также фотографию почвенного профиля с масштабной шкалой.

Если результаты описания почвенного профиля соответствуют ожидаемым, на участке следует выбрать пять пробных площадок, как описано ниже.

Примечание:

- Если результат описания почвенного профиля сильно отличается от ожидаемого, то необходимо подготовить описания почвенных профилей для нескольких дополнительных участков, расположенных на том же пункте наблюдения.

2.3.1.2. Выбор пробных площадок для отбора проб почвы

На участке выбираются пять пробных площадок, размер каждой из которых должен составлять 1 м x 1 м. Пробные площадки должны располагаться в центре и на диагональных линиях участка, как показано на рис.2.3. Однако местоположение пробных площадок может быть изменено для получения образцов почвы, не подвергающейся прямому воздействию стволового стока.

Примечание:

- Приведенная выше процедура отбора проб, называемая многоступенчатым отбором проб, описана на рис. 2.4. Как упоминается далее, эта процедура отбора проб применяется и для проведения контроля качества/обеспечения качества данных.

2.3.1.3. Сохранение участка для мониторинга почв

В течение периода мониторинга почв экосистема участков не должна подвергаться каким-либо антропогенным воздействиям.

Для того, чтобы отбор проб проводился каждый раз в одном и том же месте, для идентификации участков отбора проб, занимающих площадь от 5 м x 5 м до 10 м x 10 м необходимо использовать постоянные знаки, изготовленные из нержавеющей стали или пластика. Участки, подвергнувшиеся отбору почвенных проб, помечаются, чтобы отличить их во время следующего отбора проб от нетронутых участков.

2.3.1.4. Описание участка мониторинга почв

Общие параметры участка мониторинга почв, приведенные ниже, должны быть занесены в форму (почва и растительность Б):

- детальное наименование населенного пункта ближайшего к участку;
- широта и долгота участка (центра);
- высота участка над уровнем моря с точностью до 10 м;
- экспозиция склона (должна быть измерена клинометром и приведена как угол относительно севера или юга);
- средний для всех участков угол наклона;

- тип леса (первичный, вторичный, искусственное насаждение);
- записи о времени возобновления, числе и возрасте вырубок, прореживания, внесении удобрений и специальной обработки;
- возраст древостоя определяется как время, прошедшее с момента возобновления. Если присутствуют деревья, возраст которых больше, то реальный возраст должен быть записан в скобках.

Если выбранный участок не соответствует стандартным критериям отбора, то отличия должны быть указаны.

Почвенный профиль также должен быть занесен в форму (почва и растительность С).

2.3.2. Параметры мониторинга и периодичность проведения анализа

Параметры мониторинга, периодичность проведения анализа и рекомендуемые аналитические методы обобщены в следующих таблицах.

Таблица 2.1. Параметры мониторинга почвы

Параметры	Единицы измерения	Критерий	Периодичность проведения анализа
Химические свойства почвы			
a) Влажность (весовая)	%	О	Каждые 3-5 лет
b) рН (Н ₂ О) и рН (KCl)		О	
c) Обменные основания (Ca, Mg, K, Na)	сМоль(+)/кг	О	
d) Обменная кислотность	сМоль(+)/кг	О	
e) Обменные Al, Н	сМоль(+)/кг	Н	
f) Эффективная ёмкость катионного обмена (ЕКО _{эфф})	сМоль(+)/кг	О	
g) Содержание карбонатов (для карбонатных почв)	% CaCO ₃	О*	
h) Общее содержание углерода	г/кг	Н	
i) Общее содержание азота	г/кг	Н	
j) Подвижные фосфаты	P мг/кг	Д	
k) Сульфаты	S мг/кг	Д	
Физические свойства почвы			
a) Плотность мелкозернистых пород	мг/м ³	Н	
b) Сопротивление пенетрации (при полевых работах)	кг/см ²	Н	

О: обязательные параметры;

Н: необязательные параметры;

Д: дополнительные параметры.

* Содержание карбонатов является обязательным параметром только для известковых почв.

Таблица 2.2. Аналитическое оборудование и методы исследования почв

Параметры	Оборудование/методы
Химические свойства почвы	
a) Влажность	Сушильный шкаф, весы
b) pH (H ₂ O) и pH (KCl)	Стеклянный электрод
c) Обменные основания (Ca, Mg, K, Na)	ААС, АЭС-ИСП или ИСП-МС (экстракция CH ₃ COONH ₄)
d) Обменная кислотность	Титрование (экстракция KCl)
e) Обменные Al, H	Титрование (экстракция KCl)
f) Эффективная ёмкость катионного обмена (ЕКО _{эфф})	Расчет (как сумма обменных катионов)
g) Содержание карбонатов (для карбонатных почв)	Объемный кальциметр
h) Общее содержание углерода	Титрование (метод Уокли-Блэка) или CN-анализатор
i) Общее содержание азота	Титрование (метод Кьельдаля) или CN-анализатор
j) Подвижный фосфор	Спектрофотометрия (тест Брэя-1)
k) Сульфаты	Турбидиметрия, ионная хроматография, АЭС-ИСП или ИСП-МС
Физические свойства почвы	
a) Плотность мелкозернистых пород	Металлический пробоотборный цилиндр, сушильный шкаф, весы
b) Сопротивление пенетрации (при полевых работах)	Карманный пенетrometer

2.3.3. Отбор почвенных образцов

На каждой пробной площадке после удаления слоя подстилки (горизонт O) с фиксированной глубины отбирают 1-2 кг почвы. Пробы

верхнего (0-10 см) и нижележащего (10-20 см) отбирают лопатой или металлическим пробоотборным цилиндром. Образец отбирают в равных пропорциях по всему слою.

На центральной пробной площадке образцы должны отбираться рядом с почвенным разрезом. На угловых площадках выкапывают соответствующие по размеру ямы для отбора проб. Отбор проводится аналогичным образом. При следующем пробоотборе выкапывают соответствующую по размеру яму и на центральной площадке.

Примечание:

- Почва, горизонты которой имеют ограниченную глубину, может быть чувствительна к кислотным выпадениям. В случае, если почвенные горизонты имеют малую мощность (например, менее 5 см), для химического анализа отбирают каждый горизонт.
- Предпочтительно, чтобы самый верхний горизонт (0-10 см) был разделен на два слоя (0-5 см и 5-10 см) для обнаружения небольших изменений химических свойств верхнего горизонта.

2.3.4. Пробоподготовка образцов почв

Отобранные образцы почвы сушат на воздухе до воздушно-сухого состояния, затем просеивают через сито с ячейками диаметром 2 мм. Включения (камни), крупные корни и растительные остатки размером более 2 мм удаляют вручную. В случае если для анализа необходим измельченный материал, помол почв проводят непосредственно перед анализом.

2.3.5. Химические свойства почвы

Для каждого метода химического и физического анализа в руководстве указан серийный номер, который начинается с SA - 001 для химических анализов и SA - 101 для физических анализов.

- а) Весовая влажность (обязательный параметр)

Метод SA-001
Стандартные методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Содержание влаги в образце определяют весовым методом перед основным анализом почвы.

II. Основное оборудование

1. Набор бюксов или термостойких колб с притертыми крышками.
2. Сушильный шкаф.

III. Методика

1. Определите массу бюкса (колбы) с крышкой (С).
2. Поместите 5 г воздушно-сухой просеянной почвы в бюкс с известной массой и проведите взвешивание с точностью 0,001 г (А грамм).
3. Поместите образец в сушильный шкаф, предварительно сняв крышку с бюкса.

4. Высушите образец при температуре 105°C. Время сушки — 8 часов.

5. Выньте бюкс из сушильного шкафа, закройте крышкой, охладите в эксикаторе и взвесьте (В грамм).

IV. Расчет

Весовая влажность в $wt\%$ вычисляется по уравнению:

$$wt.\% = [(A - B) / (B - C)] \times 100$$

Соответствующий поправочный коэффициент влажности (mcf) для результатов анализа или коэффициент умножения для массы образца, взвешиваемого для анализа, равен:

$$mcf = (100 + \text{влаж}\%) / 100$$

V. Отчет

Запишите значение влажности в % с точностью до десятых. Все данные анализа должны быть скорректированы с учётом поправочного коэффициента влажности и выражены на массу абсолютно сухой почвы.

b) $pH(H_2O)$, $pH(KCl)$ (обязательный параметр)

Метод SA-002
Стандартные методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

pH почвы измеряют потенциометрически в надосадочной жидкости почвенной суспензии (соотношение почва / жидкость 1/2,5).

Может быть измерено значение или $pH(H_2O)$, или $pH(KCl)$.

II. Оборудование

1. pH-метр со стеклянным каломельным комбинированным электродом.
2. Установка для встряхивания проб (ротатор, встряхиватель).

III. Реактивы

1. 1 М (моль/л) раствор хлорида калия (KCl): растворите 74,5 г KCl в деионизированной воде в мерной колбе объемом 1 литр и доведите раствор до метки.
2. Буферные растворы, pH 4,00¹, 7,00¹ и 9,00¹ (или 10,00): приготовьте из ампул стандартных аналитических образцов² в соответствии с прилагаемой к ним инструкцией.

IV. Методика

1. Откалибруйте pH-метр с помощью буферных растворов в диапазоне, в котором планируете проводить измерение. Из-за различий в наклоне калибровочной линии измерения вне калибровочного диапазона могут быть ошибочными.
2. Поместите 20 г просеянной почвы в полиэтиленовую бутылку объемом 100 мл с широким горлом.
3. Добавьте 50 мл жидкости (воды или 1 М раствора KCl) и закройте бутылку крышкой.
4. Поместите бутылку на ротатор и встряхивайте в течение 2 часов.
5. Перед началом измерения сильно встряхните бутылку рукой один-два раза.
6. Погрузите электрод в верхнюю часть суспензии.

7. Запишите значение pH, после стабилизации показаний (точность 0,1 единицы).

Примечание: показания считаются стабильными, если они изменяются не более чем на 0,1 единицы за 30 секунд. В карбонатных почвах стабилизация показателей может быть затруднена из-за неравновесных условий.

V. Замечания

1. Буферные растворы не подлежат долгому хранению: растворы pH 9 и 10, чувствительны к насыщению CO₂ и могут в течение короткого времени стать недостоверными.

VI. Отчет

Значения pH регистрируются с точностью до 0,1 единицы.

с) Обменные основания (Ca, Mg, K, Na) (обязательный параметр)

Метод SA-003
Стандартные методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Образец промывают ацетатом аммония. Затем, измеряют содержание основных катионов в полученном фильтрате. Ниже представлены два метода анализа. В основе методов лежит общий принцип работы, однако, они имеют технологические различия:

1. **метод экстракционной трубки;**
2. **метод автоматического экстрактора.**

Примечание:

- возможно использование альтернативного метода экстракции: фильтрация с легким всасыванием с использованием 55-миллиметровой воронки Бюхнера или воронки Pyrex Buchner (размер № 40). Этот метод описан на стр.160, Method of Soil Analysis, Part 2 (American Society of Agronomy 1982).
- возможно применение метода центрифугирования, который описан на стр.161, Method of Soil Analysis, Part 2 (American Society of Agronomy 1982).

II. Основное оборудование

1. Экстракционные трубки (или шприцы объемом 60 мл) или автоматический экстрактор* (Holmgren et al, 1977). Необходимо использовать экстракционные трубки диаметром 2-2,5 см и длиной около 30 см, с регулируемым выпускным отверстием (резиновая или пластиковая трубка с винтовым зажимом или запорным краном).
2. pH-метр.
3. ААС или ИСП.

III. Реактивы

1. Для трубок: прокаленный и промытый морской песок, вата.
Для автоматического экстрактора: целлюлозный фильтр.
2. Для приготовления раствора ацетата аммония (1 М) поместите навеску ацетата аммония массой 385 г в мерную колбу объемом 5³ литров и растворите ее в воде. Затем, доведите раствор до метки. С помощью растворов аммиака (1 М) или уксусной кислоты

доведите pH до значения 7,0. Для известковых почв pH ацетатных растворов должен составлять 8,2.

IV. Методика

1. Метод экстракционной трубки

Подготовка к анализу

Для каждой серии проб необходимо дополнительно готовить два бланковых образца⁴ (25 г морского песка, без почвы) и один контрольный образец².

1. Установите экстракционную трубку в вертикальном положении на подставку или стойку.

2. Закройте дно трубки ватой, уплотните ее используя поршень. Внесите около 10 г морского песка. Высота слоя песка должна быть не менее 1 см.

3. В фарфоровой посуде взвесьте 5 г образца (с точностью 0,01 г), добавьте к образцу около 25 г морского песка хорошо перемешайте лопаточкой.

4. Количественно перенесите смесь в экстракционную трубку и разровняйте смесь длинным шпателем или палочкой.

5. Внесите около 10 г морского песка. Высота слоя песка должна быть не менее 1 см.

6. Накройте образец крышкой, чтобы избежать уплотнения образца.

Обменные основания

Присутствие в почве растворимых солей может стать причиной завышенной оценки содержания обменных оснований. Поэтому

процедура анализа может различаться в зависимости от наличия или отсутствия растворимых солей.

Для определения хода дальнейшего анализа используют величину электропроводности водной суспензии (метод определения электропроводности почв приведен на стр.35):

- а. при $EC_{25} > 0,5$ мСм: необходима предварительная промывка образца от растворимых солей;
- б. при $EC_{25} < 0,5$ мСм: предварительная промывка не требуется, так как содержание растворимых солей незначительно.

Внимание: промывка от растворимых солей может оказать влияние на показатель адсорбируемости натрия (ПАН), что может привести к ошибочным результатам. В тех случаях, когда предполагается высокая погрешность анализа, определение обменных оснований следует считать невозможным.

а. **Если $EC_{25} > 0,5$ мСм:**

1. Поместите под выходное отверстие трубки колбу объемом 150 мл.
2. Заполните мерную колбу на 100 мл этанолом (80%). Отберите из этой колбы около 25 мл этанола и перенесите в трубку.
3. Откройте выходное отверстие для облегчения вытеснения воздуха из образца. Когда первые капли просочатся через выходное отверстие, закройте его.
4. Проверьте трубку на наличие зажатых пузырьков воздуха, постарайтесь удалить их легким постукиванием по трубке. Если удалить их не получается, то осторожно проткните почвенно-песчаную смесь длинной монтажной иглой. Дайте постоять 20 минут.

5. Вставьте мерную колбу с оставшимся этанолом вверх дном в экстракционную трубку.

Примечание: при использовании короткой экстракционной трубки, или шприца, мерная колба должна быть закреплена над этой трубкой (шприцом) на штативе или стойке. Отрегулируйте расстояние так, чтобы между образцом в трубке и горлышком колбы было примерно 5 см.

6. Откройте и отрегулируйте выходное отверстие так, чтобы 100 мл промывочной жидкости (этанола) просочилось за 2 часа (прибл. 20 капель/мин.).

7. Слейте промывочную жидкость и поместите под выходное отверстие мерную колбу-приемник объемом 100 мл.

8. Из мерной колбы объемом 100 мл, заполненной до метки, 1 М раствором ацетата аммония, добавьте около 25 мл в трубку, а затем вставьте колбу вверх дном в трубку.

9. Отрегулируйте выходное отверстие так, чтобы раствор объемом 100 мл просочился за 4 часа (прибл. 10 капель/мин.).

10. Доведите объем раствора в мерной колбе-приемнике до метки с помощью 1 М ацетата аммония, перемешайте.

11. Измерьте содержание Ca, Mg в этом экстракте с помощью ААС или ИСП, а K и Na - с помощью ААС, ПЭС или ИСП.

b. Если $EC_{25} < 0,5 \text{ мСм}$

1. Откройте выходное отверстие и поместите под него мерную колбу-приемник объемом 100 мл.

2. Из мерной колбы объемом 100 мл, заполненной до метки, 1 М раствором ацетата аммония, добавьте около 25 мл в трубку.

3. Когда первые капли просочатся через выходное отверстие,

закройте его.

4. Проверьте трубку на наличие зажатых пузырьков воздуха, постарайтесь удалить их легким постукиванием по трубке. Если удалить их не получается, то осторожно проткните почвенно-песчаную смесь длинной монтажной иглой.

5. Поместите мерную колбу с оставшимся раствором ацетата аммония вверх дном на трубку и дайте постоять 20 минут.

Примечание: при использовании короткой экстракционной трубки, или шприца, мерная колба должна быть закреплена над этой трубкой(шприцом) на штативе или стойке. Отрегулируйте расстояние так, чтобы между образцом в трубке и горлышком колбы было примерно 5 см.

6. Отрегулируйте выходное отверстие так, чтобы раствор объёмом 100 мл просочился за 4 часа (прибл. 10 капель/мин).

7. Доведите объём раствора в мерной колбе-приемнике до метки с помощью 1 М раствора ацетата аммония, перемешайте.

8. Измерьте содержание Ca, Mg в этом экстракте с помощью ААС или ИСП, а K и Na - с помощью ААС, ПЭС или ИСП.

2. Метод автоматического экстрактора

Подготовка

Для каждой серии проб необходимо дополнительно готовить два бланковых образца⁴ (25 г морского песка, без почвы) и один контрольный образец⁵.

1. Закройте нижнюю часть пробоотборной трубки приблизительно 1 г фильтровального материала, утрамбуйте его при помощи поршня.

2. Внесите 2,5 г (с точностью 0,01 г) просеянной почвы и поместите пробоотборную трубку с образцом в верхний диск экстрактора. При необходимости разровняйте образец шпателем.

3. Соедините пробоотборную трубку с наборным шприцем, поршень которого вставлен в паз неподвижного диска экстрактора.

Обменные основания

Присутствие в почве растворимых солей может стать причиной завышенной оценки содержания обменных оснований. Поэтому процедура анализа может различаться в зависимости от наличия или отсутствия растворимых солей.

Для определения хода дальнейшего анализа используют величину электропроводности водной суспензии (метод определения электропроводности почв приведен на стр.31):

a. $EC_{25} > 0,5$ мСм: необходима предварительная промывка от растворимых солей.

b. $EC_{25} < 0,5$ мСм: содержание растворимых солей незначительно, предварительная промывка не требуется.

Внимание: Промывка от растворимых солей может изменить так называемый пониженный коэффициент (показатель адсорбируемости натрия, ПАН). Следовательно, состав обменного комплекса будет изменяться (при разбавлении доля одновалентных катионов будет уменьшаться), что приведет к ошибочным результатам. В тех случаях, когда предполагается, что эти ошибки будут недопустимо высоки, определение обменных оснований следует считать невозможным.

a. Если $EC_{25} > 0,5$ мСм

1. С помощью промывалки омойте стенки трубки с образцом небольшим количеством 80% этанола.
2. Осторожно наполните трубку с образцом до отметки 25 мл этанолом, оставьте на 20 минут.
3. При необходимости снова заполните трубку до 25 мл и поместите трубку-резервуар поверх трубки для пробы. Добавьте 40 мл 80% этанола в резервуарную трубку, запустите экстрактор и проводите экстракцию в течение 2 часов.
4. Отсоедините трубку-резервуар и наборный шприц. Удалите промывочную жидкость и замените наборный шприц чистым. Перейдите к шагу b (следующий раздел).

b. Если $EC_{25} < 0,5$ мСм

1. Используя промывалку, ополосните стенки пробирки с образцом небольшим количеством 1 М ацетата аммония.
2. Осторожно наполните трубку с образцом раствором ацетата аммония до отметки 25 мл и выдержите в течение 20 минут.

Примечание: если предварительно проводилась промывка, то нет необходимости выдерживать в течение 20 минут.

3. При необходимости снова заполните трубку до 25 мл и поместите трубку-резервуар поверх трубки для пробы.
4. Добавьте 40 мл 1 М ацетата аммония в резервуарную трубку, запустите экстрактор и проводите экстракцию в течение 8 часов.
5. Отсоедините колбу-приемник, количественно перенесите содержимое в мерную колбу объемом 100 мл и доведите объем до метки раствором 1 М ацетата аммония.
6. Измерьте содержание Ca, Mg в этом экстракте с помощью ААС или ИСП, а K и Na - с помощью ААС, ПЭС или ИСП.

V. Расчеты

$$\begin{aligned} \text{Обменный } Ca \text{ (смоль (+) / кг почвы)} \\ = [(a - b) * 10 * 100 * mcf] / [10 * 20.04 * s]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Обменный } Mg \text{ (смоль (+) / кг почвы)} \\ = [(a - b) * 10 * 100 * mcf] / [10 * 12.15 * s]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Обменный } K \text{ (смоль (+) / кг почвы)} \\ = [(a - b) * 2 * 100 * mcf] / [10 * 39.10 * s]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Обменный } Na \text{ (смоль (+) / кг почвы)} \\ = [(a - b) * 2 * 100 * mcf] / [10 * 23.00 * s]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Насыщенность основаниями} \\ = [\text{Обменные}(Ca + Mg + K + Na) / EKOэфф] * 100, \end{aligned}$$

Где,

- a = содержание Ca, Mg, K или Na в разбавленном фильтрате, мг/л;
- множители $x10$ и $x2$ характеризуют разбавление фильтрата;
- b = то же самое в разбавленном фильтрате бланковой пробы⁴;
- s = вес воздушно-сухого образца в граммах;
- mcf = поправочный коэффициент влажности.

VI. Отчет

Результаты анализа выражаются в смоль(+)/кг почвы для соответствующих катионов и в % для показателя насыщенности основаниями с точностью до 2 знака после запятой.

VII. Замечание

Применение описанного метода к известковым (и гипсовым) почвам приводит к ошибочным результатам (как и применение многих

других методов). Растворение карбонатов особенно мешает определению обменного Са (завышение результатов).

Результаты могут быть в некоторой степени улучшены путем повышения pH ацетатного буферного раствора до 8,2, при котором растворимость катионов Са и Mg снижается. Снижение растворимости катионов Са и Mg также достигается при использовании смеси ацетатный буфер (pH 7) / этанол (например, 1:1). Поскольку ни в том, ни в другом случае растворимость не снижается до нуля, результаты остаются недостоверными.

Использование метода тиомочевины серебра, описанного в р.10-1, Procedure for Soil Analysis, fourth edition (ISRIC 1993), может приводить к более точным результатам.

Результаты анализа обменных оснований следует использовать для расчета эффективной ёмкости катионного обмена ($EKO_{эфф}$).

Измерение электропроводности (ISRIC 1993).

I. Оборудование

1. Кондуктометр с датчиком погружного типа и измерительной ячейкой.

II. Реактивы

1. Стандартный раствор⁵ хлорида калия, 0,01 М: Разбавьте стандартную ампулу аналитического концентрата² 0,1 М KCl в соответствии с инструкцией. С помощью пипетки 10 мл стандартного раствора⁵ 0,1 М KCl перенесите в мерную колбу объемом 100 мл и доведите раствор до метки водой. В качестве альтернативы растворите навеску высушенного в сушильном шкафу (при 105⁰С) KCl массой

0,7456 г в дистиллированной воде в мерной колбе объёмом 1 литр, доведите объем до метки водой.

III. Калибровка кондуктометра и измерительной ячейки

1. В зависимости от типа кондуктометра или промойте и заполните измерительную ячейку стандартным раствором⁵ KCl, или ополосните и поместите датчик погружного типа в стандартный раствор⁵ KCl.
2. Измерьте температуру.
3. Установите шкалу температурной компенсации на измеряемую температуру и отрегулируйте показания датчика до 1,412 мСм/см с помощью шкалы постоянной ячейки.

IV. Измерение

1. Измерьте температуру экстракта и установите шкалу температурной компенсации на эту температуру. (Показания будут автоматически корректироваться до 25°C).
2. Налейте в сосуд такой объем экстракта, приготовленного в пункте с) (метод определения обменных оснований стр.22), чтобы рабочая часть датчика кондуктометра была полностью погружена в раствор.
3. Промывайте и высушивайте электрод между проведением измерений. После завершения работы электрод хранят в насыщенном растворе KCl.

d) Обменная кислотность (обязательный параметр)

Метод SA-004
Стандартные методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Образец промывают 1 М раствором KCl. Кислотность, обусловленную разными компонентами почвы, измеряют методом титрования.

II. Основное оборудование

1. Бюретка

III. Реактивы

1. Экстрагирующий раствор — раствор хлорида калия (KCl), 1 М: растворите 373 г KCl в деионизированной воде и доведите объем раствора до 5⁴ л. (для приготовления экстрагирующего раствора меньшего объема, допускается использование мерной колбы объемом 1 л). Растворите 74,5 г. хлорида калия в небольшом объеме деионизированной воды, доведите объем раствора до метки).

2. Соляная кислота (HCl), 0,02 М (стандартный раствор⁵): разбавьте стандартный аналитический раствор² из ампулы (1 г/1 л) в соответствии с инструкцией.

3. Раствор гидроксида натрия (NaOH), приблизительно 0,025 М (стандартизированный): растворите 1 г NaOH в деионизированной воде в мерной колбе объемом 1 л. Доведите до метки деионизированной водой. Стандартизируйте, установите точную концентрацию раствора путем титрования стандартным раствором⁵ 0,02 М HCl.

Примечание: Этот способ является альтернативным приготовлению раствора с использованием ампулы аналитического стандартного раствора⁵. Стандартный раствор⁵ гидроксида натрия имеет ограниченный срок службы и нуждается в повторной стандартизации после хранения, так как действие защитного клапана от CO₂ ограничено (частым) открыванием бутылки.

4. Индикаторный раствор фенолфталеина, 0,1 %: растворите 100 мкг фенолфталеина в 100 мл 96%-ного этанола.

IV. Методика

1. Промывка

Опыт проводится в двух повторностях для каждого образца, на каждую серию анализов готовится 1 бланковая проба⁴.

А. Подготовьте воронку с сухим бумажным фильтром и мерную колбу на 100 мл. Возьмите навеску измельченной почвы - 10 г (с точностью 0,05 г). Перенесите навеску на сухой бумажный фильтр в воронке, помещенной в мерную колбу объемом 100 мл.

В. Проводите промывку почвенной пробы путем десятикратного приливания 10 мл 1 М раствора KCl с 15-минутными интервалами. Промывка должна занимать около 2,5 часов.

С. После того как последняя порция просочится, выньте воронку и доведите экстракт до метки 1 М раствором KCl, перемешайте полученный раствор.

2. Определение обменной кислотности

А. Поместите аликвоту экстракта объемом 25 мл в колбу Эрленмейера (коническую колбу) на 250 мл и добавьте 3-5 капли

раствора фенолфталеина. Отбор аликвоты необходимо проводить пипеткой.

В. Титруйте 0,025 М раствором NaOH до появления устойчивой розовой окраски. Окраска должна сохраняться в течении 1 минуты.

Примечание 1: ослабление розовой окраски может быть вызвано осаждением гидроксида алюминия. Это можно исправить, добавив еще одну каплю фенолфталеина.

Примечание 2: при использовании автоматического титратора установите конечную точку pH на уровне 7,60.

V. Расчет

Обменная кислотность (X):

$$X(\text{смоль (+)/кг почвы}) = [(a - b) * M * 4 * 100 * mcf] / s,$$

Где,

- a = объём NaOH, использованный для титрования анализируемой пробы, мл;
- b = объём NaOH, использованный для титрования бланковой пробы⁴, мл;
- M = молярность раствора NaOH;
- s = масса воздушно-сухого образца, грамм;
- 4 = коэффициент аликвоты;
- mcf = поправочный коэффициент влажности.

VI. Отчет

Результаты приводятся в смоль (+)/кг почвы с точностью до 2 знака после запятой.

е) Обменные Al и H (сумма равна обменной кислотности)
(необязательный параметр)

Метод SA-005
Рекомендуемые методы: Метод почвенного анализа (1965), с. 994.
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Небуферизованный 1 М раствор KCl вытесняет обменные H и Al из почвы. Обменные Al и H в экстракте KCl измеряются по отдельности титрованием.

II. Основное оборудование

1. Бюретка

III. Реактивы

1. Соляная кислота (HCl), 0,1 М (стандартный раствор⁵): разведите стандартный аналитический раствор² из ампулы в соответствии с инструкцией.

2. Раствор гидроксида натрия (NaOH), приблизительно 0,1 М (стандартизированный): растворите 4 г NaOH в деионизированной воде в мерной колбе объемом 1 л. Доведите деионизированной водой до метки. Стандартизация этого раствора осуществляется титрованием 0,1 М стандартным раствором⁵ HCl.

3. Раствор фторида натрия (NaF): растворите 40 г NaF в 1 л воды.

4. Индикаторный раствор фенолфталеина, 0,1 %: растворите 100 мкг фенолфталеина в 100 мл 96 % - ного этанола.

IV. Методика

1. С помощью пипетки поместите в колбу объемом 250 мл 25 мл солевой вытяжки KCl (экстракт из раздела d), содержащей обменные катионы Al (и H), и добавьте 5 капель индикатора фенолфталеина.

2. Проведите титрование раствором 0,1 М NaOH до устойчивой розовой окраски при попеременном перемешивании и выдерживании. При необходимости добавьте еще несколько капель индикатора, чтобы возместить адсорбированный осадком $Al(OH)_3$. Количество используемого основания эквивалентно общей величине кислотности во взятой аликвоте.

3. Добавляйте по каплям 0,1 М HCl до обесцвечивания раствора. Затем, добавьте 10 мл раствора NaF. При добавлении NaF раствор окрасится в малиновый цвет.

4. Проведите титрование образца 0,1 М раствором HCl при постоянном перемешивании до полного обесцвечивания. Добавьте 1 или 2 капли индикатора. Если цвет появляется, продолжайте добавлять кислоту до тех пор, пока цвет полностью не исчезнет и не будет возобновляться в течение 2 минут.

V. Расчет

Обменный Al (смоль (+) / кг почвы) = $[b * MHCL * c * 100 * mcf] / s$;

Обменный H (смоль (+) / кг почвы) = $[(a * M NaOH - b * MHCL) * c * 100 * mcf] / s$,

Где,

- a = объём NaOH, использованный для титрования анализируемой пробы, мл;
- b = объём раствора HCl, использованный для титрования анализируемой пробы, мл;
- M_{HCl} = молярность раствора HCl;
- M_{NaOH} = молярность раствора NaOH;
- s = масса воздушно-сухого образца в граммах;
- c = коэффициент аликвоты (коэффициент = 2, при использовании 50 мл экстракта, при использовании аликвоты 25 мл коэффициент = 4);
- mcf = поправочный коэффициент влажности.

Примечание: Колориметрическое определение Al методом ААС или ИСП может быть выполнено по методикам, описанным Берчем и Блумом (Method of Soil Analysis; Part 3-Chemical Methods (1996) p.538, Soil Science Society of America, Inc., Madison, USA).

VI. Отчет

Результаты выражаются в смоль (+) / кг почвы с точностью до 2 знака после запятой.

f) Эффективная ёмкость катионного обмена ($\text{ЕКО}_{\text{эфф}}$)
(обязательный параметр)

Метод SA-006
Рекомендуемые методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Концепция эффективной ёмкости катионного обмена ($EKO_{эфф}$) была впервые сформулирована Coleman et al. (1959) как сумма обменных Ca, Mg и Al, вытесненных из почвы при использовании 1 М KCl, затем в концепцию были внесены изменения, теперь она также включает Na и K. Имеется много данных, свидетельствующих о том, что количество обменных катионов, извлеченных из незасолённых и некарбонатных почв любым из распространенных экстракционных растворов, очень близки (Grove et al., 1982). Эту методику можно использовать для оценки ёмкости катионного обмена почв, не содержащих солей и карбонатов.

II. Оборудование

То же, что и в разделах “Обменные основания”, “Обменная кислотность” или “Обменные Al и H”.

III. Реактивы

Те же, что и в разделах “Обменные основания”, “Обменная кислотность” или “Обменные Al и H”.

IV. Методика

Определите Ca, Mg, K, Na и Al с помощью методов ААС, ПЭС, ИСП или титрования.

V. Расчеты

$$\text{ЕКО}_{\text{эфф}} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Обменная кислотность}$$

или

$$\text{ЕКО}_{\text{эфф}} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Al} + \text{H},$$

Где,

- Ca = обменный Ca в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы;
- Mg = обменный Mg в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы;
- K = обменный K в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы;
- Na = обменный Na в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы;
- Al = обменный Al в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы;
- H = обменный H в сантимольях заряда катиона на килограмм почвы.

Для расчета следует использовать результаты определения обменных оснований (описаны на стр.22) и обменной кислотности (описаны на стр.33) или обменных Al и H, (описаны на стр.36).

VI. Отчет

Результаты анализа выражаются в смоль(+)/кг почвы с точностью до 2 знака после запятой.

Примечание:

В самых разнообразных почвах значения суммы основных катионов, экстрагированных различными экстрагентами, такими как, 1 М ацетат аммония, 0,2 М NH_4Cl , 0,2 М BaCl_2 , 0,2 М CaCl_2 , 1 М BaCl_2 -триэтаноламин и 0,01 М $\text{SrCl}_2 + \text{Al}$, экстрагированные 1 М KCl или 0,2 М NH_4Cl , были по существу одинаковыми, что указывает на то, что практически любой экстрагент подходит для оценки $\text{ЕКО}_{\text{эфф}}$.

g) Содержание карбонатов (обязательный параметр, если $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) > 7$)⁶

Метод SA-007
Рекомендуемые методы: SSSA 1996
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Образец почвы обрабатывают сильной кислотой. Объем выделившегося газа CO_2 измеряют волюмометрически.

II. Оборудование

1. Объемный кальциметр (Dreimanis 1962). Объемный кальциметр показан на рис.2.5.

2. Основными компонентами являются: (А) колба Флоренса объёмом 250 мл с резиновой пробкой с двумя отверстиями, (В) бюретка на 25 мл, (С) трехходовой запорный кран, (D) стеклянный манометр и (Е) уравнильный сосуд. Соединения могут быть выполнены с помощью труб Tygon.

3. Магнитная мешалка.

III. Реактивы

1. Соляная кислота (HCl) 6М, с добавлением 5 % (по массе) хлорида железа ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): добавьте 500 мл концентрированной HCl к 400 мл деионизированной воды, затем добавьте 50 г $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и разбавьте до общего объема 1 л.
2. n-амиловый спирт.
3. Химически чистый карбонат кальция (CaCO_3).

IV. Методика

1. Калибровка кальциметра. Пробоподготовка

A. Внесите навеску сухого химически чистого CaCO_3 мелкого помола (размер частиц должен быть достаточно мелкий, чтобы пройти через сито 100 ячеек/дюйм; номинальный размер пор 150 мкм) с точностью до 0,1 мг в отдельные реакционные сосуды. Рекомендуются использовать навески массой 10, 20, 30, 50, 75, 150, 200, 300, 400, 600 и 800 мг.

B. Поместите мешалку в реакционный сосуд и добавьте две капли амилового спирта.

C. Установите сосуд с навеской CaCO_3 в систему и заполните бюретку (B) до отметки 25 мл раствором HCl- FeCl_2 .

D. Откройте трехходовой запорный кран (C) в атмосферу и отрегулируйте уровень жидкости измерительной бюретки (D) ровно до 0 мл, отрегулировав высоту уравнительного сосуда (E).

E. Закройте соединение системы с атмосферой с помощью трехходового запорного крана (C) (при помощи поворота на 180 градусов) и опустите уравнительный сосуд примерно на 2 см.

F. Одновременно начните добавлять раствор HCl- FeCl_2 из бюретки (B) в образец и опускайте уравнительный сосуд. Уровень

жидкости в уравнительном сосуде должен быть на 1-2 см ниже уровня жидкости в измерительной бюретке (D).

Г. После увлажнения образца запустите магнитную мешалку (скорость перемешивания должна быть медленной).

Н. Закройте запорный кран стеклянного монометра (B) после того, как будет перелито 20 мл кислоты.

Когда уровень в газовой бюретке перестанет падать (обычно это занимает менее 3 мин), выровняйте уровни жидкости в уравнительном сосуде (E) и измерительной бюретке (D), снимите показания и запишите объем выделившегося CO_2 . Также запишите температуру (T) и барометрическое давление (P).

2. Определение общего содержания карбонатов в почве

В. Внесите 0,5 - 5,0 г почвы плюс-минус 1 мг, измельчённой до прохождения через сито 100 ячеек/дюйм (минимальный размер пор 150 мкм) в реакционный сосуд (A). Образец должен содержать не более 600 мг эквивалента CaCO_3 .

С. Выполните шаги (B) - (H), как описано выше. Если почва содержит доломит, для реакции потребуется более длительное время.

3. Расчет

1) Калибровка кальциметра:

А. скорректируйте объем CO_2 для стандартов², путём вычитания среднего объема CO_2 для бланковых проб⁴ следующим образом:

$$V_{\text{CO}_2(\text{corr})} = V_{\text{CO}_2(\text{std})} - V_{\text{CO}_2(\text{blank})};$$

В. пересчитайте все скорректированные объемы CO_2 на

значения для нормальных условий температуры и давления (стандартные условия STP: температура 273,15 К (0°C, 32°F) и абсолютное давление 100000 Па).

Используйте следующее уравнение:

$$V_{CO_2(STP)} = V_{CO_2(corr)}(273K/TK) (P_{мм\text{ рт. ст.}}/760\text{ мм рт. ст.})$$

C. Используя значения $V_{CO_2(STP)}$, определите расчетные значения $CaCO_3$, $W_{CaCO_3(cal)}$ при помощи следующего уравнения:

$$W_{CaCO_3(cal)} = [V_{CO_2(corr)}] (100\text{ г } CaCO_3 \text{ моль}^{-1} / 22.414\text{ л} * \text{моль}^{-1})$$

D. Постройте график реального содержания $CaCO_3$, W_{CaCO_3} , по оси y и $W_{CaCO_3} (cal)$ по оси x. График должен быть близок к прямой линии. Наклон C - это поправочный коэффициент между фактическим и расчетным $CaCO_3$. Значение C должно быть меньше 1 и связано с фактическим количеством CO_2 , оставшимся растворенным в HCl в реакционном сосуде в условиях анализа.

$$W_{CaCO_3} = (C) [W_{CaCO_3} (cal)]$$

2) Определение содержания карбонатов в почвах

A. $V_{CO_2(STP)}$ рассчитывается так, как указано выше в пунктах (а) и (б).

B. Вес $CaCO_3$ рассчитывается следующим образом:

$$W_{CaCO_3} = (c)[V_{CO_2(corr)}](100\text{ г } CaCO_3 \text{ моль}^{-1} / 22,414\text{ л} * \text{моль}^{-1})$$

C. Эквивалент карбоната кальция рассчитывается следующим образом:

$$\text{Эквивалент } CaCO_3, \% = (W_{CaCO_3} \text{ г} / W_{\text{почвы}} \text{ г})(100),$$

Где,

$W_{\text{почвы}}$ — масса почвы в г.

V. Отчет

Результаты приводятся в % CaCO_3 с точностью до десятых.

h) Общее содержание углерода (Содержание органического углерода) (Необязательный параметр)⁷

Метод SA-008
Рекомендуемые методы: ISRIC 1993
Метод подходит для минерального горизонта

Метод определения органического углерода почвы основан на принципах влажного и сухого окисления. Метод сухого окисления осуществляется полуавтоматически с помощью коммерчески доступных анализаторов C и N.

Из-за своей простоты метод Уокли-Блэка является наиболее подходящим для рутинного анализа.

I. Принцип анализа

Ниже описан метод Уокли-Блэка. Метод включает в себя влажное окисление органического вещества смесью бихромата калия и серной кислоты при температуре около 125°C.

Остаточный бихромат титруют сульфатом железа.

II. Оборудование

1. Бюретка.
2. Безопасная пипетка на 10 мл.
3. Магнитная мешалка с подсветкой.
4. Мерный цилиндр на 25 мл.

III. Реактивы

1. Стандартный раствор⁵ бихромата калия, 0,1667 М. Растворите навеску $K_2Cr_2O_7$ (чда) массой 49,04 г. (высушенного при 105°C) в деионизированной воде в мерной колбе объемом 1 л.
2. Концентрированная серная кислота (96%).
3. Концентрированная фосфорная кислота (85%).
4. Дифениламинсульфонат бария, 0,16%(индикатор): растворите 1,6 г дифениламинсульфоната бария в деионизированной воде мерной колбе объемом 1 л.
5. Раствор сульфата железа, 1 М: растворите навеску $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ массой 278 г примерно в 750 мл воды и добавьте 15 мл конц. H_2SO_4 . Количественно перенесите раствор в мерную колбу на 1 л и доведите объем до метки деионизированной водой.

IV. Методика

1. Разотрите около 5 г почвы, просейте через сито с ячейками 0,5 мм.
2. Взвесьте 1 г подготовленного материала (с точностью 0,01 г) и перенесите в колбу Эрленмейера с широким горлом объемом 500 мл. Подготовьте образец почвенного стандарта. Приготовьте два бланковых образца (колбы Эрленмейера без почвы) для стандартизации бихромата калия.

Примечание: в случае если почва, содержит более 2,5% углерода, следует уменьшить массу навески.

3. Добавьте 10 мл раствора бихромата.

4. Осторожно добавьте 20 мл серной кислоты с помощью мерного цилиндра, круговыми движениями перемешайте содержимое колбы и дайте постоять на подставке 30 минут (в вытяжном шкафу!).

5. Добавьте 250 мл воды и 10 мл фосфорной кислоты с помощью мерного цилиндра и дайте остыть.

6. Добавьте 1 мл раствора индикатора и титруйте раствором сульфата железа при перемешивании смеси. Ближе к конечной точке титрования коричневая окраска раствора переходит в фиолетовую или фиолетово-синюю, поэтому титрование необходимо замедлить. В конечной точке титрования происходит резкая смена окраски раствора на зеленый. Если прореагировало более 8 мл из 10 мл добавленного бихромата, то повторите анализ с меньшим количеством почвы (см. также шаг 2).

Примечание: возможен пропуск конечной точки титрования, в этом случае добавьте 0,5 мл раствора бихромата и проведите титрование повторно по каплям (соответственно измените расчет).

V. Расчет

Содержание углерода в почве рассчитывается следующим образом:

$$\% C = M * [(V1 - V2) / S] * 0.39 * mcf,$$

Где,

- М – молярность раствора сульфата железа (титрование бланковой пробы⁴);
- V1 – объём раствора сульфата железа для титрования бланковой пробы⁴, мл;

- V_2 – объём раствора сульфата железа для титрования анализируемой пробы, мл;
- S – масса воздушно-сухого образца почвы в граммах;
- $0.39 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 100\% \cdot 1.3$ (3 = эквивалентный вес углерода);
- m_{scf} = поправочный коэффициент влажности.

Примечание: коэффициент 1.3 является коэффициентом компенсации неполного окисления органического вещества в данной методике. Неполнота окисления зависит от типа органического вещества, и фактор 1.3 является компромиссом.

VI. Отчет

Содержание органического углерода (%) записывается с точностью до десятых.

i) Общее содержание азота (необязательный параметр)

Метод SA-009
Рекомендуемые методы
Метод подходит для минерального горизонта

Метод определения общего азота в почве основан на принципе сухого озоления и перегонки. Метод сухого озоления (Дюма) выполняется полуавтоматически с помощью имеющегося в продаже анализатора C и N.

Чаще всего для определения общего содержания азота используется метод Кьельдаля, описанный ниже.

I. Принцип анализа

Образец озоляется в серной кислоте и перекиси водорода с использованием селена в качестве катализатора, в результате чего органический азот переходит в форму сульфата аммония. Затем раствор подщелачивают, при этом выделяется газообразный аммиак. Выделившийся аммиак улавливают борной кислотой и титруют соляной кислотой. Данным методом определяется весь азот, содержащийся в почве (включая адсорбированный NH_4^+), за исключением азота, запасенного в почве в нитратной форме.

II. Оборудование

1. Дигесторная пробирка (колба Кьельдаля в нагревательном блоке).
2. Паровая дистилляционная установка (приспособленная для дигесторных пробирок) / Дистилляционное устройство каплеуловитель, холодильник шариковый, аллонж изогнутый, воронка капельная
3. Бюретка 25 мл.

III. Реактивы

1. Реакционная смесь серной кислоты: растворите 3,5 г порошка селена в 1 л концентрированной (96%) серной кислоты путем смешивания и нагревания при температуре около 350°C. Темный цвет суспензии должен перейти в прозрачный светло-желтый. После изменения окраски, необходимо продолжить нагревание в течение 2 часов.
2. Перекись водорода 30%.

3. Раствор гидроксида натрия, 38%: растворите 1,9 кг NaOH в 2 л воды в толстостенной 5-литровой⁴ колбе. Охладите раствор, закрыв колбу пробкой, чтобы предотвратить поглощение атмосферного CO₂. Доведите объем до 5⁴ л свежекипяченной и охлажденной деионизированной водой. Тщательно перемешайте.

4. Смешанный индикаторный раствор: растворите 0,13 г метилового красного и 0,2 г бромкрезолового зеленого в 200 мл этанола.

5. Индикаторный раствор борной кислоты, 1%: растворите 10 г H₃BO₃ в 900 мл горячей деионизированной воды в мерной колбе из термостойкого стекла объемом 1 л, охладите и добавьте 20 мл смешанного индикаторного раствора. Доведите объем до 1 л деионизированной водой и тщательно перемешайте.

6. Соляная кислота, стандарт 0,01 М. Разбавьте ампулу стандартного аналитического раствора² в соответствии с инструкцией.

IV. Методика

1. Озоление

А. Разотрите примерно 5 г почвы, просейте через сито с размером ячейки 0,5 мм.

В. Взвесьте 1 г подготовленной почвы (с точностью до 0,01 г). Перенесите навеску в пробирку дигестора (колбу Къельдаля). Если почва богата органическим веществом (>10%), то масса навески должна составлять 0,5 г. В каждой серии образцов должно быть две бланковые пробы⁴ и контрольный образец⁵.

С. Добавьте 2,5 мл реакционной смеси.

Д. Добавьте последовательно 3 аликвоты по 1 мл перекиси

водорода. Каждая последующая аликвота добавляется после оседания пены. Если вспенивание происходит бурно, то необходимо охладить пробирку в воде.

Примечание: на этапах С и D используйте градуированную пипетку с грушей или дозатор.

Е. Поместите пробирки в нагревательный блок и грейте около 1 часа при умеренной температуре (200°C).

Ф. Увеличьте температуру примерно до 330°C (чуть ниже температуры кипения) и продолжайте нагревать смесь до тех пор, пока она не станет прозрачной (это должно занять около двух часов).

Г. Снимите пробирки с нагрева, дайте остыть и добавьте примерно 10 мл воды из промывалки при постоянном перемешивании.

Н. Суспензии дают отстояться 1 мин и затем переливают надосадочную жидкость в отгонную колбу - плоскодонную колбу из термостойкого стекла вместимостью 250 мл. Операцию повторяют несколько раз, доводя объем жидкости до половины объема отгонной колбы.

2. Перегонка

А. Добавьте 20 мл индикаторного раствора борной кислоты в колбу-приемник объемом 250 мл. Подсоедините приемник к шариковому холодильнику через аллонж таким образом, чтобы конец аллонжа был погружен в раствор борной кислоты на 3-5 мм.

В. осторожно, наклонив колбу, по стенке горла колбы добавьте 20 мл NaOH 38% в пробирку дигестора/отгонную колбу и проведите перегонку в течение примерно 7 минут, за это время получается примерно 75 мл дистиллята.

Примечание: для полного проведения перегонки может потребоваться больше времени, и образуется больший объём дистиллята (см. Примечание 2).

С. Удалите колбу с дистиллятора, промойте конец выходной трубки холодильника и проведите титрование дистиллята раствором 0,01 М HCl, цвет раствора должен измениться с зеленого на розовый.

Примечание: При использовании автоматического титратора, установите конечную точку pH на уровне 4,6.

V. Примечания

1. Описанная методика подходит для образцов почвы с содержанием азота до 10 мг. Это соответствует содержанию углерода примерно 10 %. В почвах с более высоким содержанием этих элементов для анализов используют навеску пробы меньшей массы. Масса навески не должна быть меньше 250 мг из-за систематической погрешности.

2. Эффективность метода относительно количества N, которое может быть определено, в значительной степени зависит от эффективности перегонки.

VI. Расчет

$$\% N = [(a - b) / s] * M * 1,4 * mcf,$$

Где,

- a = объём раствора HCl, необходимый для титрования образца, мл;

- b = объём раствора HCl , необходимый для титрования бланковой пробы⁴, мл;
- s = вес воздушно-сухого образца в граммах;
- M – молярность HCl ;
- $1,4 = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \%$;
- mcf = поправочный коэффициент влажности.

VII. Отчет

Общее содержание азота выражается в процентах с точностью до десятых.

j) Доступный фосфор (факультативно)

Метод SA-010
Рекомендуемые методы: SSSA (тест Bray-2)
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

В кислой почве F^- способствует десорбции P , снижая активность Al за счет образования комплексов Al и F . Фторид также эффективен в подавлении реадсорбции солюбилизированного P почвенными коллоидами. К сожалению, тест Брэй-1 (Bray & Kurtz, 1945) даёт неудовлетворительные результаты в сильно известковых почвах из-за нейтрализации кислоты карбонатом кальция (CaCO_3) и образования фторидов кальция, которые реагируют с растворенным фосфором с повторным осаждением.

II. Реактивы

1. Фторид аммония, 1 М: растворите навеску вещества массой

37 г в деионизированной воде в мерной колбе объемом 1 л, доведите раствор до метки деионизированной водой. Храните раствор в полипропиленовой бутылке.

Для приготовления перечисленных далее растворов рекомендуется использовать мерные колбы объемом 500 мл.

2. Соляная кислота, 0,5 М: разведите 20,8 мл концентрированной HCl (12 М) в деионизированной воде, доведите до объема 500 мл.

3. Экстрагирующий раствор для кислоторастворимого и абсорбируемого фосфата: внесите 15 мл 1 М раствора NH_4F и 100 мл 0,5 М раствора HCl к 385 мл деионизированной воды, для получения раствора, содержащего 0,03 М NH_4F и 0,1 М HCl. Раствор может храниться в стеклянной посуде более 1 года.

III. Методика

1. Поместите навеску воздушно-сухой почвы массой 1 г (фракция < 2 мм) в стеклянную колбу с плоским дном и добавьте 7 мл экстрагирующего раствора.

2. Энергично перемешивайте суспензию в течение 40 секунд и процедите через мембранный фильтр (0,45 мкм) или фильтровальную бумагу Whatman No.42 (если используется фильтровальная бумага Whatman No.42 и фильтрат не прозрачен, проведите фильтрацию повторно через тот же фильтр).

3. Перенесите аликвоту, содержащую от 1 до 20 мкг Р, в мерную колбу объемом 25 мл и определите концентрацию Р методом аскорбиновой кислоты или модифицированным методом аскорбиновой кислоты, описанными ниже.

IV. Расчет

$$P_{\text{ex}} (\text{мг/кг}) = [\text{Концентрация } P (\text{мкг/мл})] * [25/V1] * [V2/\text{г исп. почвы}],$$

Где,

- V1 - объем экстракта, используемого для определения P,
- V2 - объем экстракта.

V. Отчет

Содержание фосфора выражается в мг/кг почвы с точностью до 2 знака после запятой.

Определение фосфора

Оборудование

1. Спектрофотометр.

Метод аскорбиновой кислоты

Реактивы

1. 2,5 М серная кислота: мерную колбу объемом 500 мл заполните приблизительно на 1/3 деионизированной водой, добавьте 70 мл концентрированной H_2SO_4 (18 М), доведите объем раствора до метки.

2. Молибдат аммония: поместите навеску $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ массой 20 г в мерную колбу на 500 мл. Растворите навеску в деионизированной воде. Доведите раствор до метки деионизированной водой. Храните раствор в колбе со стеклянной пробкой.

3. Антимонилтарtrat калия $[K(SbO) \cdot C_4H_4O_6 \cdot 1/2 H_2O]$ (1 мг Sb/мл): растворите навеску $K(SbO) \cdot C_4H_4O_6 \cdot 1/2 H_2O$ массой 0,2728 г в деионизированной воде в мерной колбе на 100 мл.

4. 0,1 М аскорбиновая кислота: растворите навеску $C_6H_8O_6$ массой 1,76 г в 100 мл в деионизированной воде в мерной колбе на 100 мл. Раствор необходимо готовить в день использования.

5. Смешанный реактив: тщательно перемешайте 50 мл 2,5 М H_2SO_4 , 15 мл раствора молибдата аммония, 30 мл раствора аскорбиновой кислоты и 5 мл раствора антимонилтарtrата калия. Смешанный реактив необходимо готовить ежедневно.

6. Маточный фосфатный раствор, 50 мг P/л: в мерной колбе на 1 л растворите навеску KH_2PO_4 , высушенного при 40 °C, массой 0,2197 г в небольшом количестве деионизированной воды, добавьте 25 мл 2,5 М раствора H_2SO_4 и доведите объём до 1 л деионизированной водой.

7. Рабочий фосфатный раствор⁶ 5 мг P/л: Внесите 10 мл маточного раствора концентрации 50 мг P/л в мерную колбу на 100 мл, доведите до метки деионизированной.

8. Из рабочего фосфатного раствора готовят серию растворов сравнения для фотометрического анализа.

Методика

Перенесите аликвоту образца или стандартного раствора⁶ P, содержащего от 2 до 40 мкг P, в мерную колбу объемом 50 мл. Добавьте в колбу примерно 25 мл деионизированной воды и 8 мл смешанного реагента. Раствор доведите до метки и хорошо перемешайте. Через 10 мин измерьте поглощение при 880 нм. Приготовьте бланковую пробу⁴, содержащую все реактивы, кроме раствора P.

Модифицированный метод аскорбиновой кислоты

Реактивы

1. Реактив А – смесь аскорбиновой (0,1 М) и трихлоруксусной ($C_2HCl_3O_2$) (0,5 М) кислот: в мерной колбе на 500 мл растворите навеску аскорбиновой кислоты массой 8,8 г и трихлоруксусной кислоты массой 40,9 г в небольшом количестве деионизированной воды, доведите раствор до метки деионизированной водой.

2. Реактив В – молибдат аммония (0,01 М): в мерной колбе на 500 мл растворите навеску молибдата аммония массой 6,2 г в небольшом количестве деионизированной воды, доведите раствор до метки деионизированной водой.

3. Реактив С – цитрат натрия ($Na_3C_6H_5O_7$) (0,1М) - арсенит натрия ($NaAsO_2$) (0,2 М) - уксусная кислота (5 %): в мерной колбе на 1 л растворите навеску $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ массой 29,4 г и $NaAsO_2$ массой 26,0 г в небольшом количестве деионизированной воды, добавьте 50 мл концентрированной ледяной уксусной кислоты (99,9 %) и доведите до метки деионизированной водой.

4. Маточный фосфатный раствор, 50 мг Р/л: в мерной колбе на 1 л растворите навеску массой 0,2197 г высушенного при 40 °С KH_2PO_4 , в небольшом количестве деионизированной воды, добавьте 25 мл 2,5 М раствора H_2SO_4 и доведите объём до 1 л деионизированной водой.

5. Рабочий фосфатный раствор⁶ 5 мг Р/л: Внесите 10 мл маточного раствора концентрации 50 мг Р/л в мерную колбу на 100 мл, доведите до метки деионизированной водой.

6. Из рабочего фосфатного раствора готовят серию растворов сравнения для фотометрического анализа.

Методика

Внесите 10 мл реактива А в мерную колбу объемом 25 мл и добавьте в колбу аликвоту образца или стандартного раствора⁶ Р, содержащего от 2 до 25 мкг Р. Сразу добавьте в колбу 2 мл реактива В и 5 мл реактива С и хорошо перемешайте содержимое. Доведите до метки деионизированной водой и тщательно перемешайте. Через 10 мин измерьте поглощение при 700 нм. Приготовьте бланковую пробу⁴, содержащую все реактивы, кроме раствора Р.

к) Сульфаты (Дополнительный параметр)

Метод SA-011
Рекомендуемые методы: SSSA
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Экстракция почв в щелочной среде NaHCO_3 эффективна для определения растворённых и замещённых анионов, а также некоторых органических фракций. Для большинства почв результаты, полученные при использовании этого метода, показывают значения превышающие результаты, полученные при использовании для экстракции ацетатрастворимого сульфата. Это, вероятно, обусловлено включением некоторого количества как органической, так и неорганической серы.

II. Основное оборудование

1. Возвратно-поступательная встряхивающая машина (ротатор, встряхиватель).

III. Реактивы

1. 0,5 М раствор гидрокарбоната натрия, рН 8,5: в мерной колбе на 1 л растворите навеску гидрокарбоната натрия массой 42 г в деионизированной воде, доведите раствор до метки. Отрегулируйте рН раствора до 8,5, добавив несколько капель 1 М NaOH (4 г/100 мл). В случае если рН раствора превышает 8,5 добавьте несколько капель 0,5 М NaHCO₃.

2. Маточный сульфатный раствор, 1 г S/л: в мерной колбе на 1 л растворите навеску сульфата калия (K₂SO₄) массой 5,434 г в небольшом количестве деионизированной воды, доведите раствор до метки деионизированной водой.

IV. Методика

1. Поместите навеску почвы 10 г (фракция < 2 мм) в колбу Эрленмейера объёмом 125 мл или другой соответствующий сосуд и добавьте 40 мл 0,5 М NaHCO₃ (доведенного до рН 8,5 с помощью NaOH).

2. Перемешивайте суспензию в течение 60 минут.

3. Профильтруйте суспензию через сухую фильтровальную бумагу Whatman № 42 или ее аналог.

4. Определите концентрацию серы методом турбидиметрии, ИХ или ИСП.

Примечание: если органическое вещество, экстрагированное щелочным раствором NaHCO₃, препятствует определению серы, возможно применение кислотной экстракции, т.е. использование буферного раствора CH₃COONa-CH₃COOH (рН 4,5, содержащего 100 г CH₃COONa и 30 мл CH₃COOH в 1 л деионизированной воды). Концентрация серы, определяемая кислотной экстракцией, в

отдельных случаях ниже, чем концентрация серы, определяемая щелочной экстракцией.

V. Отчет

Содержание серы выражается в мг/кг почвы с точностью до 2 знака после запятой.

2.3.6. Физические свойства почв

а) Плотность сложения почвы (Необязательный параметр).

Метод SA-101
Рекомендуемые методы: Метод анализа почвы, Часть 1, с.364 (1986)
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

Образец почвы, взятый из почвенного профиля металлическим пробоотборным цилиндром известного объема, просеивают, сушат в сушильном шкафу и взвешивают.

II. Основное оборудование

1. Металлический пробоотборный цилиндр; 100 мл (20 см²*5 см) или аналог.
2. Сушильный шкаф.

III. Методика

1. После зачистки и выравнивания стенки почвенного профиля вдавите пробоотборные цилиндры в вертикальную или горизонтальную поверхность почвы достаточно сильно, чтобы заполнить

пробоотборник, но не настолько, чтобы деформировать почву внутри пробоотборника. Из каждого почвенного горизонта необходимо отобрать более трёх проб.

2. Осторожно извлеките пробоотборный цилиндр и его содержимое, чтобы максимально сохранить естественную структуру и сложение почвы. Для некоторых почв может потребоваться использование лопаты, чтобы извлечь образец без помех.

3. Срежьте почву, выходящую за края цилиндра. Зачистите цилиндр с каждой стороны прямым ножом или острым шпателем, таким образом, чтобы объём образца почвы был равен объёму пробоотборного цилиндра.

4. Просейте образец почвы через 2-миллиметровое сито. Переложите образец в контейнер, поместите его в сушильный шкаф при температуре 105°C, сушите до достижения постоянной массы.

IV. Расчет

Плотность сложения почвы (мг/м^3) = g/V ,

Где,

- g = масса просеянной почвы, высушенной в сушильном шкафу (г);
- V - объём пробы (мл).

V. Отчет

Плотность сложения почвы фиксируется в мг/м^3 для каждого измерения, среднее значение записывается с точностью до 2 знаков после запятой.

b) Сопротивление пенетрации (при полевых работах)
(Необязательный параметр)

Метод SA-102
Рекомендуемые методы
Метод подходит для минерального горизонта

I. Принцип анализа

При проведении описания почвенного профиля сопротивление пенетрации верхнего и нижележащего почвенных горизонтов измеряется «*in situ*» карманным пенетрометром прямого считывания.

II. Основное оборудование

1. Карманный пенетрометр (пенетрометр Яманаки).

III. Методика

1. После зачистки передней стенки почвенного разреза пенетрометр медленно вдавливают в нужный почвенный горизонт до тех пор, пока погружение в почву не достигнет предела.
2. Измерения необходимо повторять более 5 раз в разных точках каждого почвенного горизонта. В случае, если конус пенетрометра попадает в каменистые включения или корни растений, измерение должно быть проведено повторно.

IV. Отчет

Сопротивление сжатию, указанное на шкале пенетрометра, регистрируется в кг/см² для каждого измерения. Необходимо рассчитать среднее значение между измерениями.

2.4. Виды наблюдений, используемые для мониторинга леса

Виды наблюдений, используемые для мониторинга леса принято разделять на общее описание леса и определение повреждения древостоя. Следует отметить, что некоторые методы мониторинга, указанные в руководстве, не подходят для тропического региона. Методики, подходящие для использования в тропическом регионе представлены в разделе 2.4.3.

2.4.1. Общее описание леса

Растительный покров может изменяться под действием различных факторов окружающей среды. Для определения изменения растительного покрова и выявления возможного влияния кислотных выпадений на лесной площадке необходимо регулярно проводить обследование деревьев и растительности, произрастающей под пологом леса.

Примечание:

- По мере выполнения программы территория, подлежащая мониторингу, должна увеличиваться, для этого необходимо собирать информацию с большой площади леса. Для получения необходимых данных может быть полезно использование информации, полученной от других исследовательских программ мониторинга и исследовательских групп.

2.4.1.1. Выбор площадок для проведения общего описания древостоя

После создания постоянных пунктов наблюдения в соответствии с критериями, описанными в п.2.2.2.1., необходимо выбрать две лесные площадки площадью более 0,2 га для общего описания леса. Каждая лесная площадка должна подразделяться на три концентрические окружности площадью 1000, 400 и 200 м² (таблица 2.3. Рис.2.6.).

Центр и границы площадок помечаются кольями и цветной краской, которая наносится на стволы деревьев. Для последующих исследований рекомендуется отмечать серийный номер и высоту измерения DBH на стволах деревьев. Для нанесения серийного номера возможно использование краски или небольших алюминиевых пластин, которые прибиваются гвоздями к стволам деревьев.

Таблица 2.3. Площадки описания древостоя

Площадь	Деревья, подлежащие измерению
1 (200 м ² : радиус 7,98 м)	Дерево высотой более 1,3 м
2 (400 м ² : радиус 11,28 м)	DBH более 4 см
3 (1000 м ² : радиус 17,85 м)	DBH более 18 см

Примечание:

- Желательно создать как можно больше постоянных площадок наблюдения на участке мониторинга.

2.4.1.2. Параметры наблюдений и периодичность обследования на постоянных площадях наблюдения

Должны быть описаны следующие параметры.

Таблица 2.4. Виды наблюдений и параметры при общем описании леса

Параметр	Классификатор	Периодичность мониторинга
Описание древостоя		Каждые 3-5 лет
Название вида	О	
DBH	О	
Высота дерева	О	
Обследование растительности, произрастающей под пологом леса	О	

О: обязательные вид наблюдения/параметр.

а) Описание древостоя (обязательный вид наблюдения)

Для каждого обследуемого дерева на площадке указывается название вида, диаметр ствола на высоте груди (DBH) и высота дерева. Результаты записываются в форме (почва и растительность F).

- Название видов: указывается латинское название, по крайней мере, до рода.
- DBH: диаметр ствола должен быть измерен на высоте 1,3 м при помощи ленты с делением 0,1 см. Если диаметр ствола менее 4 см, то для его измерения используют штангенциркуль.
- Высота дерева: высота дерева измеряется с помощью высотомера или измерительной рейки, штанги с единицей измерения 0,1 м. Если невозможно измерить все деревья на площадке, то измерения проводятся для выборки из 20 и более деревьев, выборка должна включать как самые высокие, так и самые низкие деревья.

b) Обследование растительности, произрастающей под пологом леса (обязательный вид наблюдения)

Растительность, произрастающая под пологом леса, может быть более чувствительна к изменениям окружающей среды, чем деревья. Флористические изменения в такой растительности следует регистрировать каждые 3-5 лет. Видовые названия всех деревьев высотой менее 1,3 м, трав и папоротников, определяют в ходе обследования площадки малого круга (200 м²) в соответствии со шкалой для бальной оценки обилия и проективного покрытия видов⁸. Результаты фиксируются в форме (почва и растительность G).

Таблица 2.5. Шкала для бальной оценки обилия и проективного покрытия видов

Класс доминанта	Процент проективного покрытия вида
5	более 75 %
4	51 - 75 %
3	26 - 50 %
2	6 - 25 %
1	1-5 %, или большое количество растений с малым покрытием
+	менее 1 %

Примечание:

- Для мониторинга тропических лесов, состоящих из многочисленных древесных пород, вышеприведенные методики не пригодны. Для них следует разработать региональные методики мониторинга леса. Некоторые из

потенциально пригодных методик для обследования тропических лесов приводятся в разделе 2.4.3.

Результаты описания древостоя и растительности, произрастающей под пологом леса, должны обобщаться в форме (почва и растительность Н).

2.4.2. Определение повреждения древостоя

Повреждение древостоя может быть вызвано как загрязнением воздуха и кислотными выпадениями, так и климатическими (сильный и холодный ветер, гром, ливень, засуха), биотическими факторами (животные, насекомые, болезни, гниль древесины) и антропогенным воздействием (лесохозяйственной деятельностью, лесозаготовкой). Для оценки причин ухудшения состояния древостоя могут потребоваться длительные наблюдения. В целях изучения повреждения древостоя необходимо проводить регулярный учет признаков и характеристик ухудшения состояния деревьев, а также оценку причин деградации древостоя с учетом факторов окружающей среды.

2.4.2.1. Выбор модельных деревьев

Модельные деревья выбирают систематически. На расстоянии 12 м от центра постоянной площади наблюдения, отмечают четыре точки: север, юг, восток и запад. Вокруг каждой точки случайным образом выбирают пять деревьев-доминантов, в общей сложности выборка должна состоять из двадцати модельных деревьев. Порядковый номер каждого модельного дерева должен соответствовать номеру, присвоенному данному дереву при проведении общего описания древостоя.

Приложение:

- Если выбрать по пять деревьев около каждой точки невозможно, то необходимо выбрать как минимум по два дерева, в этом случае выборка будет составлять 10 модельных деревьев.

2.4.2.2. Виды наблюдения и периодичность обследования повреждения древостоя

Таблица 2.6. Виды наблюдения проводимые при оценке повреждения древостоя

Виды наблюдения	Классификатор	Периодичность наблюдений
Определение повреждения древостоя	О	Каждые 3-5 лет
Фотофиксация повреждения древостоя	Н	
Оценка причин ухудшения состояния древостоя	Н	

О: Обязательный вид наблюдения; Н: Необязательный вид наблюдения.

Данные виды наблюдений проводятся в период максимальной плотности листвы.

а) Определение повреждения древостоев

Параметрами наблюдения являются – некроз, хлороз, дехромация или аномальная дефолиация листьев, отмирание побегов. При обнаружении каких-либо симптомов повреждения, необходимо подробно описать состояние древостоев с учетом следующих аспектов:

- Расположение поврежденных листьев: положение в кроне дерева (по отношению к доминирующему направлению ветра), положение в верхней или нижней части кроны; возраст листьев (незрелые, зрелые или старые); освещенность (освещенные или затененные).
- Узор и расположение повреждений на листе: например, пятно между жилками, мелкие пятна, разбросанные и полностью покрывающие лист, обесцвечивание с заостренного конца листа, дефолиация без дехромации, сломанные листья и т.д. Для записи цвета листа предпочтительно использовать цветовую шкалу Манселла.
- Характеристики пыли, обнаруженной на листьях. Определение пыли: проводится с помощью сканирующего электронного микроскопа.
- Наличие поврежденных или мертвых деревьев, или снижение темпов роста.
- Даты обнаружения повреждения древостоя.

Для оценки класса по шкале деградации (Примечание 2), учитываются следующие параметры: жизненное состояние, форма дерева, рост ветвей, отмирание верхней части стебля, плотность листьев, деформация и размер листьев, дехромация и дефолиация листвы. Результаты представляются в форме (почва и

растительность Е).

b) Фотофиксация повреждения древостоя (рис.2.7. а) и b))

Кроны деревьев фотографируют с четырех фиксированных точек, указанных в пункте 2.4.2.1.

Камеры с широкоугольным (фокусное расстояние 28 мм) объективом устанавливают в северном направлении на штативе, положение камеры выравнивают по уровню. Уровень экспозиции регулируют в соответствии с яркостью просвета кроны дерева. Форму и ширину зазора записывают с длинной выдержкой.

Необходимо записывать - время и дату, вид пленки, уровень экспозиции, фокусное расстояние объектива, высоту съемки от уровня земли. Четыре фотографии должны быть приложены к форме (почва и растительность Е). Каждая фотография должна быть наклеена на лист формата А4. Информация о фотофиксации должна быть представлена в письменном виде.

Приложение:

- Для статистической оценки данных о внешнем изменении древостоя необходимо сравнение результатов, полученных при компьютерной оцифровке фотографий разных лет, а также определение внешних изменений.
- Желательно, по возможности, сделать обзорную фотографию с более высокой позиции.

c) Оценка причин ухудшения состояния древостоя

При установлении предполагаемой причины ухудшения состояния древостоя, ее необходимо записать. Также необходимо

привести аргументированное обоснование данного предположения. Для выявления причины ухудшения состояния древостоев необходимы детальные научные и специализированные исследования, например подробный анализ вредителей и болезней. В этой связи, уровень образования и опыт экспертов по оценке деградации лесов имеет важное значение, как на уровне страны-участницы, так и на международном уровне.

2.4.3.Методики для обследования тропических лесов

В тропическом регионе располагаются сложные экосистемы с разнообразными почвами и растительностью. Некоторые методики мониторинга лесов, представленные в этом техническом руководстве, не подходят для тропических экосистем, поэтому необходимо разработать новые подходы и методы. В резюме 2-ого учебного семинара ЕАНЕТ, особенно была отмечена необходимость в интенсивных исследованиях тропических лесов. Было рекомендовано обратить внимание на поиск и внедрение методов мониторинга растительности, подходящих для этого региона.

В целом, для получения показателей, обязательных для наблюдения за состоянием лесов, на каждой станции экологического мониторинга следует применять стандартные методы, описанные в предыдущих подразделах. В этом подразделе описаны некоторые опытные методики, которые могут применяться для лесов тропического региона. Ожидается, что эти методики могут быть использованы в тропическом регионе и в ходе дальнейшего применения будут доработаны до уровня стандартных методик.

2.4.3.1. Периодическая инвентаризация лесов

В ходе обширных исследований тропических лесов восточноазиатского региона, проводимых различными авторами, был накоплен опыт мониторинга лесов. Эти исследования могут быть полезны для деятельности ЕАНЕТ, особенно для получения исходных данных о состоянии тропических лесов.

В Приложении III предлагается методика периодической инвентаризации лесов, которую необходимо проводить в рамках мониторинга лесов в тропическом регионе. Это обследование на основе личного опыта разработано малайзийскими экспертами. Оно является более подробным, чем стандартное, приведенное в разделе 2.4.1. При проведении периодической инвентаризации лесов необходимо описывать территорию исследования и фиксировать дополнительные характеристики деревьев. Необходимо проводить определение видов, DBH и диаметра верхней части ствола, измерение площади поперечного сечения, высоты, формы дерева, объема, биомассы и плотности. Малайзийское исследование по данной теме представлено в Приложении IV.

Для проведения периодической инвентаризации лесов необходимо привлечение профильных специалистов - лесников, геоботаников и т.д.

2.4.3.2. Обследование полога леса с использованием полусферической фотографии

Для оценки состояния древостоя в подразделе 2.4.2. предлагается использование фотофиксации. Согласно этому методу, отбираются пять деревьев доминирующих видов в четырех точках,

всего - двадцать деревьев. Этот метод применяется для оценки лесных насаждений в регионах умеренного климата. Для тропических дождевых лесов, состоящих из множества древесных пород, он неприменим. В качестве одного из возможных методов фотофиксации в тропическом регионе может быть предложен анализ древесного полога с использованием полусферической фотографии. Основные этапы анализа полога леса представлены ниже.

С помощью цифрового или пленочного фотоаппарата с объективом "рыбий глаз" необходимо сделать полусферическую фотографию древостоя (рис.2.8.). Желательно выполнять фотосъемку регулярно. Снимки преобразуют в цифровое изображение, которое обрабатывается на компьютере. Можно сделать снимок просвета (открытого пространства) леса и оценить размер просвета (площадь) (рис.2.9.). Сезонное изменение структуры полога, которое было оценено по компьютерному снимку, показано на рис.2.10. Проникновение рассеянного света уменьшается с увеличением индекса листовой поверхности. Эти изменения могут коррелировать с характером развития лесного массива. Для оценки структуры роста необходим долгосрочный мониторинг.

Метод полусферической фотографической записи относительно прост, изображение можно анализировать с помощью компьютера. Несмотря на то, что для применения метода необходимо некоторое специальное оборудование: объектив "рыбий глаз", соответствующее программное обеспечение, предлагаемый метод может быть одним из перспективных методов, подходящих для тропического региона.

Примечание:

- Подробная информация о программном обеспечении для

анализа лесного полога расположена на домашней странице SCANOPY www.regent.qc.ca.

2.5. Специализированное обследование почв и растительности

2.5.1. Цели специализированного обследования почв и растительности

В ходе базового обследования почвы и растительности накапливаются исходные данные, на основании которых возможно выявление изменений в свойствах почв и лесной растительности. Если на этих участках мониторинга обнаружена деградация лесов или другие экосистемные изменения, то проводятся специализированные обследование почвы и растительности для выявления и оценки степени воздействия кислотных выпадений.

2.5.2. Методики возможные для использования при проведении специализированного обследования почв и растительности

Для оценки взаимосвязи между экосистемными изменениями и кислотными выпадениями на участке специализированного мониторинга необходимо учитывать множества факторов окружающей среды и применять новые методы. В качестве первого шага при проведении специализированного обследования, может быть предложено определение уровня выпадений на лесной площади.

2.5.2.1. Оценка точного количества атмосферных выпадений на лесной территории

На постоянной площади наблюдения данные о почве и лесе должны быть оценены с использованием данных о влажных и сухих выпадениях, полученных с ближайшей станции мониторинга. Поскольку большинство станций мониторинга осадков находятся за

пределами лесного массива и отдельно от площадей мониторинга почв и растительности, для точного определения кислотных выпадений на лесной массив необходимо проведение специализированного обследования на площадке мониторинга почв и растительности.

Для определения сухих и влажных выпадений в лесной области, на каждой постоянной площади наблюдения собирается дождевая вода, включая подкроновый и стволовой сток.

а) Дождь (Осадки)

1) Установка осадкосборника

Можно использовать простой осадкосборник: пластиковую воронку (диаметром 30 см), соединенную с пластиковым резервуаром объемом от 20 до 30 литров. Устье воронки должно быть установлено на высоте более 1,3 м. В качестве материала для пробоотборника может быть использован полиэтилен или полипропилен.

Пробоотборник должен быть установлен на открытом месте рядом с местом мониторинга. Он должен находиться на расстоянии более 500 м от дороги с интенсивным движением и 50 м от высоких деревьев и зданий.

Примечание:

- мембранный фильтр (размер пор 0.8 мкм) должен быть установлен между воронкой и бутылкой пробоотборника, если это возможно.
- Если на лесной площадке есть электричество, то для отбора проб дождя предпочтительно использовать автоматические осадкосборники типа «*wet only*».

2) Частота отбора проб

Если на станции установлен автоматический осадкосборник типа «*wet only*», то отбор проб следует проводить ежедневно (в дни, когда выпадают осадки) в определенное время (например, 9:00 утра). На участках удаленного мониторинга отбор проб проводят раз в две недели или еженедельно (предпочтительно). Метеорологические условия необходимо записывать ежедневно.

3) Отбор и химический анализ проб

Измерение общего объема дождевой воды проводят на станции с использованием мерных цилиндров. Пробу объемом два литра фильтруют через бумажный или мембранный фильтр для удаления твердых частиц, затем полученный фильтрат отправляют в лабораторию на анализ.

Параметры химического анализа:

- Кислотность (pH)
- Электропроводность (ЕС или λ)
- Катионы: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и NH_4^+
- Анионы: NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} .

b) Подкроновый сток

1) Установка пробоотборника

Для отбора проб подкронового стока используют осадкосборники той же конструкции что и для отбора осадков. Рекомендуется установить, как минимум три комплекта осадкосборников под пологом леса. Их не следует размещать рядом со стволами деревьев.

2) Частота отбора проб

Если на участке установлен автоматический осадкосборник типа «wet only», то отбор проб следует проводить ежедневно (в дни, когда выпадают осадки) в определенное время (например, 9:00 утра). На участках удаленного мониторинга отбор проб проводят раз в две недели или еженедельно (предпочтительно). Метеорологические условия необходимо записывать ежедневно.

3) Отбор и химический анализ проб

Измерение общего объема дождевой воды проводят на станции с использованием мерных цилиндров. Пробу объемом два литра фильтруют через бумажный или мембранный фильтр для удаления твердых частиц, затем полученный фильтрат отправляют в лабораторию на анализ.

Параметры химического анализа:

- Кислотность (pH)
- Электропроводность (ЕС или λ)
- Катионы: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и NH_4^+
- Анионы: NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} .

с) Стволовой сток

1) Пробоотборное оборудование

Стволовой сток должен удерживаться манжетой из эластичной пластиковой ленты (толщиной 3 см и шириной 30 см, манжета может быть изготовлена из полиэтилена), размещенной на стволе дерева на высоте 1,3 м (рис.2.11.). Атмосферные осадки должны поступать в приемную емкость по поливиниловой трубке. Необходимо следить

чтобы при установке пластиковых манжет, не происходило повреждение камбия. Для герметизации зазора между корой и пластмассовой манжетой не допускаются никакие клеи, кроме силикона. Необходимо установить три пробоотборных устройства на каждый вид растений, для которого планируется определять стволочный сок. Для еженедельного сбора может потребоваться приемная емкость объемом более ста литров.

2) Частота отбора проб

Предпочтительно проводить отбор проб еженедельно. Допускается отбор раз в две недели.

3) Отбор и химический анализ проб

Процедуры отбора проб и химического анализа аналогичны процедурам отбора и анализа проб осадков.

3. Исследование наземных экосистем

Как описано в главе 1, целью мониторинга почв и растительности в ЕАНЕТ является комплексная и систематическая оценка воздействия кислотных выпадений на наземные экосистемы, проводимая на основе созданной и регулярно обновляемой базы высококачественных данных. Одним из предлагаемых подходов для достижения основной цели может быть анализ состояния и динамики водосборов (анализ водосбора), особенно для описания параметров и динамики изменения питательных веществ.

Территория, на которой будет проводиться анализ наземных экосистем, например анализ водосбора, должна классифицироваться как участок анализа экосистем.

3.1 Изучение водосбора

Наземные экосистемы включают в себя растения, животных, рыб, насекомых и микробов, которые взаимодействуют друг с другом, а также различные факторы окружающей среды. Загрязнение воздуха и кислотные выпадения оказывают длительное, долгосрочное воздействие на окружающую среду, которое приводит к изменениям не только флоры или фауны, но и круговорота питательных веществ и трофности.

Для описания круговорота питательных веществ (элементного круговорота) необходимо определить механизмы поступления и выноса рассматриваемых элементов. Для наиболее точного и полного описания механизма элементного круговорота следует учитывать основной путь выноса элемента (речной сток или ручьи). Подобные исследования могут проводиться в пределах малых водосборов.

Хотя методики анализа водосборных бассейнов еще не разработаны, накоплен опыт описания круговорота питательных веществ. В Приложении I приводится информация о параметрах, которые могут быть выбраны для определения на водосборе.

4. Обеспечение качества и контроль качества мониторинга почв (ОК/КК)

Целью деятельности по ОК/КК является получение надежных сопоставимых между странами-участницами ЕАНЕТ данных, для оценки воздействия кислотных выпадений на почву в регионе действия программы. Процедуры ОК/КК, такие как контроль состояния и статистическая обработка данных, должны быть реализованы на всех этапах проведения мониторинга: планирования, отбора проб, проведения подготовки проб к анализу и измерений в полевых и лабораторных условиях, а также обработки и представления данных.

4.1. Контроль состояния

а) Для идентификации участков отбора проб, занимающих площадь от 5 м x 5 м до 10 м x 10 м необходимо использовать постоянные знаки, изготовленные из нержавеющей стали или пластика. Это необходимо для того, чтобы отбор проб проводился каждый раз в одном и том же месте.

б) Необходимо вести учет всех сведений, связанных с процессами отбора проб, транспортировки, хранения проб, исследования физических свойств, подготовки и химического анализа проб и т.д.

с) В случаях, когда образцы анализируются в разных лабораториях, точность анализа должна быть подтверждена межлабораторными сравнительными испытаниями (МСИ) в соответствии с процедурами статистической обработки данных, приведенными в пункте 4.3.4.

д) Если результаты исследования были отсеяны после проведения МСИ или по другой причине, то необходимо провести отбор

образца и/или анализ пробы повторно, для получения необходимых данных, если это возможно.

е) Результаты ОК/КК хранят в соответствии с нормативной документацией на бумажном и электронном носителях в недоступном для редактирования виде. Эта информация повысит ценность представляемых данных, и будет необходима для их будущего использования.

ф) Подготовка специалистов является важной частью ОК/КК. Учебные программы должны включать обучение полевым методам исследования, лабораторному анализу, оценке результатов и методам ОК/КК. Обучение полевым методам исследования должно проводиться на площадках мониторинга.

4.2 Обработка и представление данных

а) Все данные должны быть зафиксированы в соответствии с инструкцией и занесены в формы, предусмотренные процедурой и форматом отчёта.

б) Описание воздействия кислотных выпадений на почву должно быть включено в отчет вместе с картами, фотографиями, рисунками и/или таблицами.

с) На каждом этапе работы (пробной площадке, в случае отбора проб почвы) необходимо отбирать, анализировать и т.д. образцы, как минимум в 2-х повторностях. Если образцы анализируются в разных лабораториях, необходимо сверять все этапы анализа с аналитическим руководством, точность анализа должна быть установлена МСИ.

д) Для проведения комплексной оценки результатов мониторинга рекомендуется применение статистического аппарата (в том числе ANOVA) и его интерпретация.

е) Проведение всесторонней оценки проблемы кислотных выпадений в регионе ЕАНЕТ, а также содействие обмену данными между странами-участницами допускается и приветствуется. Необходимо проводить согласование и стандартизацию методов исследования и форматов отчетности, описанных в руководстве, на международном уровне в соответствии с накопленным опытом. Кроме того, сетевой центр программы ЕАНЕТ может проводить обобщение и оценку полученных данных.

4.3. Статистическая обработка данных

Почвы и растительность характеризуются несколькими типами изменчивости. Качество данных мониторинга, зависит как от типа изменчивости, так и от величины систематической ошибки на каждом этапе исследования от выборки до химического или физического анализа. Как показано в таблице 4.1, для почвенного мониторинга ЕАНЕТ используется иерархическая система отбора проб. Статистический план эксперимента, используемый для оценки вариации и/или точности, представляет собой 1) иерархический, вложенный эксперимент и 2) полностью повторённый эксперимент с группировкой, каждый из которых может быть использован в соответствующих случаях.

Таблица 4.1. Иерархическая концепция отбора проб в почвенном мониторинге

Единица	Число	Размер	Ссылка	Примеры в Японии
Горизонтальные				
Район	1	радиус <50 км	2.2.1.1	15 префектур
Тип почвы	2	0.1-1 га	2.3.1	3-5 в районе
Участок	несколько	5м×5м или 10м×10 м	2.3.1	2-4 на местности
Пробная площадка	5	1м×1м	2.3.1.2	5 на участке
Вертикальные				
Горизонты	2 горизонта		2.3.3	2(самый верхний и последующий)
Временные				
Периодичность	1 раз	каждые 3-5 лет*	2.3.2	каждые 3 года

*В зависимости от режима загрязнения

4.3.1. Определения

Ниже приведены некоторые основные определения, для терминов, которые приводятся в данном руководстве.

- (1) Правильность: степень отклонения от истинного значения.
- (2) Прецизионность: степень близости независимых результатов испытаний, полученных в заданных условиях.
- (3) Точность: оценка погрешности. Общее выражение правильности и прецизионности.
- (4) Допустимое отклонение:

а) Допустимое отклонение, связанное с погрешностью метода анализа или обследования при заданных условиях. Данная погрешность зависит от значений эффективности, точности, правильности, прецизионности и т.д.

б) Критический диапазон: допускаемое для принятой вероятности абсолютное расхождение между значениями n - единичных измерений или наблюдений, полученными в условиях повторяемости.

с) Критическая разность: величина, при которой разность между сертифицированным значением и наблюдаемым значением или результатом измерения, полученным при конкретном условии измерения, соответствует доверительному интервалу для эталонного материала или сертифицированного эталонного образца.

(5) Условия измерения: условия для получения множественного числа наблюдаемых значений или результатов измерения для идентичного материала. Условия измерения включают условия повторяемости, условия внутрилабораторной воспроизводимости и условие воспроизводимости. Условия должны быть точно определены для каждого метода исследования.

(6) Условия повторяемости: условия, при которых независимые результаты измерений (или испытаний) получаются одним и тем же методом на идентичных образцах, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же оборудования, в пределах короткого промежутка времени.

(7) Условия воспроизводимости: условия, при которых результаты измерений (или испытаний) получают одним и тем же методом, на идентичных образцах, разными операторами, с использованием различного оборудования или в разный временной период, в одной и той же лаборатории.

(8) Условия межлабораторной воспроизводимости: условия, при которых результаты измерений (или испытаний) получают для идентичных образцов в разных лабораториях, разными операторами, в различный временной период с использованием разного оборудования.

(9) Повторяемость: Точность наблюдаемого значения в условиях повторяемости. Результаты выражаются в виде стандартного отклонения повторяемости, коэффициента вариации повторяемости или доверительного интервала среднего значения.

(10) Внутрिलाбораторная воспроизводимость: степень близости наблюдаемых значений или результатов измерения в условиях внутрिलाбораторной воспроизводимости. Эта величина называется внутрिलाбораторным стандартным отклонением воспроизводимости, если результаты выражаются в виде стандартного отклонения, и внутрिलाбораторной дисперсией воспроизводимости, если - в виде коэффициента вариации повторяемости.

Примечание: *повторяемость и внутрिलाбораторная воспроизводимость обычно называются внутрिलाбораторной прецизионностью.*

(11) Воспроизводимость: степень близости результатов измерений в условиях воспроизводимости. Иногда ее кратко называют межлабораторной точностью. Она называется стандартным отклонением воспроизводимости, если результаты выражаются в виде стандартного отклонения, и дисперсией воспроизводимости, если - в виде коэффициента вариации повторяемости.

(12) Предел повторяемости: допустимое отклонение в условиях повторяемости.

(13) Предел внутрिलाбораторной воспроизводимости:

допустимое отклонение в условиях внутрилабораторной воспроизводимости.

Примечание: *Предел повторяемости и предел внутрилабораторной воспроизводимости обычно называются внутрилабораторной допустимой погрешностью.*

(14) Предел воспроизводимости: Допустимое отклонение в условиях воспроизводимости.

Примечание: *предел воспроизводимости также называется межлабораторным допустимым отклонением.*

4.3.2. Модель данных мониторинга

Для наблюдаемого значения x в соответствии с иерархической схемой выборки предполагается следующая модель:

$$x = \mu + h + a + s + p + i + b + c + e,$$

Где,

- μ : среднее значение,
- e : ошибка в условиях повторяемости,
- c : ошибка в условиях внутрилабораторной воспроизводимости, та часть ошибки, которая не включена в e ,
- b : ошибка в условиях воспроизводимости, та часть ошибки, которая не включена в $c + e$,
- i : случайная ошибка, связанная с неоднородностью (на площадке),
- p : случайная ошибка при выборе участка,
- s : случайный ошибка выбора типа почвы,
- a : случайная ошибка выбора района,

- h : фиксированный эффект горизонта.

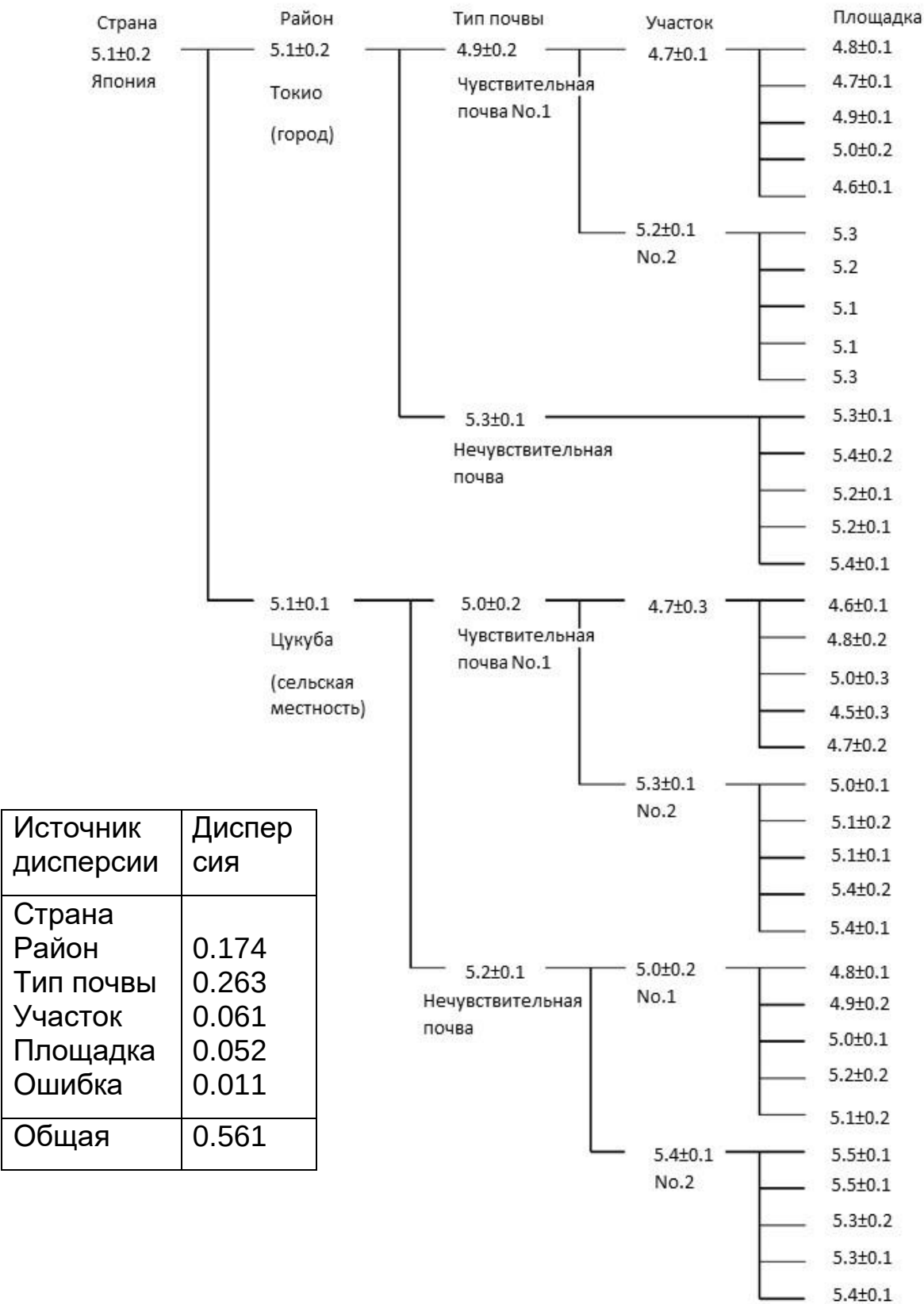
Ожидаемое значение и степень свободы в дисперсии каждого этапа выборки могут быть рассчитаны ANOVA в иерархическом плане эксперимента с использованием статистической вариационной модели.

4.3.3. Оценка среднего значения и дисперсии каждого этапа иерархической выборки

В таблице 4.2 приведен пример результата при многоступенчатой выборке и таблица ANOVA.

Примечание: данные восприимчивой почвы Токио - № 2 не имеют значения стандартной ошибки, так как анализировались без повторностей.

Таблица 4.2. Расчетные средние значения для каждого этапа эксперимента со стандартными ошибками (предполагаемыми)



4.3.4. Оценка точности данных мониторинга: интеркалибрация, МСИ

Для определения допустимого отклонения при конкретном методе измерения повторяемость, внутрилабораторная воспроизводимость, воспроизводимость и т.д. оцениваются с помощью совместного эксперимента (интеркалибрации, МСИ). В эксперименте должны участвовать как можно больше лабораторий стран-участниц. Общие процедуры и ключевые положения для проведения эксперимента описаны в 1 м разделе Приложения II.

4.3.5. Методы исследования для повышения точности

Случаи, когда точность метода измерений необходимо повысить, приведены во 2-м разделе Приложения II. Методы исследования, применяемые в этих случаях также описаны в Приложении II.

Приложения и примечания к Техническому руководству по проведению мониторинга почвы и растительности в Восточной Азии: Приложение I: параметры, которые могут быть выбраны для определения на водосборе; Приложение II: статистическая обработка для оценки точности и улучшения данных; Приложение III: методика периодической инвентаризации лесов; Приложение IV: данные и информация о мониторинге экологического воздействия с Малайзийского сайта для ЕАНЕТ: Лесной заповедник Пасох; Примечание I: классификация почв по показателю чувствительности к кислотным выпадениям (на основании почв Японии); Примечание II: Шкала деградации лесной среды. Приложения и примечания представлены по адресу: <https://www.eanet.asia/publications/>.

Список используемой литературы

Bartels, J. M. (ed.) 1996; Method of Soil Analysis, Part 3, Chemical Method, Soil Science Society of American (SSSA), Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA

Black, C. A. (ed.) 1965; Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA

Environment Agency, Government of Japan 1997. Guidelines and Technical Manuals for Acid Deposition Monitoring Network in East Asia.

FAO 1990. Guidelines for Soil Profile Description (third edition). Soil Resources Develop. Conser. Service, Land and Water Develop. Div., FAO, Rome, 68 pp. FAO-UNESCO 1977. Soil Map of the World.

Japanese Standards Association 1991. General rules for permissible tolerance of chemical analyses and physical tests (JIS Z 8402-1991). Japanese Industrial Standard.

Ishizuka, M., L. Puangchit and P. Phasuk 2000. Simulation of leaf and canopy photosynthesis in a tropical deciduous forest in western Thailand. In: Proceedings of the International Workshop on the Response of Tropical Forest Ecosystem to Long Term Cyclic Climate Changes (preparing).

Klute, A. (ed.) 1986; Method of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, Second edition, American Society of Agronomy, Inc and Soil Science Society of America, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin USA

Page, A. L. (ed.) 1982; Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, Second edition, American Society of Agronomy,

Inc and Soil Science Society of America, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin
USA

Snedecor, G.W. and W.G.Cochran 1991. Statistical Methods. Eighth
edition. Iowa State Univ. Press, Ames. 503 pp.

Van Reeuwijk, L.P. (ed.) 1993; Procedure for Soil Analysis, Fourth
edition, International Soil Reference and Information Center (ISRIC),
Wageningen, Netherlands

Таблицы и рисунки

Таблица 1.1. Концепция мониторинга почв и растительности территории (станция экологического обследования)

Этап	Задачи	Ожидаемые результаты	Методики исследования	Классификация пунктов наблюдения
Предварительное обследование	Определение исходных характеристик участков. Детектирование возможных воздействий.	Сбор исходных данных. Выявление тенденции в изменении свойств и характеристик почв и лесов	Базовое обследование ● Мониторинг почв (химический и физический анализ) ● Мониторинг лесов (описание древостоев, изучение растительности, произрастающей под пологом леса, повреждение древостоев).	Постоянный пункт наблюдения (может занимать ту же территорию, что и станция мониторинга выпадений)
		Выявление воздействия кислотных выпадений (в случае если обнаружены изменения в состоянии наземной экосистемы).	Специализированные обследования (оценка выпадений, применение новых методов исследования и т.д.).	
Постоянное обследование	Оценка воздействия кислотных выпадений на наземные экосистемы на основании регулярно обновляемой базы высококачественных данных.	Описание динамики элементов в экосистеме. Оценка устойчивости экосистемы к внешнему воздействию. Развитие модели ацидификации.	Анализ наземных экосистем (изучение водосбора и т.д.).	Участок анализа экосистем

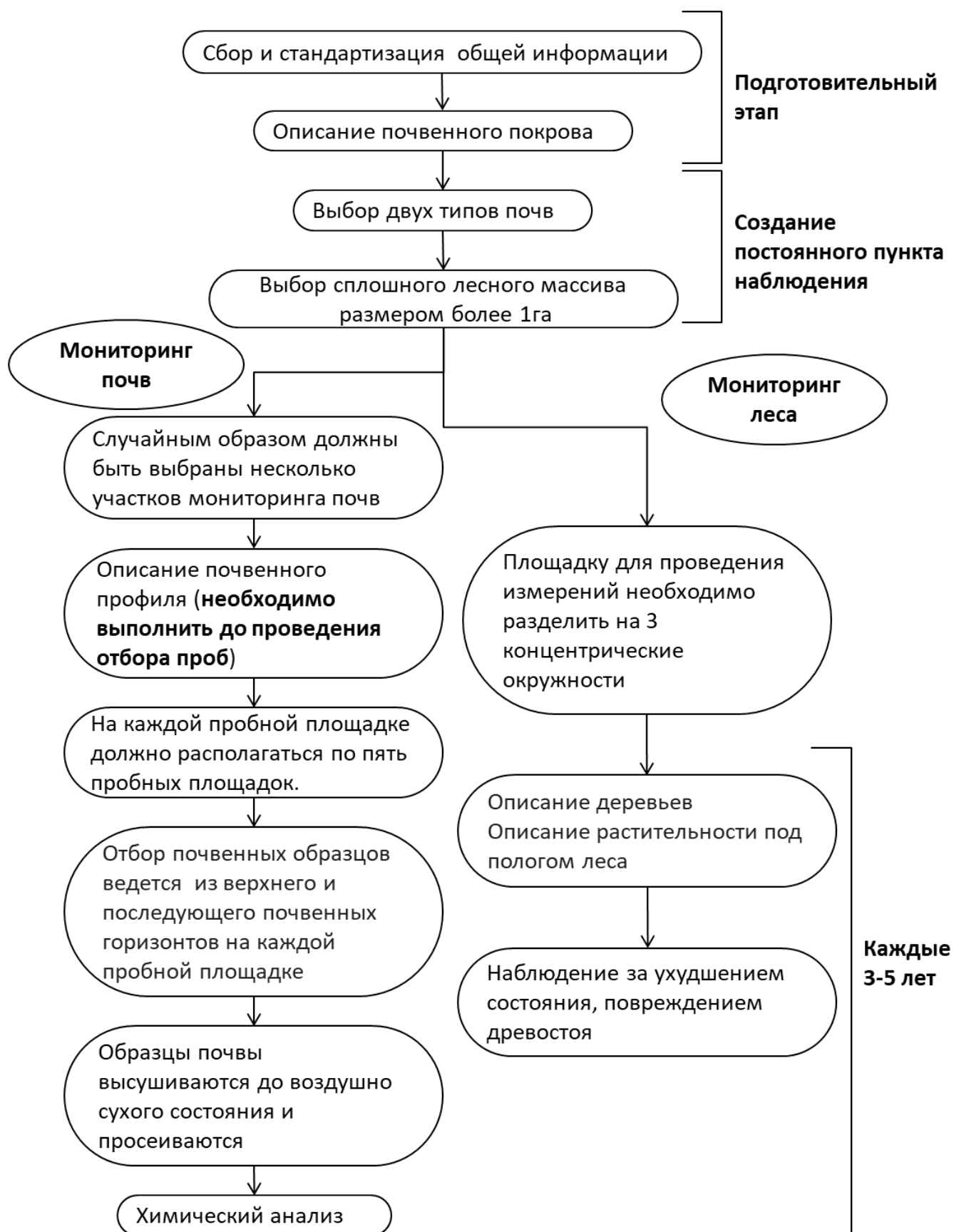


Рис. 2.1. Общий порядок проведения базового обследования почвенного покрова и леса

При обнаружении в ходе показанного выше обследования отклонений параметров от первоначального состояния, проводится интенсивное обследование территории для выявления взаимосвязи выявленных изменений с кислотными выпадениями. Анализ наземных экосистем должен проводиться независимо от этих обследований.

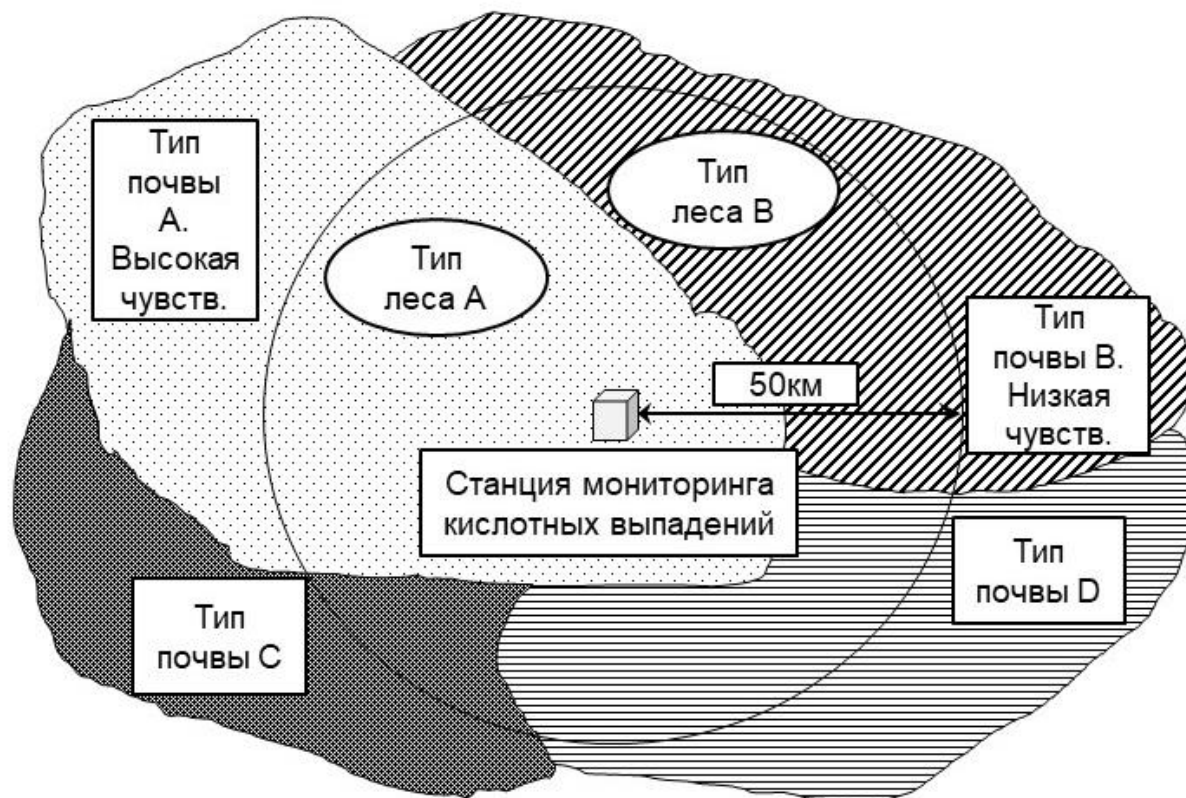


Рис. 2.2. Схема ППН

В радиусе примерно 50 км от станций мониторинга влажных и сухих выпадений, следует выбрать две лесных площадки, почвы которых имеют разную чувствительность к кислотным выпадениям. В каждом лесном массиве должны быть созданы площадки для мониторинга почв и растительности.

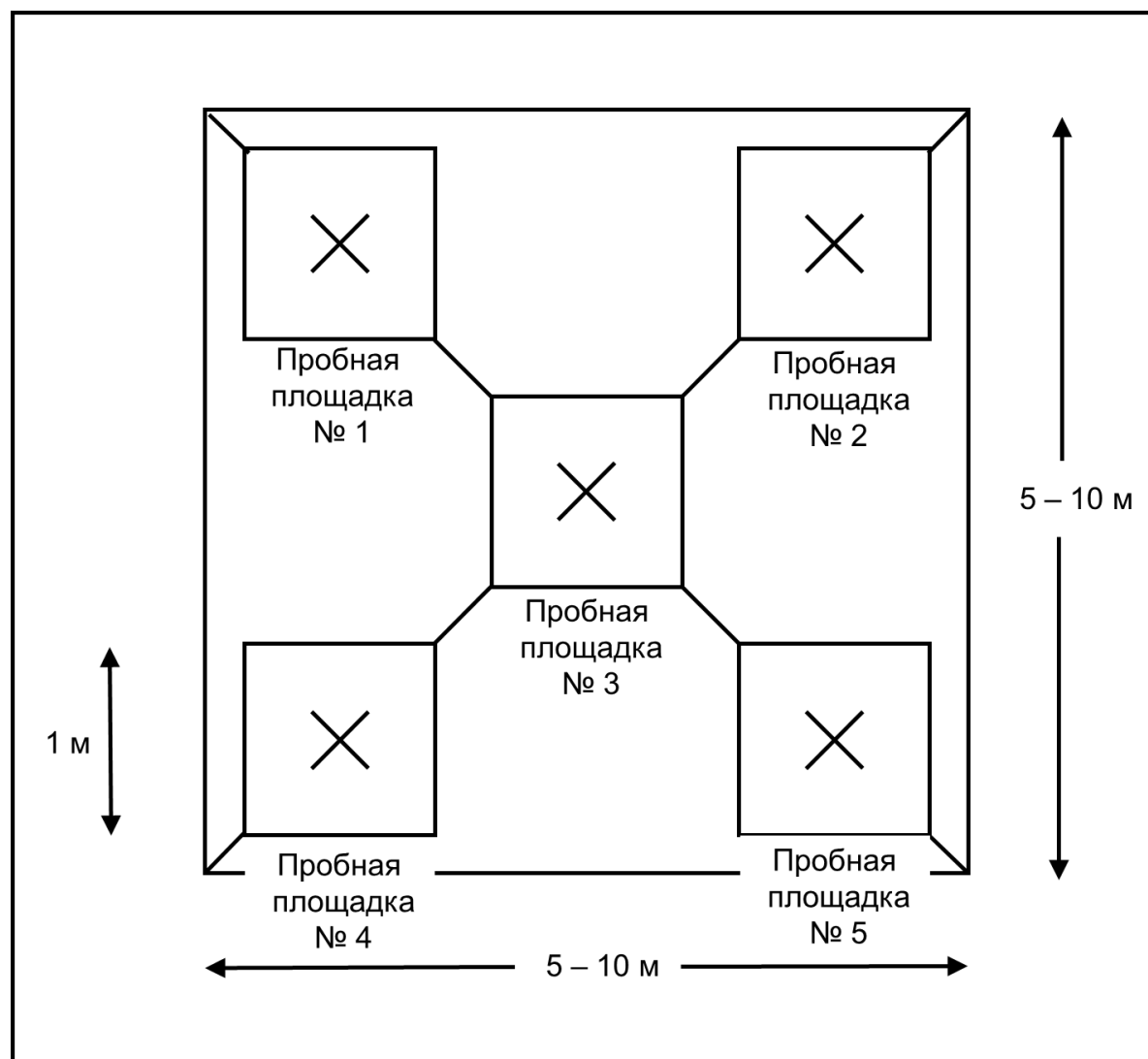


Рис. 2.3. Схема размещения пробных площадок

Для каждого типа почвы следует случайным образом выбирать несколько участков (не менее двух), которые должны занимать площади от 5 м x 5 м или 10 м x 10 м. На участке должны быть заложены пять пробных площадок (в центре и по диагоналям), размер каждой из которых должен составлять 1 м x 1 м.

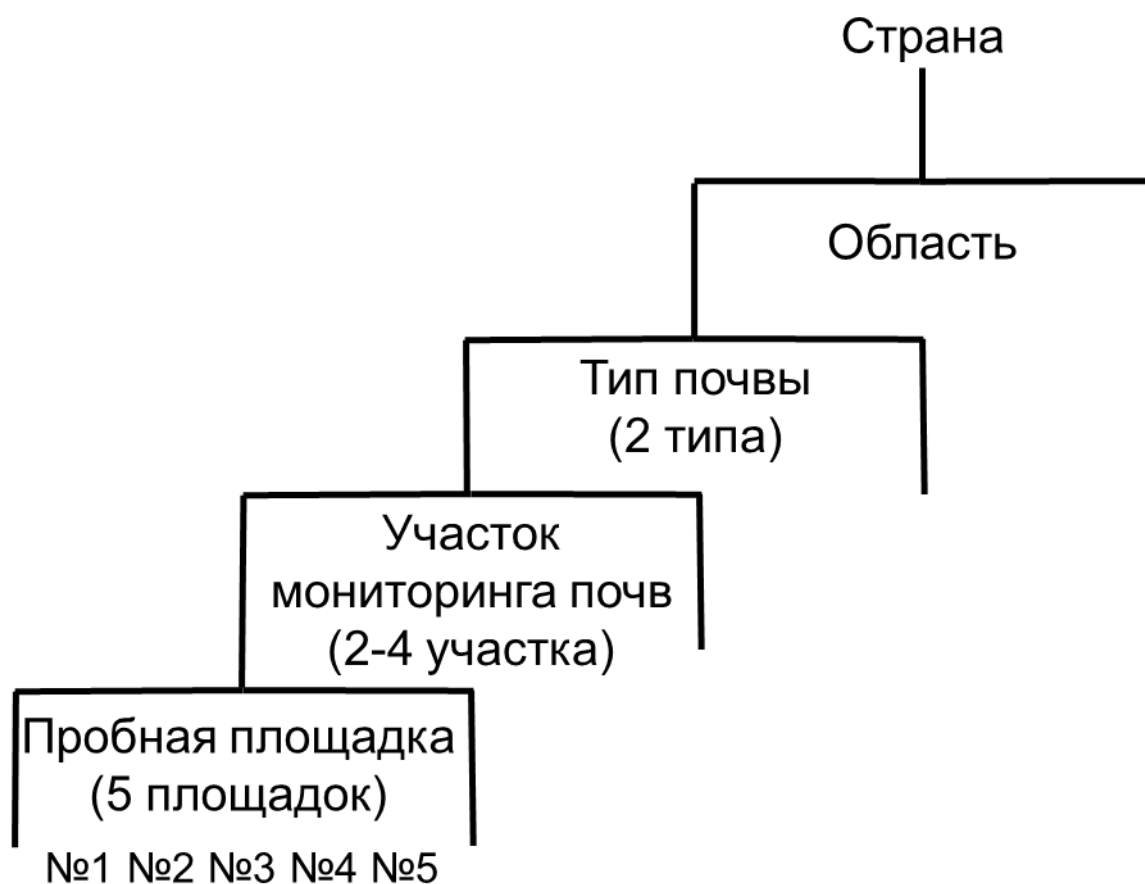


Рис. 2.4. Принципа многоступенчатого отбора проб

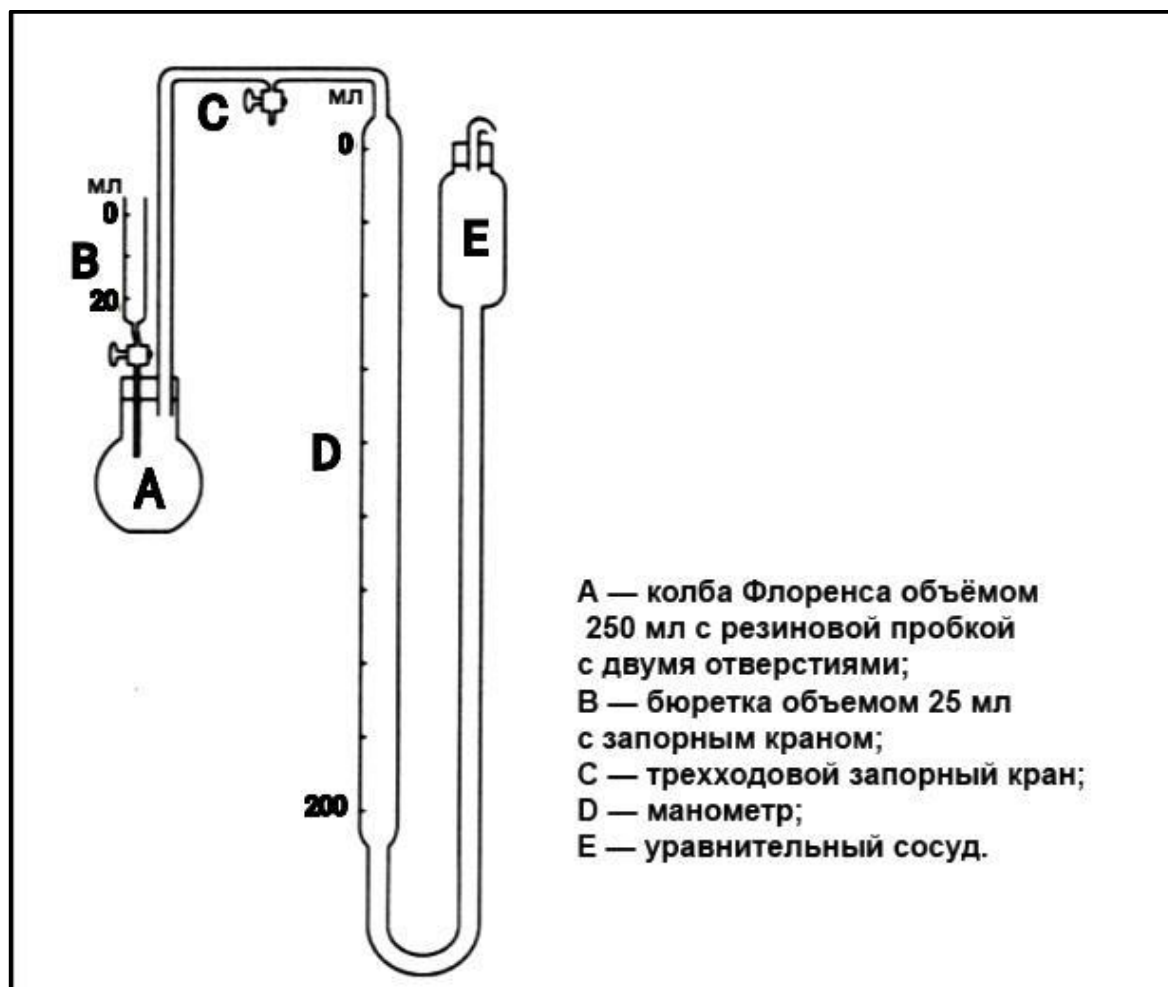


Рис.2.5. Объемный кальциметр для определения содержания карбонатов

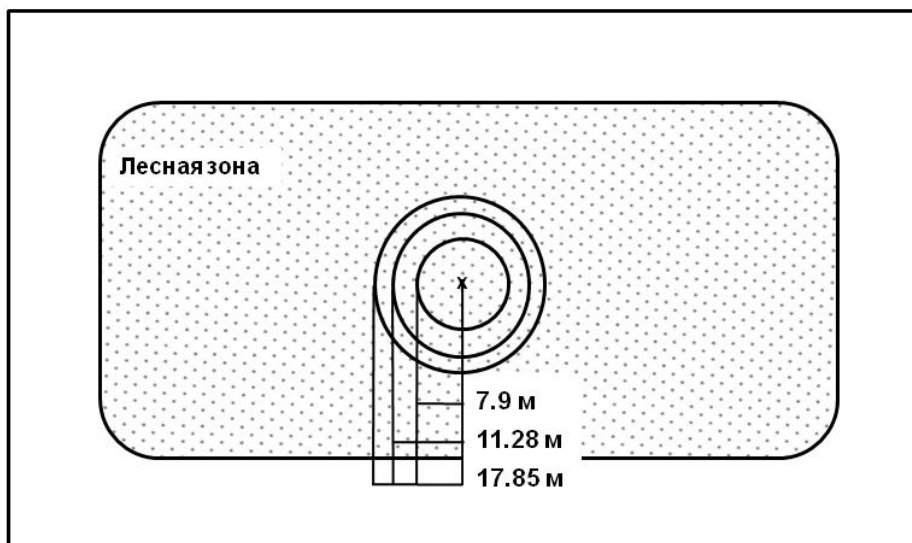


Рис.2.6. Концентрические площадки для описания древостоев

Для детального описания древостоев (при средней высоте деревьев 20 м) лесной участок, на котором проводятся измерения следует разделить на три концентрические окружности площадью 1000, 400 и 200 м².

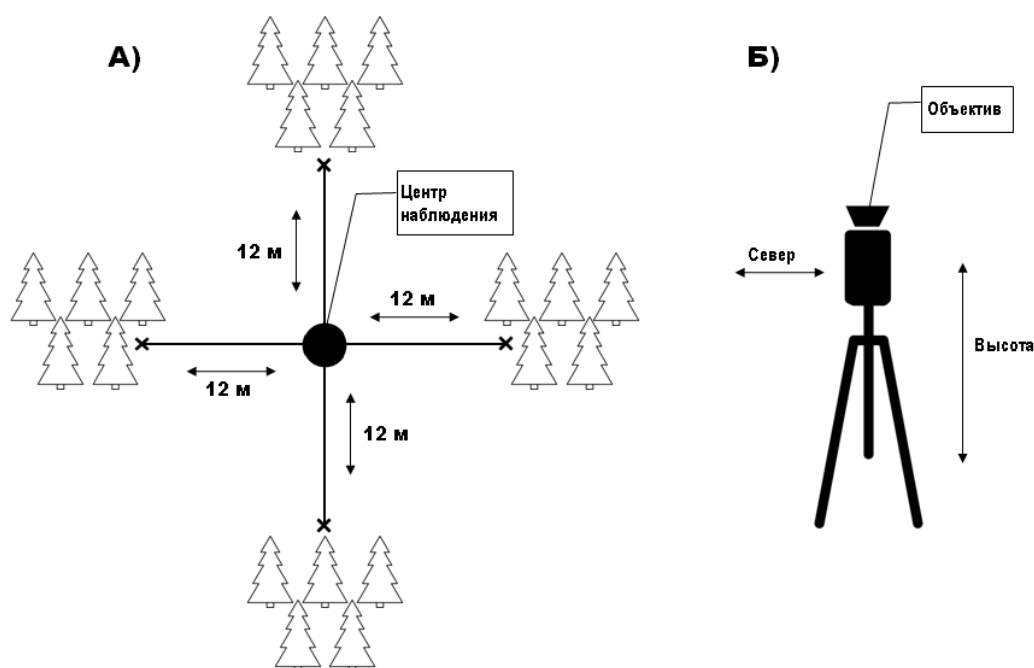


Рис. 2.7. Схема описания и фотофиксации повреждения древостоя

Для 20 модельных деревьев необходимо проводить описание, фотофиксацию состояния листвы, оценку повреждения, выявление причин обнаруженных повреждений.

а) Съемка должна осуществляться с 4-х позиций: севера, юга, востока и запада. Каждая точка съемки должна располагаться на расстоянии 12 м от центра участка рядом с 5-ю деревьями доминирующего вида.

б) При проведении съемки необходимо корректно установить камеру: объектив камеры должен быть направлен вверх, а верхняя сторона камеры (сторона, располагающаяся сверху при горизонтальной съемке) должна быть обращена к северу.

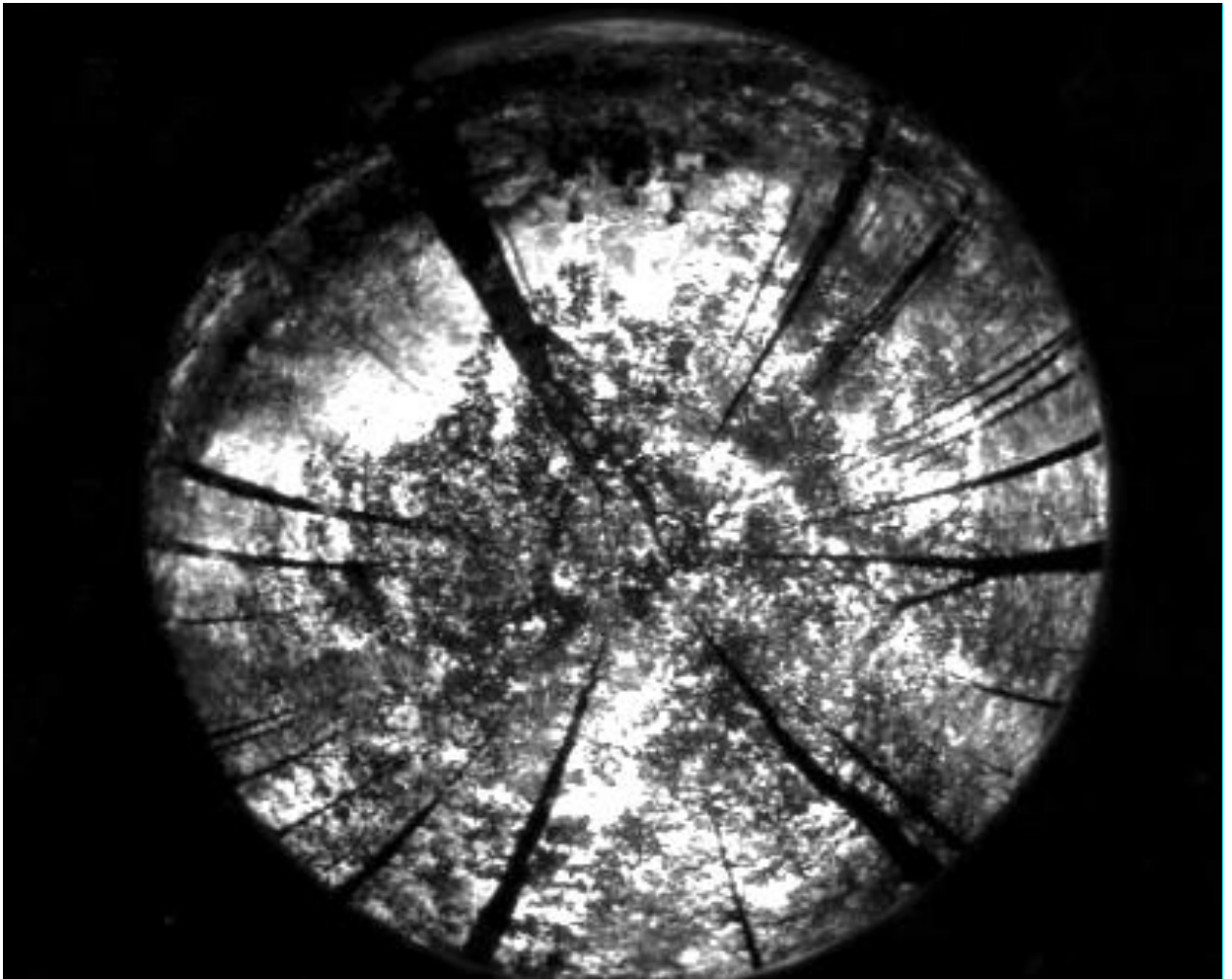


Рис. 2.8. Полусферический снимок, сделанная на плантации Микелии Маклурей в Сяопин, Сямынь, Китай, 5 марта 1999 года (фото проф. Т.Тоцука)

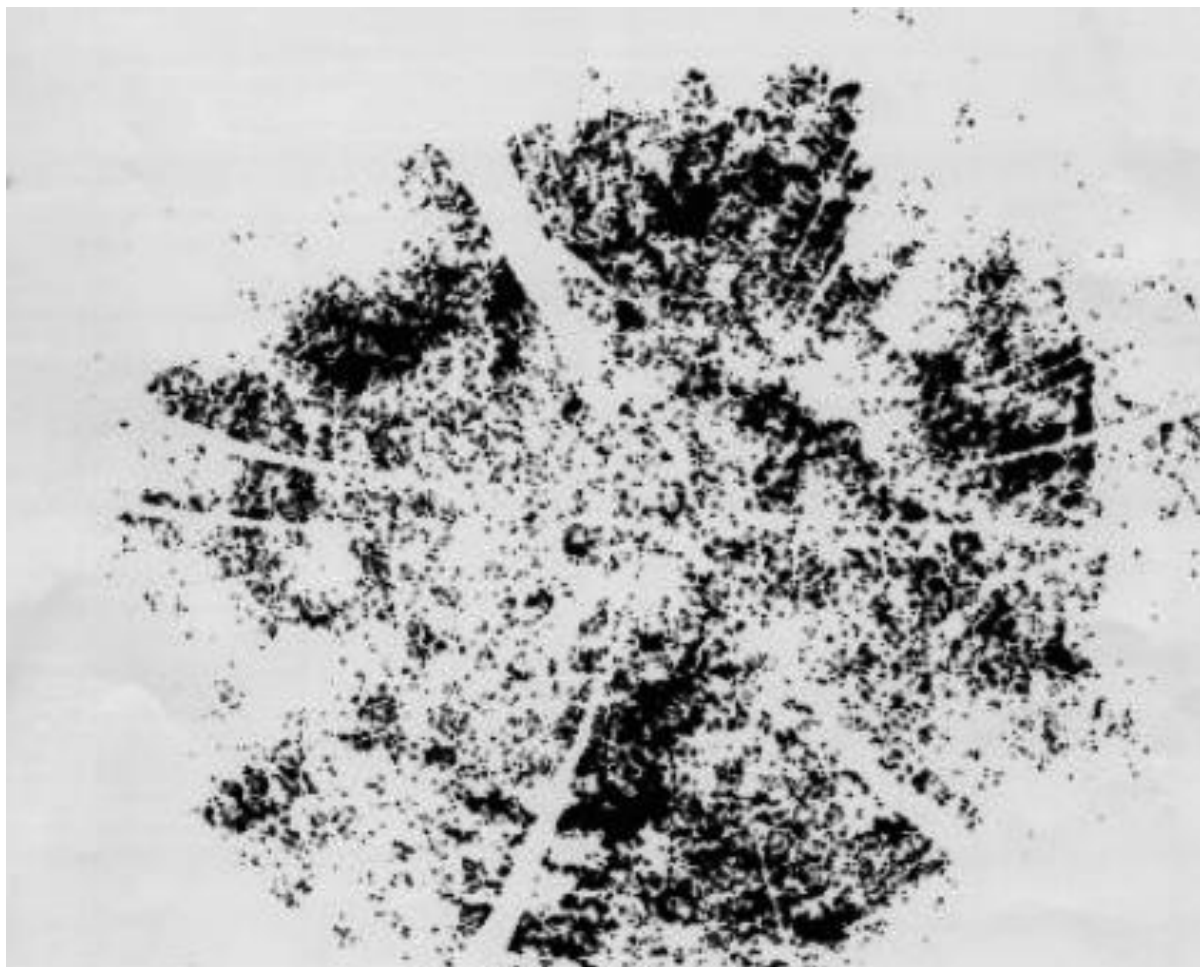


Рис. 2.9. Полусферический снимок, сделанный на плантации Микелии Маклурей в Сяопин, Сямынь, Китай, 5 марта 1999 года (черные участки соответствуют открытым участкам леса, просветам) (фото проф. Т.Тоцука)

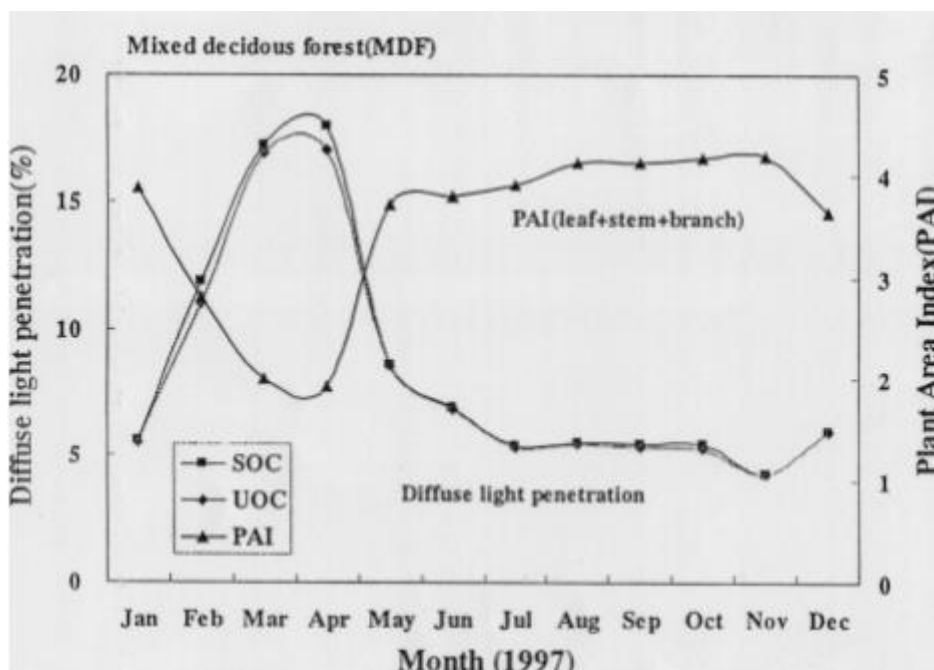


Рис. 2.10. Пример сезонных изменений структуры полога тропического леса на основе фотографической оценки с высоты 1,3 м (Ishizuka et al., 2000)

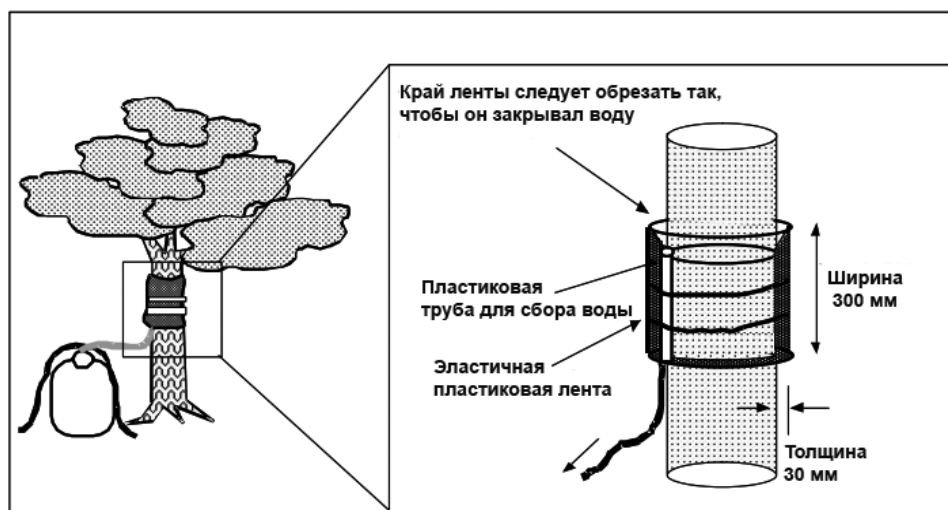


Рис. 2.11. Оборудование для сбора стволового стока

Дополнительная справочная информация

¹ Возможно использование буферных растворов с другой концентрации, для калибровки pH-метра в диапазоне, в котором планируется проводить измерения.

² Стандартный аналитический образец (стандартный аналитический раствор, стандарт, образец сравнения) представляет собой образец с известными составом или характеристиками максимально доступной степени чистоты для использования в качестве эталона при анализе. В качестве стандартного аналитического образца могут быть использованы ГСО, стандарт-титры и т.д.

³ Для повышения качества анализа рекомендуется готовить раствор с аналогичной концентрацией вещества в мерных колбах объемом 1 литр.

⁴ Бланковая проба (холостая проба) – проба, заведомо не содержащая искомого компонента в количестве выше порога чувствительности анализа.

⁵ Стандартный раствор- раствор с точно известной концентрацией.

⁶ Дополнительную информацию к разделу можно найти в следующем документе: ГОСТ 34467-2018. Грунты. Методы лабораторного определения содержания карбонатов Москва. - Стандартинформ. – 2019.

⁷ Дополнительную информацию к разделу можно найти в следующем документе: Стандартная рабочая методика определения органического углерода почвы методом Уокли-Блэка титрованием и калориметрическим методом/FAO - Рим, Италия 2021. - 21 с.

⁸ Шкала Браун-Бланке.