

Стеценко А.В., Сафонов Г.В.

ИНВЕСТИЦИИ В ЛЕСА РОССИИ:  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Москва  
МАКС Пресс  
2010

УДК 332.2  
ББК 65.28  
С 79

Стеценко А. В., Сафонов Г. В.  
С 79 Инвестиции в леса России: Методологические основы. – М.  
МАКС Пресс, 2010. 134

ISBN

Издание осуществлено при поддержке Автономной  
некоммерческой организации Центр экологических инноваций

В данной монографии представляются методологические основы необходимые для реализации лесных проектов в рамках Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола. Собраны методические подходы к мониторингу пулов потоков углерода; методики по расчету поглотительной способности углерод депонирующих антропогенно создаваемых лесных насаждений и экосистем. И представлены методические рекомендации для составления лесных инвестиционных проектов.

УДК 332.2  
ББК 65.28

Издание подготовлено при поддержке Автономной некоммерческой  
организации Центр экологических инноваций



119415 Россия, Москва, ул.  
Лобачевского, д. 46-17.  
т./ф.+7(495) 431-4757  
моб. +7 926 911-0514  
e-mail: ABC@kyotoforest.ru

Научное издание

Напечатано с готового оригинал-макета

Издательство «МАКС Пресс»

Лицензия ИД № 00510 от 01ю12.1999г.

Подписано к печати 25.06.2010г.

Формат 60x90 1/16 усл. печ. Л. 7,5 Тираж 100 экз. Заказ 777

Гарнитура Arial Шрифт 9

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, 2-й

учебный корпус, 627к.

Тел. 939-3890, Тел./факс 939-3891

Издание

ISBN

Авторы: © Стеценко А.В., Сафонов Г.В.  
© АНО ЦЭИ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ .....	7
ГЛАВА 1 ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В РАМКАХ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА .....	11
1.1. Базовые положения Киотского протокола в отношении проектов совместного осуществления .....	11
1.2. Проектный цикл совместного осуществления и требования к подготовке «киотских» проектов поглощения углерода лесами..	13
1.2.1. Понятия базовой линии и принципа дополнительности	15
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ ПУЛОВ И ПОТОКОВ УГЛЕРОДА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЕКТНОЙ АКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО УРОВНЯ .....	26
2.1. Мониторинг накопления запасов углерода в фитомассе искусственных лесных насаждений (лесных культур) .....	26
2.2. Методики экспериментально-полевого определения запасов подстилки и углерода почв .....	43
2.2.1. Описание и отбор образцов горизонта подстилки .....	44
2.2.2. Описание и отбор образцов почвенных горизонтов .....	49
2.2.3. Плотность почвенных горизонтов .....	52
2.2.4. Определение органического углерода в образцах .....	54
2.2.5. Расчет валовых запасов углерода в почвах .....	59
2.2.6. Услуги научных организаций по выполнению химических анализов .....	61
2.3. Оценка депонирования углерода в проектах лесовосстановления и лесоразведения .....	62
2.3.1. Международная методология оценки нетто-поглощения углерода лесами .....	62
2.3.2. Особенности учета лесов в РКИК и Киотском протоколе .....	63
2.3.3. Методология МГЭИК для расчета нетто поглощения CO <sub>2</sub> лесами .....	67
2.3.4. Особенности расчета компонентов углеродного бюджета лесов в России .....	77
2.4. Дистанционный мониторинг процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения для реализации соглашений Киотского протокола .....	79
2.4.1. Аэрокосмическая инвентаризация насаждений искусственного происхождения .....	79
2.4.2. Предложения по организационно-функциональной структуре системы дистанционного мониторинга процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения .....	86

Глава 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЛЕСНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА.....	89
3.1 Определение инвестиционного замысла .....	91
3.2 Концепция проекта (PIN).....	92
3.3. Определение структуры управления проектом .....	96
3.4. Институциональное и коммерческое осуществление проекта .....	96
3.5. Выбор методологии: базовая линия, план мониторинга .....	97
3.6. Описание местоположения проекта .....	101
3.7. Анализ затрат и выгод, инвестиционные показатели проектов лесовосстановления и лесоразведения .....	101
3.7.1. Оценка потока Выгод.....	101
3.7.2. Оценка потока затрат (издержек).....	104
3.7.3. Определение инвестиционных показателей проекта и выбор наилучшего проекта .....	104
3.7.4. Сопутствующие выгоды от высаживания «Киотских» лесов, поглощающих парниковые газы.....	113
3.7.5. Регистрация и осуществления проектов.....	115
3.8. Анализ рисков.....	116
3.9. Институциональное и рыночное окружение .....	116
3.10. Особенности учета единиц абсорбции .....	118
3.11. Написание инвестиционного проекта .....	119
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	126

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На основе Киотского протокола с 2008 года, странами-участницами организован глобальный рынок торговли квотами выбросов парниковых газов. Статья 3.3. Киотского протокола разрешает торговлю квотами выбросов парниковых газов между источниками выбросов, т.е. предприятиями или выступающими от их лиц «углеродными фондами» и поглотителями парниковых газов, т.е. владельцами молодых «Киотских» лесов. В данной работе предлагается экономический механизм привлечения международных инвестиций в проекты лесовосстановления и лесоразведения с целью увеличения углеродного стока за счет поглощения углекислого газа молодыми лесами, создаваемыми человеком.

Описываются базовые положения Киотского протокола, обеспечивающие возможность реализации проектов лесовосстановления и лесоразведения и сам проектный цикл по подготовке и реализации проектов совместного осуществления по увеличению углеродного стока. Приведены требования по подготовке «Киотских» проектов поглощения углерода лесами.

Приведено детальное сопоставление международной и отечественной терминологии необходимо для четкого выделения сферы проектной деятельности, связанной с мерами по искусственному созданию лесов.

Описаны методические подходы к мониторингу пулов и потоков углерода при осуществлении проектной активности локального уровня. Правила международной отчетности предполагают наличие мониторинга поглощения углерода в результате проектной деятельности. Затраты на формирование системы мониторинга включаются в состав операционных затрат проекта. Повышение экономической эффективности проектов связано с созданием системы мониторинга, позволяющего получать достаточно надежные данные о накоплениях углерода при сравнительно небольших издержках.

В исследовании предлагаются методические рекомендации по учету поглощения углерода лесами и представлена методика написания эколого-экономической оценки проектов лесовосстановления и лесоразведения для создания инвестиционного предложения. В рамках данной работы описывается методика расчета углеродных выгод, показывающая привлекательность проектов, и методика учета затрат. Для корректного сопоставления затрат и выгод разнесенных во времени применяется метод дисконтирования (приведения затрат и выгод к одному моменту времени). Далее рассчитываются основные инвестиционные показатели период

окупаемости проекта, NPV (чистый приведенный доход), IRR (внутренняя норма доходности или рентабельность проекта), PI (индекс прибыльности).

Рассмотрены особенности процедур зачета информации об антропогенной эмиссии и абсорбции парниковых газов по пунктам 3 и 4 Статьи 3 Киотского протокола, в частности, невозможность переноса единиц абсорбции, могут иметь решающее значение при принятии решения об организации и реализации совместных проектов по Статье 6 Протокола.

Показана перспектива многоцелевых проектов лесных проектов, при которых получение единиц абсорбции парниковых газов будет рассматриваться в качестве дополнительного (сопутствующего) эффекта при реализации проектов совместного осуществления по Статье 6 Киотского протокола.

**Ключевые слова:** Глобальное изменение климата, Киотский протокол, совместное осуществление, леса, лесные экосистемы, «Киотские» леса, лесопользование, лесопользование, лесной фонд, мониторинг, парниковые газы, поглощение углерода, лесовосстановление, лесоразведение, стоки, углерод, углекислый газ, углеродный бюджет, пулы углерода, фитомасса, эмиссии.

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

- А – вес влажной почвы, г  
а – влажность почвы, %  
А1 – гумусово-аккумулятивный горизонт  
А2 – элювиальный горизонт  
Ад – дернина  
АО – лесная подстилка  
АОН – нижний слой подстилки  
Базовая линия - наиболее вероятное развитие событий и, соответственно, выбросов/стоков ПГ, при отсутствии проекта.  
В – иллювиальный, переходный горизонт  
ВБРЗ - выгоды от повышения биологического разнообразия  
ВД – выгоды от годового депонирования углекислого газа,  
Верификация - проверка на правдивость и правильность данных о проекте полученных в результате его подготовки и проведения и сертификации.  
ВЗД – выгоды от увеличения запаса древесины за год;  
ВО - Общие выгоды от реализации углеродных проектов  
ВП – прочие выгоды (в том числе: ВПЭ – выгоды от предотвращения эрозии почв и др.)  
ВПЛ – выгоды от годового побочного лесопользования (дары леса, охота, рыбалка),  
ВПЭ - выгоды от предотвращения эрозии почв  
ВУ – выгоды от среднегодового повышения урожайности,  
Га - гектар  
ГУЛФ – государственный учет лесного фонда  
Д – подстилающая порода  
Детерминация - независимая оценка проектов по сокращению или поглощению выбросов парниковых газов организацией, аккредитованной при РКИК.  
Дополнительность (additionality) - относится к ситуации, когда в результате реализации ПСО сокращение выбросов может считаться дополнительным к тому сокращению, которое имело бы место в случае отсутствия этого проекта  
ЕА - единицы абсорбции углерода  
Евро – европейская валюта  
ЕСВ - Единицы сокращения выбросов парниковых газов  
ЕСВ - единицы сокращенных выбросов  
ЕУК - единицы установленного количества  
ЕУК - единицы установленного количества выбросов  
ЗО - общие затраты (издержки) на выращивание лесных насаждений

ЗР – затраты рубки ухода в молодняках; 3) прореживание молодняков и средневозрастных насаждений; 4) меры по охране от пожаров.

ЗС – затраты на создание насаждений;

ИП (PDD) – Инвестиционный проект (Project design document)

Кг - килограммы

ЛЗОЛЗ - лесные земли, остающиеся лесными землями

м<sup>3</sup> - метры кубические

МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата

МЧР - механизм чистого развития

H<sub>s</sub> - содержание гумуса, % веса сухой почвы

ОВОС - оценка воздействия на окружающую среду

ООН - Организация Объединенных Наций

ПГ - парниковые газы. В Приложение А Киотского протокола включены следующие парниковые газы: углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O), гидрофторуглероды (HFCs), перфторуглероды (PFCs) и гексафторид серы (SF<sub>6</sub>).

ПСО - проекты совместного осуществления.

рис. – рисунок

РКИК ООН - Рамочная Конвенция ООН об изменении климата

Рослесхоз – Федеральное агентство лесного хозяйства МПР

РФ – Российская Федерация

С – материнская порода

C<sub>f</sub> – запас углерода в растении, кг С шт<sup>-1</sup>

Сертификация - экспертная оценка предполагаемого сокращения выбросов парниковых газов (планирования предполагаемой деятельности) и предварительная сертификация проекта на национальном уровне, как в стране инвесторе, так и в стране производителя

См – сантиметр

СО – совместное осуществление. Это один из механизмов гибкости, включенных в Киотский протокол.

СО<sub>2</sub>-эквивалент - выбросы парниковых газов, включенных в Приложение А Киотского протокола, пересчитываются в СО<sub>2</sub>-эквивалент путем умножения на соответствующие коэффициенты глобального потепления.

СПП – структура почвенного покрова

ССВ – сертифицированные единицы сокращенных выбросов

Сток – поглощение парниковых газов, в первую очередь лесами.

T – период действия проекта (максимальный срок, по истечению которого потоки выгод и затрат от проекта становятся нулевыми).

T – тонна

t – тонна

Табл. – таблица

Тыс. тысячи  
Шт. - количество штук

АOF – средний слой подстилки

АOL – верхний слой подстилки

BW – плотность почвы,  $\text{г см}^{-3}$

C – итоговое значение запаса углерода живой фитомассы, т С

D – таксационный показатель древостоя;

H – высота дерева, м

h – высота цилиндра, см

*i* – ставка рефинансирования Центрального Банка РФ,

IRR – внутренняя норма доходности (это такая ставка процента, при которой выгоды полностью компенсируют затраты проекта).

$K_f$  - конверсионные коэффициенты для углерода фракций фитомассы, т С  $\text{м}^{-3}$

$k(f, k_r, k_z)$  – коэффициент годового депонирования углерода

K<sub>r</sub> – код региона.

$K_s$  - конверсионные коэффициенты для углерода фитомассы стволов, т С  $\text{м}^{-3}$

K<sub>z</sub> – код зоны.

$k_z$  – коэффициент, зависящий от типа и возраста культуры (кбм/(га\*год)).

LULUCF – термин, принятый в РКИК ООН, официально переводится на русский язык как «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство».

NPV – чистая приведенная прибыль (обозначает приведенный к настоящему моменту времени поток чистых доходов (выгод)).

$N_{пл}$  – количество получаемой за год продукции побочного лесопользования (ед/год).

OF- общий фонд лесовосстановления.

P – вес сухой почвы, г

PI – индекс доходности (определяется как соотношение приведенных к настоящему моменту времени выгод и затрат).

PIN – Концепция проекта (Project idea note)

PP - период окупаемости

$P_d$  – цена депонированной тонны углекислого газа (руб./т CO<sub>2</sub>);

$P_{пл}$  – денежная оценка годового прироста запаса древесины (руб./кбм.);

$P_{пл}$  – денежная оценка продуктов побочного лесопользования (руб./ед.);

QA - обеспечению качества.

QC - контроль качества.

г – радиус цилиндра, см

RK- фонд рекультивации.

S – площадь лесов, высаживаемых в рамках проекта (га);

SH- фонд деградированных с-х земель.

$S_i$  – площадь лесов, занимаемой  $i$ -й монокультурой (березой, елью и др.), высаживаемой в рамках проекта (га),

\$ - долл. - валюта доллары США

$T_1$  – период, окупаемости (период, в течение которого возвращаются инвестиции проекта).

$T_{ок}$  – . период, окупаемости

$V$  – объем цилиндра, см<sup>3</sup>

ZL- фонд защитного лесоразведения.

3,66 – коэффициент перевода объема депонированного углерода в объем депонированного углекислого газа;

# **ГЛАВА 1 ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В РАМКАХ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА**

## **1.1. Базовые положения Киотского протокола в отношении проектов совместного осуществления**

Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК)<sup>1</sup> вступила в силу в 1995г. Российская Федерация ратифицировала РКИК в 1994 г. Согласно статье 2 РКИК, конечная цель Конвенции и всех связанных с ней правовых документов, заключается в том, чтобы добиться «стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему».

В развитие РКИК в 1997 году был принят Киотский протокол<sup>2</sup>, в котором, помимо прочего, были определены количественные обязательства Сторон Приложения В по ограничению выбросов парниковых газов (ПГ) на период 2008-2012 г., а также предусмотрены «механизмы гибкости» для целей международного сотрудничества по снижению выбросов из источников и увеличению абсорбции ПГ поглотителями. Киотский протокол вступил в силу 16 февраля 2005 г. Российская Федерация ратифицировала протокол федеральным законом №128-ФЗ от 4 ноября 2004 г. «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата».

Одним из механизмов гибкости Киотского протокола являются проекты совместного осуществления (ст. 6), которые могут реализовываться совместно Сторонами Приложения В. Статья 6 предусматривает, что для целей выполнения своих количественных обязательств «любая Сторона, включенная в Приложение I РКИК, может передавать любой другой такой Стороне или приобретать у нее единицы сокращения выбросов, полученные в результате проектов, направленных на сокращение антропогенных выбросов из источников или на увеличение абсорбции поглотителями парниковых газов в любом секторе экономики, при условии, что:

---

<sup>1</sup> Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1992. 30 с.

<sup>2</sup> Киотский протокол к рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.

- a) любой такой проект был утвержден участвующими Сторонами;
- b) любой такой проект предусматривает сокращение выбросов из источников или увеличение абсорбции поглотителями, дополнительное к тому, которое могло бы иметь место в ином случае;
- c) она не приобретает никаких единиц сокращения выбросов, если она не соблюдает свои обязательства по статьям 5 и 7;
- d) приобретение единиц сокращения выбросов дополняет внутренние действия для целей выполнения обязательств по статье 3».

Контроль за реализацией проектов совместного осуществления производится Наблюдательным комитетом по надзору за деятельностью Сторон по статье 6 Киотского протокола, созданным в декабре 2005 г. на первом Совещании Сторон Киотского протокола.

Международные договоренности по реализации статьи 6 Киотского протокола позволяют использовать два варианта для того, чтобы проекты совместного осуществления были зарегистрированы, инвестиции получены и единицы сокращенных выбросов переданы стране-инвестору.

Вариант 1 (Track 1) применяется, если принимающая проект Страна, (в нашем случае - Россия), полностью соответствует критериям приемлемости. Это означает, что Страна является Страной Киотского протокола, ее установленное количество выбросов ПГ (квота) рассчитано и зафиксировано, а также представлена необходимая дополнительная информация по установленному количеству, а также то, что Страна учредила свою национальную систему оценки выбросов парниковых газов, национальный реестр для регистрации приема и передачи различных единиц Киотского протокола (ЕУК, ЕСВ, ССВ и ЕА), представляет свои ежегодные инвентаризации выбросов парниковых газов в установленном формате и в установленные сроки. В этом случае Страна может не обращаться за решением о признании проектов к международному Наблюдательному комитету по проектам совместного осуществления, а применять собственные национальные процедуры по отбору проектов и по оценке сокращений выбросов/увеличения поглощения ПГ, получаемых в результате реализации проектов.

Вариант 2 (Track 2) применяется, если принимающая проект Страна еще не выполнила все критерии приемлемости, однако уже является Страной Киотского протокола, ее установленное количество рассчитано и зафиксировано, а также создан национальный реестр для регистрации приема и передачи ЕУК, ЕСВ, ССВ и ЕА. В этом случае проект и объемы сокращения выбросов парниковых газов/увеличения поглощения ПГ должны быть детерминированы и верифицированы в соответствии с правилами и процедурами, которые утверждаются Наблюдательным комитетом по проектам совместного осуществления.

Детерминация предполагает, что независимая организация проверит методологию расчета исходных условий (базовой линии) и результатов проекта в части сокращения выбросов парниковых газов, а также методологию мониторинга сокращений выбросов/ увеличения абсорбции ПГ в ходе реализации проекта. Для многих типов проектов стандартные методологии уже были разработаны, а часть из них принята для проектов «механизма чистого развития»<sup>3</sup>.

Верификация предполагает оценку независимой организации достигнутых по проекту объемов сокращения выбросов/ увеличения абсорбции ПГ. В настоящее время практически все проекты реализуются по Варианту 2. Кроме того, если Сторона выполнит все условия приемлемости, она может продолжать реализацию проектов по Варианту 2.

## **1.2. Проектный цикл совместного осуществления и требования к подготовке «киотских» проектов поглощения углерода лесами**

Цикл подготовки и выполнения проектов совместного осуществления состоит из следующих основных этапов.

*Этап 1. Идентификация проекта.* Это начальный этап, на котором определяется, какой конкретный проект предполагается реализовать, оцениваются его характеристики и ожидаемые результаты. Этот этап направлен на то, чтобы заинтересовать потенциального инвестора, получить принципиальную поддержку проекта в России и начать его подготовку.

Обычно на данном этапе требуются следующие документы:

1. Подготовка и направление потенциальному инвестору Концепции проекта (PIN), в которой содержатся общие сведения о проекте, позволяющие потенциальному инвестору оценить, заинтересован ли он в данном проекте.

2. Получение Письма о поддержке проекта от уполномоченного органа.

3. Направление инвестору или подписание с инвестором Письма о заинтересованности в реализации проекта или Письма о намерениях. Эти документы необходимы инвестору, так как следующий, второй этап уже требует финансирования с его стороны.

*Этап 2. Разработка полного комплекта проектной документации.* Если проектная идея заинтересовывает потенциального инвестора и будущие стороны проекта готовы работать дальше над разработкой проекта, наступает второй этап подготовки проекта, который включает разработку следующих документов:

---

<sup>3</sup> Веб-сайт Секретариата РКИК/Киотского протокола [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

исследование исходных условий (базовой линии);  
разработку плана мониторинга сокращений выбросов парниковых газов/ увеличения абсорбции ПГ.

Одновременно разрабатываются традиционные для проектов документы, такие как бизнес-план, технико-экономическое обоснование, оценка воздействия на окружающую среду и т. п., которые не относятся к документам «углеродного» финансирования и разрабатываются в соответствии с действующим российским законодательством.

Исследование исходных условий вызвано тем, что, согласно Киотскому протоколу, результаты, достигнутые в ходе проекта, ни в каком ином случае не могли бы быть получены (так называемый «принцип дополнительности для проектов совместного осуществления»).

План мониторинга включает в себя подробное изложение, как часто, кем и с использованием каких приборов (расчетных методов) будут фиксироваться реальные выбросы вплоть до 2012 г., каким образом будут документироваться результаты измерений (расчетов).

Форматы этих документов достаточно сложны, для их разработки, как правило, привлекаются специализированные организации или высококвалифицированные специалисты. Следует отметить, что Наблюдательным комитетом по совместному осуществлению приняты форматы проектной документации для различных типов проектов<sup>4</sup>.

#### *Этап 3. Утверждение проекта.*

Российская Федерация должна официально подтвердить, что готова передать стране-инвестору полученные в результате проектов совместного осуществления единицы сокращенных выбросов парниковых газов. Инвесторы требуют подписания от имени Российской Федерации письма об утверждении проектов (Letter of Approval), в котором должно подтверждаться, что если сокращения выбросов/увеличение абсорбции ПГ по проекту будут достигнуты, то они будут переданы инвестору.

Комплектность проектной документации, все методологии по расчету исходных условий и планам мониторинга результатов проектов подлежат «детерминации», т. е. независимой оценке. Независимую оценку примененных методологий могут делать организации, которые имеют аккредитацию при Наблюдательном комитете по совместному осуществлению.

#### *Этап 4. Реализация проекта.*

В случае, если проектная документация разработана, успешно прошла процесс детерминации и получено Письмо об утверждении проекта от имени Российской Федерации, то инвестор и предприятие/компания, где будет реализовываться проект, получают юридические основания для подписания контракта на продажу/покупку единиц сокращенных выбросов по проекту совместного осуществления.

---

<sup>4</sup> Веб-сайт механизма совместного осуществления <http://ji.unfccc.int>

После этого может быть начата реализация проекта, в том числе получены авансовые платежи, если имеются соответствующие договоренности между инвестором и предприятием.

По ходу выполнения проекта, в соответствии с утвержденным планом мониторинга объемов сокращения выбросов/увеличения абсорбции ПГ, должны проводиться мероприятия по учету и регистрации данных о достигнутых результатах проекта.

Достигнутые по проекту объемы сокращения выбросов/увеличения абсорбции ПГ должны проходить процедуру верификации независимой организацией, аккредитованной при Наблюдательном комитете по совместному осуществлению (Вариант 2 для проектов совместного осуществления), либо подвергаться национальной процедуре проверки достигнутых сокращений (по Варианту 1).

*Этап 5. Передача единиц сокращенных выбросов/увеличения абсорбции ПГ.*

В соответствии с подписанным Контрактом на продажу/покупку единиц сокращенных выбросов/увеличения абсорбции ПГ и на основании достижения реальных объемов сокращений выбросов/увеличения абсорбции ПГ по проекту по мере реализации проекта, как правило, ежегодно через российский национальный реестр должны проводиться транзакции единиц сокращенных выбросов от России стране-инвестору.

## **1.2.1. Понятия базовой линии и принципа дополнителности**

### **Термины**

Под термином *базовая линия (baseline)* или *базовый уровень выбросов/абсорбции ПГ* понимается объем ежегодных выбросов/абсорбции ПГ, который был бы при отсутствии проектов и мер по снижению/увеличению, то есть без какой либо специальной деятельности. Поскольку такой объем ежегодных выбросов/абсорбции ПГ - не постоянная величина, то правильнее говорить не об уровне, а именно о линии, величине переменной во времени (см. рис. 1.1).

Понятие базовой линии основывается на основополагающем принципе *дополнительности (additionality)*, заложенном в Киотском протоколе. Под *дополнительностью* понимается свойство, характерная черта деятельности предприятия компании или страны в целом, заключающаяся в том, что сокращения выбросов/увеличение абсорбции ПГ должны быть дополнительными по отношению к тому, что было бы без выполнения проекта.

### Понятийная схема базовой линии

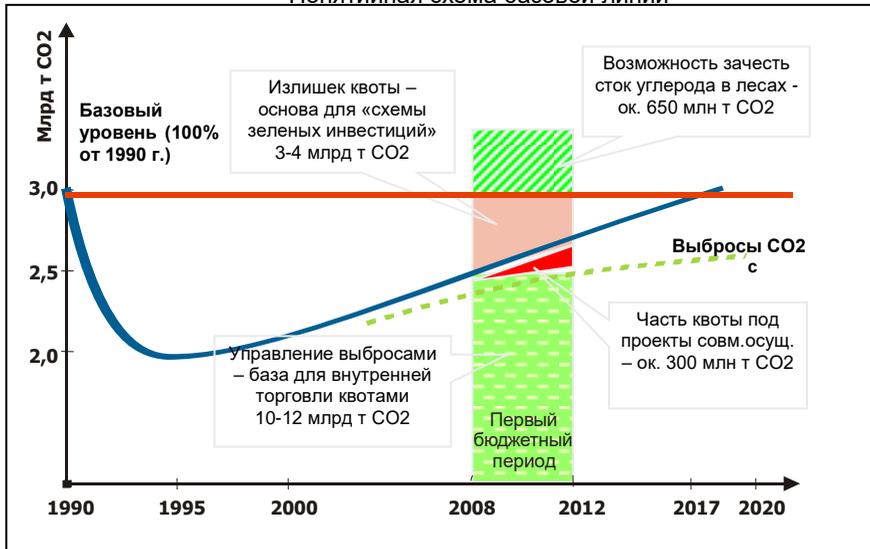


Рисунок 1.1.

От базовой линии «отталкивается» и план мониторинга, представляемый в проектной документации, в котором описывается механизм контроля за показателями, заложенными в базовую линию и в проектные величины сокращения выбросов/увеличения абсорбции ПГ.

### Временной масштаб

Определение базовой линии должно вестись на тот же срок, как и собственно планирование развития деятельности. В лесном хозяйстве это может превышать 20 лет и даже на 50-100 лет вперед.

Срок в 20 совершенно достаточен с точки зрения планирования и выполнения большинства проектов совместного осуществления в лесном хозяйстве, учитывая необходимость выполнения обязательств по первому (2008-2012 гг.), и, вероятно, второму периоду обязательств по Киотскому протоколу.

### Объект определения базовой линии

Вопрос объекта определения базовой линии требует отдельного рассмотрения. Это может быть лесохозяйственное предприятие или регион в целом, его географически обособленное подразделение или отдельное подразделение.

Следует учитывать, что международные обязательства по снижению выбросов относятся к государствам в их суверенных границах. Государство устанавливает нормы выбросов (распределяет квоты), принимает национальное законодательство, где объектами экологического права являются отдельные предприятия. Поэтому базовая линия должна, прежде всего, определяться для конкретного предприятия, но при этом должна детально учитываться политика региона или страны в целом. Это так называемая проблема потенциальных «утечек». Схема определения базовой линии представлена на рис. 1.2.

### **Основные шаги по определению базовой линии**

Определение базового уровня можно рассматривать как самостоятельное исследование в рамках подготовки проекта. В нем сначала надо дать характеристику проекта, ориентированную на расчет базовой линии, а потом дать ответы на проблемные вопросы. В результате план данного исследования выглядит так:

- Описание характеристик проекта.
- Определение границ проекта.
- Расчет базовой линии выбросов/абсорбции ПГ.
- Анализ проекта и оценка так называемой «утечки».
- Оценка неопределенностей и рисков.

После чего делается расчет чистого поглощения ПГ, разницы между рассчитанной базовой линией и проектных объемов поглощения ПГ с учетом утечки. Точность определения базовой линии тоже должна приниматься во внимание, как и возможные риски. В идеале неопределенность должна быть значительно меньше, чем эффект от проекта, а риски невелики. Лесные проекты имеют существенный риск полной или частичной гибели от пожаров и других негативных воздействий.

### **Описание характеристик проекта**

В контексте определения базовой линии описание характеристик проекта имеет свои особенности. Описание должно представлять информацию для последующих расчетов и оценок, что требует немало дополнительных данных.

- Приводимые ниже данные охватывают лишь некоторые блоки информации, дополнительные детали могут потребоваться в процессе работы по расчету базовой линии,

## Общая схема определения базовой линии

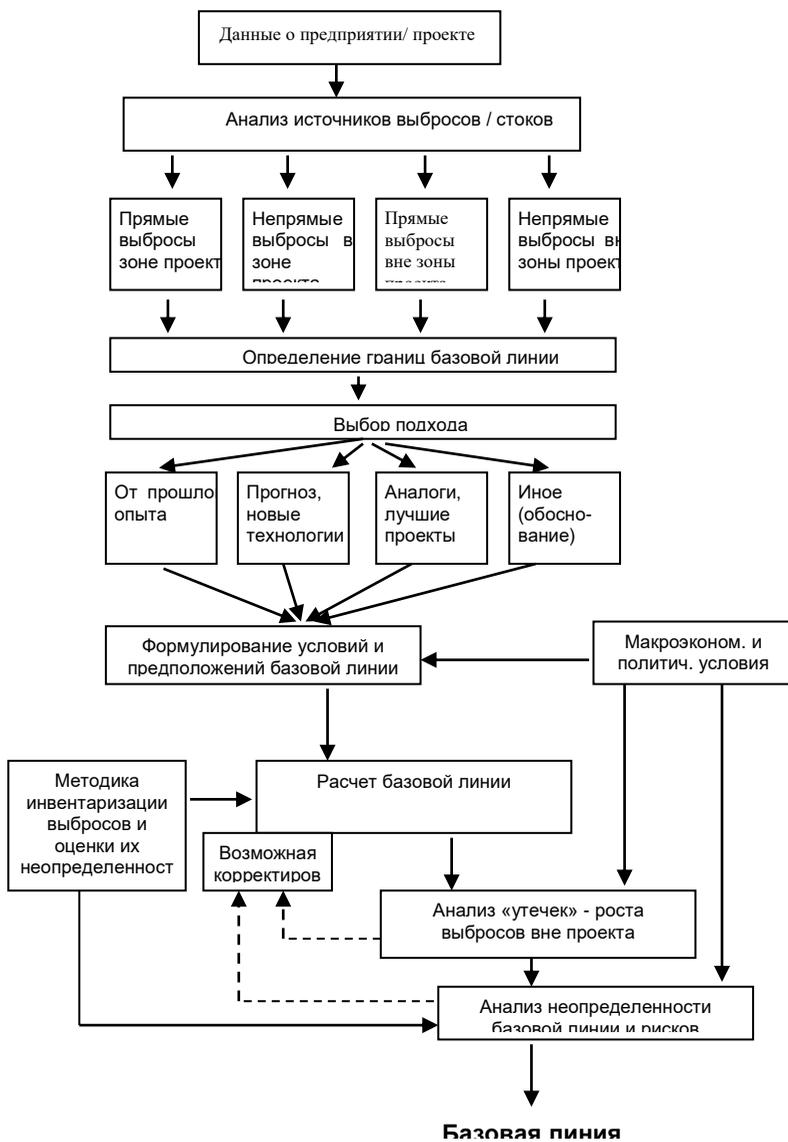


Рисунок 1.2.

анализе утечек, неопределенностей и рисков.

- Категория или тип проекта
- Сектор, или отрасль, в рамках которой реализуется проект
- Производственные показатели до и после выполнения проекта
- Планируемые результаты проекта со всех точек зрения, производственной, экологической, социальной и т.п.
- Время «жизни» проекта, мероприятия по обслуживанию и ремонту оборудования по мере его старения

Если в рамках проекта предполагается реализовать новый вид услуг или оборудования, но к моменту начала реализации проекта не может быть предоставлено детальной рыночной информации, то необходимо обратиться к международному опыту, на основании чего и оценивать спрос и/или потребление.

## Границы проекта

Первым шагом при определении базовой линии является определение так называемых «границ» проекта. Границы определяются при умозрительном представлении пространства вокруг реализуемого проекта, на которое данный проект может оказывать влияние с точки зрения выбросов/абсорбции ПГ. Деятельность, а также выбросы/абсорбция ПГ, включаемые в границы проекта будут учитываться при установлении базовой линии; и то и другое будет также являться объектом мониторинга с начала реализации проекта.

Установление границ проекта требует принятия во внимание целого ряда факторов и соображений, из которых наиболее значимыми являются географические аспекты и уровни деятельности по проекту.

Для проектов по более совершенному управлению лесным хозяйством, в границы проекта входят выбросы парниковых газов, обусловленные работой лесовозного и прочего транспорта вне данного лесного предприятия.

Рассмотрение уровней деятельности это оценка того, какая именно деятельность должна быть включена в расчет базовой линии. Имеется в виду деятельность, связанная с реализацией проекта, и, соответственно, ее альтернатива - что бы было без проекта.

Имеющиеся официальные Руководства по ПСО не дают четких указаний, какого рода деятельность, и какие именно выбросы/стоки ПГ должны рассматриваться при определении границ проекта, а какие должны исключаться из этого рассмотрения. Однако для проектов МЧР такого рода указания имеются в Марракешских соглашениях (Решение РКИК ООН 17/СР.7)<sup>5</sup>. Все выбросы/стоки ПГ, связанные с проектом,

---

<sup>5</sup> Доклад Конференции Сторон о работе ее Седьмой Сессии, состоявшейся в Марракеше 29 октября - 10 ноября 2001 года  
<http://unfccc.int/resource/docs/russian/cop7/cp713a01r.pdf>

которые являются: 1) значительными и 2) контролируемыми, должны учитываться при рассмотрении границ проекта.

Целесообразно еще раз отметить, что границы для базовой линии и границы проекта в ряде случаев могут не совпадать. Для наглядности рекомендуется представить границы определения базовой линии, как блок-схему: виды источников/стоков с подразделением на 4 категории; что контролируемо; что значительно; что в итоге включено в границы.

### **Расчет базовой линии**

Базовая линия должна описывать наиболее вероятное развитие событий и, соответственно, выбросов/стоков ПГ при отсутствии проекта. После установления границ определения базовой линии, делаются следующие шаги:

- Выбирается оптимальный подход для определения базовой линии.
- Делается учет макроэкономических и политических условий.
- Делается расчет базовой линии

Руководящие принципы ПСО гласят, что базовая линия «должна быть установлена так, чтобы выбор подходов, предположений, методологий, параметров, источников данных и ключевых факторов был понятен и прозрачен» (Решение РКИК ООН 16/CP.7., Приложение, Раздел В). Пока же рекомендовано использовать подходы для МЧР (Решение РКИК ООН 17/CP.7., Приложение, Раздел G):

- Расчет на базе данных о существующих и прошлых выбросах/абсорбции ПГ;
- Расчет на базе прогнозов и данных о выбросах/абсорбции ПГ при использовании экономически привлекательной технологии, с учетом инвестиционных барьеров;
- Расчет на основе данных об аналогичной проекту деятельности за предыдущие 5 лет, в подобном же социальном, экономическом, экологическом и технологическом контексте.

Можно выделить следующие принципы при отборе подхода для определения базовой линии.

- Возможность четко обосновать выбор подхода. Выбрать подход наиболее подходящий к вашей конкретной ситуации.
- Доступность и достоверность данных. Предпочтительно использовать данные, которые могут быть проверены.
- Возможность четко описать все конкретные предположения и допущения, которые были сделаны.

– Возможность последовательно следовать выбранному подходу.

Важно оправдать сделанный выбор. Это может быть объяснение причин, почему другие варианты не считаются подходящими.

Следующий шаг - установить и проанализировать внешние условия макроэкономического и политического характера, которые в будущем могут существенно повлиять на базовую линию. Это может быть внутренняя и международная политика государства; принятые и планируемые законы; открытость внутренних рынков и политика стимулов и субсидий; цены на нефть; финансовая ситуация в стране в целом. Такие факторы, конечно, могут воздействовать на бизнес. Роль и эффект этих факторов должен быть кратко описан. Там, где возможно, наиболее существенные факторы должны быть переведены в значения объемов выбросов парниковых газов и, тем самым, отражены при расчете базовой линии.

В худшем случае возможно свертывание производства, вызванное макроэкономическими или политическими причинами. Руководящие принципы по проектам СО ясно говорят, что базовая линия должна быть установлена таким образом, чтобы единицы сокращения выбросов не могли быть заработаны за счет свертывания деятельности из-за форс-мажорных обстоятельств.

Изменения экологических норм, принятие нового законодательства тоже следует отнести к условиям бизнеса, как «обычного» (базовой линии), так и при реализации проекта. В ряде случаев на бизнес влияет и экологическое законодательство других стран, поскольку это может приводить к изменению спроса и предложения, например, к росту спроса на более энергоэффективное оборудование или возобновимые источники энергии.

После определения подхода к расчету базовой линии и с учетом макроэкономических факторов делается последовательный расчет выбросов/абсорбции ПГ для каждого из источников (поглотителей), входящих в выбранные ранее границы. Собственно расчет делается так же как и инвентаризация выбросов/абсорбции ПГ. Объемы выбросов/абсорбции ПГ суммируются в СО<sub>2</sub>-эквиваленте и сумма представляет собой базовую линию.

Срок, на который рассчитывается базовая линия, должен соответствовать времени жизни предполагаемого проекта. Однако, если это сделать не представляется возможным, расчеты должны как минимум охватывать первый период обязательств по Киотскому протоколу (2008 – 2012 гг.).

### **Анализ проекта и выявление «утечек»**

Так называемыми «утечками» называют воздействия на объемы выбросов/абсорбции ПГ, обусловленные деятельностью по проекту, но

не включенное в его границы. В руководящих принципах ПСО утечка определена как «нетто изменения антропогенных выбросов из источников и/или стоков парниковых газов, происходящие вне рамок проекта, измеряемые и применимые к проекту по Статье 6» (Решение РКИК ООН 16/CP.7, Приложение, Раздел В). Утечка не отменяет пригодность проекта, но должна быть учтена.

Можно выделить 4 наиболее типичных случая утечек.

1. Перемещение деятельности - выбросы не снижаются, а переносятся на другую территорию, в результате сокращения выбросов не является нетто сокращением.

2. Привлечение внешних ресурсов – замена производства продукции на приобретение уже частично или полностью произведенной той же продукции.

3. Воздействие рынка – сокращения выбросов, которые вызывают большие выбросы в другом месте из-за изменения спроса и предложения, обусловленного проектом.

4. Изменение «жизненного цикла» оборудования и сопряженных с ним выбросов, неучтенные выбросы из-за обусловленных проектом изменений процессов производства, обслуживания и утилизации.

При определении границ расчета базовой линии, непрямые выбросы/стоки могут показаться незначительными или же лежащими вне контроля предприятия, выполняющего проект. Однако негативный эффект от них может быть столь велик, что рекомендуется рассмотреть их еще раз, уже после расчета базовой линии. Если ничего нового выявлено не будет, то никакой корректировки базовой линии не потребуются. Если же будут выявлены существенные обратные эффекты - рост выбросов вне зоны выполнения проекта, то надо получить официальное решение национального органа, ответственного за проверку базовых линий, о том в какой мере эти эффекты должны быть отражены в данной базовой линии. Однако такого органа пока нет, и потребуются немало времени для развертывания его полноценной работы. Тогда есть две возможности, либо зачесть все негативные эффекты в базовой линии (то есть оценить эффект от проекта по минимуму), либо не начинать такой проект, пока не созреют институциональные условия и можно будет получить официальное одобрение частичного учета негативных эффектов в базовой линии.

### **Анализ неопределенностей и рисков**

Под неопределенностью<sup>6</sup> понимается неточность, присущая любой оценке выбросов. Возникновение диапазона оценок (вместо одного точного значения) обусловлено как неточностью и/или неопределенностью данных о деятельности, так и несовершенством коэффициентов эмиссии/депонирования углерода. В принципе

---

<sup>6</sup> Здесь используется прямой перевод термина uncertainty (неопределенность), однако в России его нередко заменяют термином «погрешность».

неопределенность базовой линии имеет абсолютно ту же природу, что и неопределенность данных инвентаризации выбросов/стоков. Но в данном случае на нее может накладываться еще неопределенность прогнозов (если они используются), причем как по времени наступления события (например, перехода на новую технологию), так и по величине эффекта.

Анализ рисков при определении базовой линии проводится при анализе макроэкономических и политических условий проекта. *Политические риски*, связанные с международной и внутренней политикой по ПСО. *Рыночные риски* связаны со сложностью прогнозирования в условиях новых рынков и быстро развивающейся экономики страны.

### Место базовых линий в проектном цикле ПСО

Как было описано выше, у России, как для страны с переходной экономикой, входящей в Приложение 1 РКИК, есть два варианта реализации проектов СО. Вариант 1 проиллюстрирован на схеме (см. рис. 1.3). Подразумевается, что страна удовлетворяет «условиям приемлемости», перечисленным в пункте 18 Руководящих принципов для осуществления статьи 6 Киотского протокола (документ РКИК ООН FCCC/CP/2001/13/Add.2): имеется и должным образом работает система инвентаризации, представляется требуемая отчетность. Естественно, что страна ратифицировала Киотский протокол, рассчитаны и зафиксированы выбросы на базовый год и имеется национальный регистр.

Место базовой линии в проектном цикле ПСО по Варианту 1.

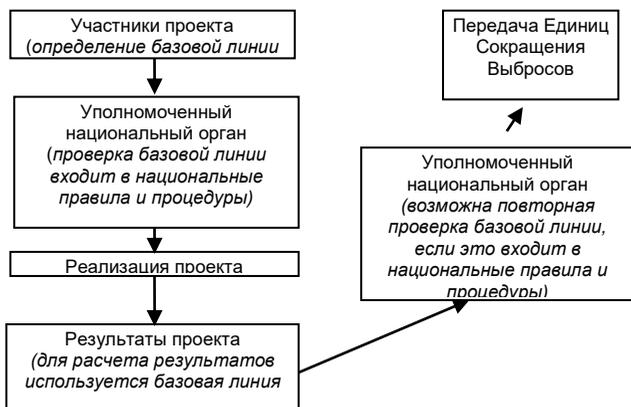


Рисунок 1.3.

По Варианту 2 процедура очень похожа на рассмотрение проектов механизма чистого развития. Для этого от страны нужно только ратифицировать Киотский протокол, рассчитать и зафиксировать выбросы/стоки на базовый год и создать национальный реестр углеродных единиц. Но требуется следовать процедуре верификации Наблюдательного комитета РКИК по статье 6 (ПСО), требуется участие аккредитованной независимой компании и на всех стадиях проверки, сбора комментариев и т.п. встает вопрос о правильности определения базовой линии (см. рис. 1.4).

Все это увеличивает затраты на оформление проекта и использование его результатов. Поэтому с точки зрения стратегии управления выборами, предприятия-участники проектов СО должны всячески содействовать тому, чтобы страна выполняла свои обязательства по инвентаризации и отчетности.

Место базовой линии в проектном цикле ПСО по Варианту 2

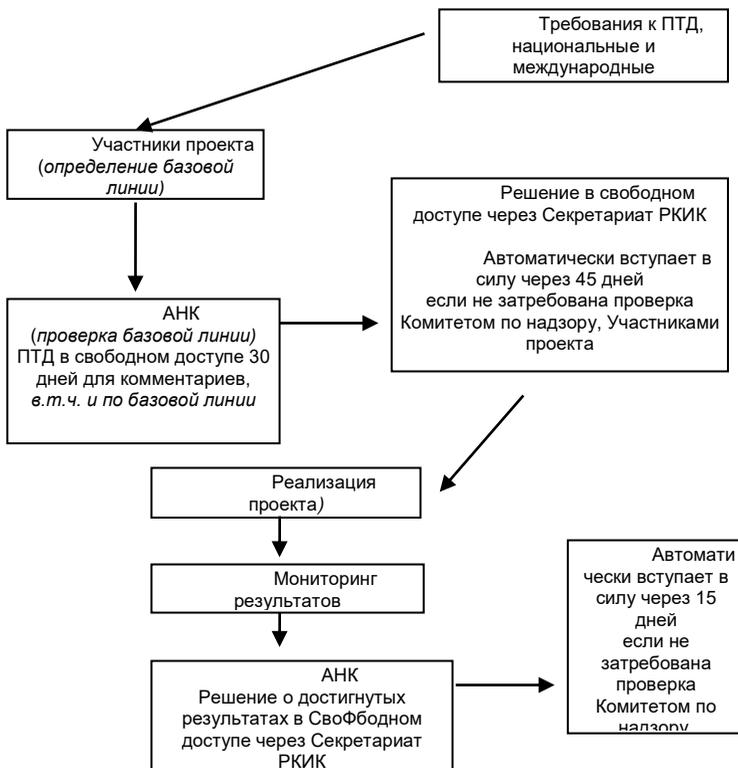


Рисунок 1.4.

ПТД – проектно – техническая документация, АНК – аккредитованная независимая организация

При подготовке проектной документации следует пользоваться утвержденными форматами<sup>7</sup>, а также рекомендуется пользоваться методологиями оценки выбросов парниковых газов/увеличения поглощения ПГ, одобренными для уже действующих проектов по механизму чистого развития или совместного осуществления.

Вся документация по проекту СО, представляемая аккредитованным организациям для детерминации и верификации, а также в Наблюдательный комитет по проектам совместного осуществления, должна оформляться на английском языке.

В Приложении 1 приводится неофициальный перевод формата представления проекта СО по увеличению поглощения ПГ в результате мер по лесовосстановлению и лесоразведению, который можно использовать при подготовке проектной документации на русском языке для последующего перевода на английский.

Подробные инструкции по заполнению формата проекта на английском языке доступны на веб-сайте<sup>8</sup>.

Следует учитывать, что по мере накопления опыта подготовки и реализации проектов СО в лесном секторе формат и требования к оформлению проектной документации могут изменяться. Эти изменения должны утверждаться Наблюдательным комитетом по проектам совместного осуществления и официально представляться на веб-сайте Секретариата РКИК.

---

<sup>7</sup> Веб-сайт механизма совместного осуществления <http://ji.unfccc.int>

<sup>8</sup> Там же.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ ПУЛОВ И ПОТОКОВ УГЛЕРОДА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЕКТНОЙ АКТИВНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО УРОВНЯ**

### **2.1. Мониторинг накопления запасов углерода в фитомассе искусственных лесных насаждений (лесных культур)**

Киотский протокол<sup>9</sup> предусматривает формирование рыночных механизмов, позволяющих получать наибольшие сокращения выбросов парниковых газов при меньших экономических затратах. Эти механизмы подразделяются на три большие группы: 1) торговля квотами, 2) совместное осуществление, 3) чистое развитие. Предметом рассмотрения настоящего отчета является деятельность совместного осуществления (СО). Проекты совместного осуществления (ПСО) проводятся странами приложения Б к Киотскому протоколу, при этом одна сторона предоставляет финансовые либо технические ресурсы, а вторая сторона выполняет сам проект. Права на сокращение выбросов передаются стороне-инвестору. При этом достигнутые сокращения выбросов либо поглощение парниковых газов должны быть документально подтверждены и при необходимости верифицированы. Иначе говоря, мониторинг сокращения выбросов парниковых газов либо их поглощения является неотъемлемой частью ПСО.

Перспективной формой ПСО являются проекты в сфере землепользования и лесного хозяйства. Сравнительные экономические исследования<sup>10, 11</sup> показывают, что стоимость поглощения углерода создаваемыми лесными насаждениями, как правило, существенно ниже по сравнению со стоимостью сокращения выбросов в промышленном секторе. Однако стоимость мониторинга «лесных» проектов может оказаться достаточно высокой и негативно отразиться на их общей экономической эффективности.

Затраты на формирование системы мониторинга включаются в состав операционных затрат проекта. Мощные системы мониторинга, связанные с постоянными натурными наблюдениями, камеральным и

---

9 Киотский протокол к рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.

10 Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Честных О.В., Сонген Б. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: КМК, 2005. 200 с.

11 Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.

лабораторным анализом, позволяют получить детальные и надежные данные по поглощению углерода различными пулами (фитомасса, мертвая древесина, подстилка, почва) создаваемых лесных насаждений. Однако формирование таких систем связано с серьезными финансовыми издержками. Повышение экономической эффективности проектов связано с созданием системы мониторинга, позволяющего получать достаточно надежные данные о накоплениях углерода при сравнительно небольших издержках. Решение такой задачи по отношению к динамике запасов углерода в фитомассе лесных насаждений вполне возможно. Практикой лесного хозяйства выработаны и закреплены в инструкциях<sup>12, 13</sup> нормативные методические подходы к обследованию и таксации лесных культур. В свою очередь, отечественной лесной наукой разработаны эффективные методы, позволяющие оценивать запасы углерода в фитомассе лесных насаждений на основе их таксационных характеристик. Перечисленные методические основы позволяют предложить эффективную схему мониторинга, основанную на традиционном обследовании и таксации лесных культур с последующим расчетом на основе полученных данных величин поглощенного углерода.

Основой мониторинга поглощения углерода фитомассой создаваемых насаждений могут служить периодические обследования, проводимые лесоустроительными организациями по стандартным нормативам. Согласно действующей «Инструкции по проведению лесоустройства»<sup>14</sup>, при таксации сомкнувшихся лесных культур определяются те же таксационные показатели, что и для насаждений естественного происхождения. Для точного определения запасов углерода фитомассы в сомкнувшихся лесных культурах достаточно воспользоваться информацией о породном составе, средней высоте, среднему диаметру, величинами объемных запасов древесины по составляющим культуру древесным породам.

Во всем мире наиболее удобным способом оценки признается конверсия объемных запасов насаждений в запас углерод<sup>15,16,17,18,19,20</sup>.

---

<sup>12</sup> Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России: Утв.15.12.94. Ч. 2. Камеральные работы М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России. 1995. 112 с.

<sup>13</sup> Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России // Лесоведение. 1996, No 6. С. 36-46.

<sup>14</sup> Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России: Утв.15.12.94. Ч. 2. Камеральные работы М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России. 1995. 112 с.

<sup>15</sup> Углерод в экосистемах лесов и болот России / Ред. В.А. Алексеев и Р.А. Бердси. Красноярск: Экос, 1994. 232 с.

<sup>16</sup> Bonnor G.M. Forest Biomass Inventory // Biomass. Regenerable Energy / Eds.: D.O. Hall, R.P. Overend. N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. P. 47-73.

Этот подход практикуется и ФАО при оценке древесных ресурсов и лесопользования отдельных государств<sup>21</sup>. Существуют различные системы конверсионных коэффициентов, специфичных к возрастным группам лесных насаждений<sup>22,23</sup> и к конкретному возрасту древостоев<sup>24</sup>. К задачам мониторинга накоплений углерода в фитомассе растущих искусственных насаждений (лесных культур) в наибольшей степени подходит система коэффициентов, используемая для чистых однопорodных насаждений с учетом их таксационных показателей<sup>25</sup>. Разумеется, эти коэффициенты могут применять и к отдельным элементам леса в составе смешанных культур, если элементы леса выделены и охарактеризованы в материалах лесоустройства.

Рекомендуемая система коэффициентов позволяет оценивать запас углерода во фракциях фитомассы. Для расчета запаса углерода в стволовой древесине используется постоянный коэффициент  $K_s$  (т С м<sup>-3</sup>), специфичный к древесной породе насаждения либо элемента леса. Конверсионные коэффициенты для прочих фракций фитомассы рассчитываются в зависимости от средней высоты и диаметра насаждения по уравнению (1):

$$K_f = a D^b H^c, \quad (1)$$

где  $K_f$  – фракционный коэффициент конверсии (т С м<sup>-3</sup>);  $D$  – таксационный показатель древостоя;  $a$ ,  $b$  и  $c$  – параметры. Значения  $K_s$  и параметров для расчета  $K_f$  приведены в табл. 1.

Для расчетов запасов углерода в фитомассе искусственных лесных насаждений нужно использовать следующий алгоритм. Значения среднего диаметра и высоты по данной составляющей породе используются для расчета  $K_f$  по фракциям фитомассы (ветви, листва,

---

<sup>17</sup> Joosten R., Schulte A. Possible effects of altered growth behavior of Norway spruce (*Picea abies*) on carbon accounting // *Climate change*. 2002. V. 55. No 1-2. P. 115-129.

<sup>18</sup> Kolchugina T.P., Vinson T.S. Equilibrium analysis of carbon pools and fluxes of forest biomes in the former Soviet Union. // *Canadian Journal Forest Research*. 1993. V. 23. P. 81-88.

<sup>19</sup> Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (Industrialized temperate/boreal countries) UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000 (Main Report). Geneva Timber and Forest Study Papers, No. 17. United Nations: New York and Geneva, 2000. 445 p.

<sup>20</sup> Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев: Урожай, 1987. 560 с.

<sup>21</sup> Моисеев В.С. Таксация молодняков: Учебное пособие. Л.: ЛПТА, 1971. 343 с.

<sup>22</sup> Углерод в экосистемах лесов и болот России / Ред. В.А. Алексеев и Р.А. Бердси. Красноярск: Экос, 1994. 232 с.

<sup>23</sup> Bonnor G.M. Forest Biomass Inventory // *Biomass. Regenerable Energy* / Eds.: D.O. Hall, R.P. Overend. N.Y.: John Wiley and Sons, 1997. P. 47-73.

<sup>24</sup> Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с.

<sup>25</sup> Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 764 с.

корни), которые затем вместе с постоянным  $K_s$  для фитомассы стволов применяются для конверсии объемного запаса по данной породе в запас углерода.

Таблица 1

Конверсионные коэффициенты для углерода фитомассы стволов ( $K_s$ , т С м<sup>-3</sup>) и параметры уравнений  $K_f = a D^b H^c$  для расчета конверсионных коэффициентов углерода прочих фракций фитомассы ( $K_f$ , т С м<sup>-3</sup>) по основным лесообразующим породам

Порода	Фракция	$K_s$	Параметры уравнений			
			$a$	$b$	$c$	$R^2$
Сосна	Ствол	0.225				
	Ветви		0.267	0.650	-1.536	0.608
	Листва		0.659	0.209	-1.732	0.668
	Корни		0.315	1.195	-1.820	0.221
Ель	Ствол	0.228				
	Ветви		0.141	-0.597	0.175	0.417
	Листва		0.199	-0.984	0.319	0.637
	Корни		0.110	-0.243	0.102	0.044
Лиственница	Ствол	0.290				
	Ветви		0.036	0.274	-0.361	0.027
	Листва		0.030	0.136	-0.587	0.184
	Корни		0.604	-0.324	-0.162	0.627
Дуб	Ствол	0.316				
	Ветви		0.284	-0.346	-0.243	0.494
	Листва		0.339	-0.926	-0.388	0.907
	Корни		0.289	-1.273	0.965	0.636
Береза	Ствол	0.276				
	Ветви		0.121	-0.012	-0.461	0.487
	Листва		0.131	-0.063	-0.888	0.784
	Корни		0.338	-1.292	0.559	0.548
Осина	Ствол	0.240				
	Ветви		0.041	-0.268	0.116	0.230
	Листва		0.033	-0.134	-0.375	0.645
	Корни		0.152	0.613	-0.892	0.130
Ольха	Ствол	0.276				
	Ветви		0.042	-0.217	0.016	0.215
	Листва		0.007	-0.629	0.590	0.305
	Корни		0.152	0.613	-0.892	0.130

Примеры реализации разработанного алгоритма расчета накопления запаса углерода в фитомассе по мере роста искусственных насаждений приведены в табл. 2 и 3. Во «Введении» к настоящему отчету отмечалось, что наиболее перспективными к осуществлению в рамках совместного осуществления являются проекты по защитному лесоразведению в малолесных регионах страны. Поэтому алгоритм

расчета запасов углерода рассматривается на примере роста искусственных насаждений сосны (табл. 2) и дуба (табл. 3) в лесостепной и степной зонах. Значения таксационных характеристик (высота, диаметр, густота, запас) взяты из нормативных таблиц хода роста<sup>26</sup>. Расчетные величины представлены конверсионным коэффициентом (являющимся суммой  $K_s$  и всех  $K_f$ ), запасами углерода фитомассы и годовыми величинами поглощения углерода фитомассой, оцененными по разности запасов углерода между смежными учетами.

Таблица 2  
Расчет изменения запасов углерода фитомассы на примере хода роста искусственных древостоев сосны в лесостепной зоне<sup>27</sup>.

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт. га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	$K$ , т С м <sup>3</sup>	Запас углерода, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> г <sup>-1</sup>
Бонитет Ic							
1	0.1		10000				
5	0.4		9150				
10	5.1	5.8	7820	67	0.482	32.3	5.73
15	8.7	9.0	5108	163	0.374	61.0	5.19
20	12.2	11.6	3776	264	0.329	86.9	4.72
25	15.5	14.2	2782	359	0.308	110.5	4.19
30	18.5	16.9	2124	443	0.297	131.4	3.74
35	21.2	19.5	1681	518	0.290	150.1	3.26
40	23.7	22.0	1374	584	0.285	166.4	2.87
45	25.9	24.3	1154	642	0.282	180.8	2.56
50	27.9	26.6	992	693	0.279	193.6	2.26
55	29.6	28.6	870	738	0.278	204.9	1.96
60	31.2	30.6	776	777	0.276	214.7	1.80
65	32.6	32.3	701	813	0.275	223.7	1.61
70	33.8	34.0	642	844	0.275	231.7	1.44
75	35.0	35.5	594	873	0.274	239.0	1.33
80	36.0	36.9	554	899	0.273	245.6	
Бонитет Ib							
1	0.1		10000				
5	1.2		9250				
10	4.6	5.1	8136	51	0.502	25.6	4.77
15	7.8	8.1	5474	127	0.389	49.4	4.50
20	10.9	10.5	3999	211	0.341	71.9	4.05
25	13.9	12.9	2960	291	0.317	92.1	3.61
30	16.6	15.4	2266	362	0.304	110.2	3.21
35	19.1	17.8	1797	426	0.296	126.2	2.86
40	21.3	20.0	1471	483	0.291	140.5	2.47

<sup>26</sup> Владышевский В.Л. Ход роста лиственницы сибирской искусственных насаждений, разведенных на черноземе // Труды Опытной станции ЦЧО, Воронеж. 1931. С. 79-84.

<sup>27</sup> Нормативно-справочные материалы для таксации леса Белорусской ССР. М.: Госкомлес СССР, 1984. 308 с.

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт. га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	K, тС м <sup>3</sup>	Запас углерода, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> г <sup>-1</sup>
45	23.3	22.2	1235	532	0.287	152.9	2.24
50	25.1	24.3	1061	576	0.285	164.0	1.98
55	26.7	26.2	929	615	0.283	173.9	1.75
60	28.1	28.0	827	649	0.281	182.7	1.59
65	29.4	29.7	745	680	0.280	190.6	1.42
70	30.5	31.3	679	707	0.280	197.7	1.22
75	31.6	32.8	625	731	0.279	203.8	1.22
80	32.5	34.2	581	754	0.278	210.0	
<b>Бонитет Ia</b>							
1	0.1		10000				
5	1.1		9360				
10	4.0	4.5	8457	39	0.543	21.2	3.72
15	6.9	7.1	6027	98	0.406	39.8	3.91
20	9.7	9.4	4380	168	0.353	59.4	3.60
25	12.3	11.6	3265	236	0.328	77.4	3.15
30	14.7	13.8	2512	297	0.313	93.1	2.83
35	16.9	16.0	1998	352	0.305	107.3	2.48
40	18.9	18.0	1638	401	0.298	119.7	2.20
45	20.7	20.0	1377	444	0.294	130.7	2.02
50	22.3	21.9	1182	483	0.291	140.8	1.73
55	23.7	23.7	1034	516	0.290	149.4	1.53
60	25.0	25.3	918	546	0.288	157.1	1.40
63	26.2	26.9	825	573	0.286	164.1	1.23
70	27.2	28.4	749	596	0.286	170.2	1.14
75	28.2	29.8	687	618	0.285	176.0	1.06
80	29.0	31.2	635	637	0.285	181.3	
<b>Бонитет I</b>							
1	0.1		10000				
5	0.9		9480				
10	3.5	3.8	8783	30	0.576	17.3	3.00
15	6.0	6.2	6782	75	0.430	32.3	3.38
20	8.4	8.3	4948	132	0.373	49.2	3.73
25	10.7	10.3	3729	198	0.343	67.8	2.16
30	12.9	12.3	2889	242	0.325	78.6	2.54
35	14.8	14.2	2308	290	0.315	91.3	2.14
40	16.6	16.0	1897	332	0.307	102.0	2.04
45	18.1	17.8	1597	370	0.303	112.2	1.69
50	19.6	19.5	1372	403	0.299	120.7	1.62
55	20.8	21.1	1199	433	0.297	128.8	1.34
60	22.0	22.6	1062	459	0.295	135.5	1.23
65	23.0	24.0	952	482	0.294	141.6	1.16
70	23.9	25.4	863	503	0.293	147.4	1.03
75	24.8	26.8	788	522	0.292	152.6	0.96
80	25.5	28.0	724	539	0.292	157.4	
<b>Бонитет II</b>							

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт. га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	K, тС м <sup>3</sup>	Запас углерода, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> г <sup>-1</sup>
1	0.1		10000				
5	0.8		9610				
10	3.0	3.2	9114	23	0.626	14.4	2.22
15	5.1	5.3	7782	55	0.464	25.5	2.88
20	7.2	7.2	5741	101	0.395	39.9	2.71
25	9.2	8.9	4402	149	0.359	53.5	2.42
30	11.0	10.6	3445	193	0.340	65.6	2.21
35	12.7	12.3	2771	234	0.328	76.7	1.99
40	14.2	13.9	2287	271	0.320	86.6	1.77
45	15.6	15.5	1930	304	0.314	95.4	1.58
50	16.8	17.0	1659	333	0.310	103.4	1.40
55	17.9	18.4	1450	359	0.307	110.4	1.23
60	18.9	19.7	1283	382	0.305	116.5	1.10
65	19.8	21.0	1148	402	0.304	122.0	1.02
70	20.6	22.3	1087	420	0.303	127.1	0.98
75	21.3	23.5	944	437	0.302	132.1	0.85
80	22.0	24.7	864	452	0.302	136.3	
Бонитет III							
1	0.1		10000				
5	0.7		9750				
10	2.5	2.5	9450	18	0.684	12.3	1.54
15	4.3	4.4	8793	40	0.501	20.0	2.32
20	6.0	6.1	6795	74	0.428	31.6	2.27
25	7.7	7.6	5355	112	0.384	43.0	2.07
30	9.2	9.0	4258	148	0.360	53.3	1.98
35	10.6	10.4	3459	183	0.345	63.2	1.72
40	11.9	11.8	2873	214	0.336	71.8	1.51
45	13.1	13.1	2435	242	0.328	79.4	1.43
50	14.1	14.4	2098	267	0.324	86.5	1.18
55	15.1	15.6	1835	289	0.320	92.4	1.17
60	15.9	16.8	1624	309	0.318	98.2	1.06
65	16.6	17.9	1451	327	0.317	103.5	0.89
70	17.3	19.1	1308	342	0.316	108.0	0.91
75	17.9	20.2	1187	357	0.315	112.5	0.69
80	18.5	21.2	1083	369	0.314	116.0	

При осуществлении мониторинга, величины поглощения углерода растущими насаждениями, следует оценивать по разности запасов, при этом периодичность обследований (раз в 5 лет или чаще) должна планироваться с учетом срока реализации проекта, правил международной регистрации единиц сокращений и т. д. Например, если проект, связанный с посадкой лесных культур, осуществляется в первый период действия Киотского протокола, а посадки производятся в 2009 г., необходимо предусмотреть обследование культур в 2012 г.,

чтобы произведенные единицы поглощений можно было конвертировать и использовать в период действия протокола.

Таблица 3  
Расчет изменения запасов углерода фитомассы на примере хода роста искусственных древостоев дуба в степной зоне<sup>28</sup>

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт. га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	K, тС м <sup>3</sup>	Запас углерода, тС га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, тС га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
<b>Бонитет I</b>							
1	0.1		10000				
5	1.8	1.5	8475	4	0.895	3.6	2.27
10	3.9	3.6	6680	22	0.680	15.0	1.83
15	6.1	5.7	4350	40	0.602	24.1	2.60
20	8.3	7.8	3098	66	0.562	37.1	3.02
25	10.4	9.9	2312	97	0.538	52.2	3.14
30	12.4	12.0	1804	130	0.522	67.9	3.27
35	14.3	14.0	1469	163	0.517	84.2	2.62
40	16.0	15.9	1224	193	0.504	97.3	2.27
45	17.5	17.7	1036	220	0.494	108.7	1.96
50	18.9	19.4	897	244	0.486	118.5	
<b>Бонитет II</b>							
1	0.1		10000				
5	1.4	0.6	8929	2	1.869	3.7	1.68
10	3.0	2.6	8663	15	0.810	12.1	1.28
15	4.8	4.6	5235	28	0.663	18.6	1.82
20	6.7	6.6	3566	46	0.601	27.6	2.49
25	8.6	8.6	2617	71	0.565	40.1	2.55
30	10.4	10.6	2028	98	0.539	52.8	2.47
35	12.1	12.5	1630	125	0.521	65.2	2.19
40	13.6	14.3	1357	150	0.507	76.1	1.94
45	14.9	16.0	1154	173	0.496	85.8	1.73
50	16.1	17.6	999	194	0.487	94.5	
<b>Бонитет III</b>							
1	0.1		10000				
5	1.0		9900				
10	2.2	1.8	9804	9	0.944	8.5	1.26
15	3.6	3.3	7135	20	0.739	14.8	1.14
20	5.2	4.8	5249	31	0.660	20.5	1.69
25	6.8	6.3	3946	47	0.616	28.9	2.18
30	8.4	7.8	3118	68	0.586	39.8	2.21
35	9.9	9.2	2587	90	0.566	50.9	1.91
40	11.2	10.5	2183	110	0.550	60.5	1.65
45	12.3	11.7	1888	128	0.537	68.7	1.53
50	13.3	12.8	1671	145	0.527	76.4	

<sup>28</sup> Нормативно-справочные материалы для таксации леса Белорусской ССР. М.: Госкомлес СССР, 1984. 308 с.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2 и 3, свидетельствуют, что величины годовичного поглощения углерода искусственного насаждения значительно варьируют в зависимости от бонитета создаваемого насаждения. Среднее за 80 лет поглощение углерода фитомассой искусственного насаждения сосны составит при бонитете Ic 3.1 т С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>, при бонитете III – 1.4 т С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>, то есть более чем в 2 раза меньше. При условии равенства прочих затрат, экономическая эффективность проекта, осуществляемого на продуктивных местообитаниях, способствующих образованию высокобонитетных насаждений, будет существенно выше за счет больших величин годовичного поглощения углерода.

Табл. 2 и 3 показывают, что при обследовании культур в первые 5, а в ряде случаев и 10 лет развития, получить оценки диаметра и, соответственно, объемного запаса древесины невозможно. Это связано с тем, что растения еще не превысили высоты 1.3 м, на которой определяется средний диаметр. Такие лесные культуры называют «несомкнувшимися», а при их таксационном обследовании регистрируют высоту и густоту растущего насаждения. Результаты наших ранних исследований показали, что запас углерода в маломерных растениях различных лесообразующих пород является степенной функцией от высоты<sup>29</sup>, иначе говоря, запас углерода можно рассчитать по уравнению (2):

$$C_i = a H^b \quad (2)$$

где  $C_i$  – запас углерода в растении (кг С шт<sup>-1</sup>),  $H$  – высота (м), а и  $b$  – параметры.

Рис. 2.1. показывает, что с приемлемой степенью достоверности уравнение (2) может быть использовано для аппроксимации данных табл. 2 и 3. Так как применимость этого уравнения к молодым растениям малой высоты (до 1,5 м) продемонстрирована в работе<sup>30</sup>, можно с достаточной степенью уверенности допустить, что уравнение (2), аппроксимированное по данным для астилей с высотой более 1,5 м, будет справедливо и для растений с высотой менее 1,5 м.

<sup>29</sup> Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России // Лесоведение. 1996, No 6. С. 36-46.

<sup>30</sup> Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. N 3. С. 84-93.

Параметры уравнения (2) для различных лесообразующих пород (табл. 4) были оценены на основе расчетов по таблицам хода роста искусственных насаждений сосны, ели, дуба, березы<sup>31,32,33,34,35,36,37,38</sup>, тополя и сомкнутых насаждений ольхи<sup>39</sup>. Найденные уравнения обладают высокими значениями коэффициента детерминации, что подтверждает высказанный ранее тезис о возможности их экстраполяции на маломерные растения.

---

<sup>31</sup> Нормативно-справочные материалы для таксации леса Белорусской ССР. М.: Госкомлес СССР, 1984. 308 с.

<sup>32</sup> Владышевский В.Л. Ход роста лиственницы сибирской искусственных насаждений, разведенных на черноземе // Труды Опытной станции ЦЧО, Воронеж. 1931. С. 79-84.

<sup>33</sup> Бирюков В.И., Петропавловский В.С., Поляков В.С. Ход роста лиственницы сибирской в культурах на черноземах Центральной лесостепи // Лиственница и ее использование в народном хозяйстве. Красноярск: КПИ, 1982. С. 3-8.

<sup>34</sup> Егоров В.Н. Ход роста и состояние ползащитных полос из лиственницы сибирской в Центрально-Черноземной полосе // Лесная таксация и лесоустройство: Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск: СибТИ, 1992. С. 108-112

<sup>35</sup> Нормативы для таксации лесов Центрального и южных районов Европейской части Российской Федерации. М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1993. 418 с.

<sup>36</sup> Егоров В.Н. Ход роста и состояние ползащитных насаждений из тополя канадского в Центрально-Черноземной полосе // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СибТИ, 1983. С. 94-98.

<sup>37</sup> Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста основных лесообразующих пород СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 327 с.

<sup>38</sup> Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.

<sup>39</sup> Отчет о научно-исследовательской работе (итоговый) по Государственному контракту № МГ-04-06/88к от 18 октября 2006 г. Проект «Разработка методического обеспечения лесохозяйственной деятельности в условиях ратификации Киотского протокола и оценки углеродного баланса в лесах Российской Федерации» (лот № 39). ЭТАП 2. «Оценка углеродного баланса в лесах Российской Федерации за 1990-2004 гг.». М.: ЦЭПЛ РАН, 2006. 73 с..

Запас углерода фитомассы растения сосны (А) или дуба (Б) в зависимости от его высоты в искусственных насаждениях

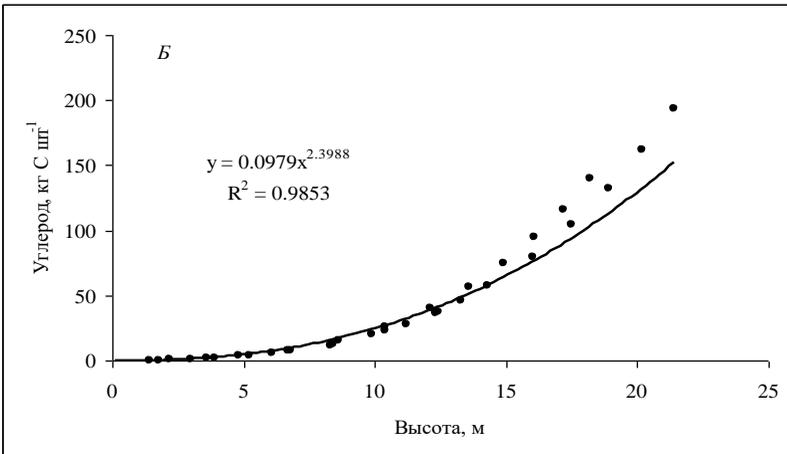
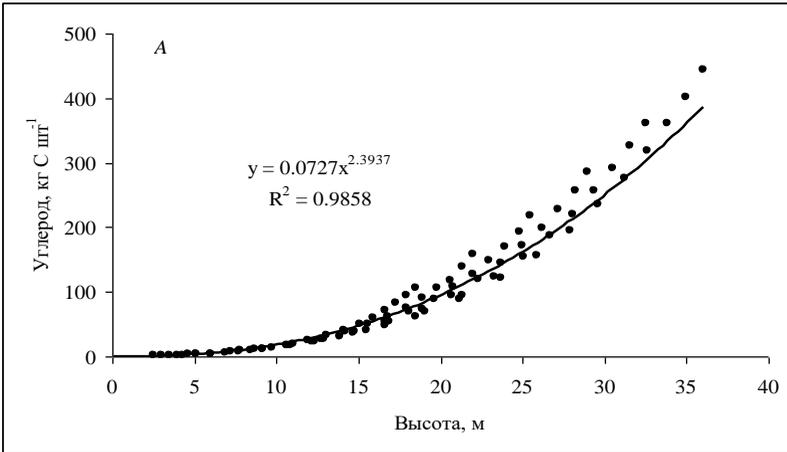


Рисунок 2.1.

Таблица 4

Параметры уравнений  $C_f = a H^b$  для расчета запаса углерода в растении ( $C_f$ , кг С шт<sup>-1</sup>) по основным лесообразующим породам

Порода	$a$	$b$	$R^2$
Сосна	0.0727	2.3937	0.986
Ель	0.0543	2.5745	0.960
Лиственница	0.0468	2.7154	0.986
Дуб	0.0979	2.3988	0.985
Береза	0.0305	2.6230	0.985
Осина	0.0099	3.1463	0.978
Ольха	0.0044	3.4340	0.964

Для расчетов запасов углерода в фитомассе несомкнувшихся искусственных лесных насаждений нужно использовать следующий алгоритм. Значения средней высоты по данной составляющей породе используются для расчета запаса углерода в одном растении ( $C_f$ ) по уравнению (2) с использованием параметров из табл. 4. Запас углерода в насаждении рассчитывается по произведению  $C_f$  на густоту ( $c$  пересчетом из кг С в т С).

Примеры расчетов динамики запасов углерода в несомкнувшихся лесных культурах приведены в табл. 5 и 6. В качестве исходных данных взяты значения высоты и густоты культур возраста 1, 5 и 10 лет из табл. 2 и 3. Динамика роста в высоту и изреживания восстановлена при допущении линейности изменений величин. Отметим, что оценки густоты и средней высоты проводятся при обследовании лесных культур. Запас углерода в одном растении и насаждении, а также величины поглощения углерода рассчитаны по охарактеризованному выше алгоритму.

Таблица 5

Расчет изменения запасов углерода фитомассы на ранних стадиях роста искусственных древостоев сосны в степной зоне

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
<b>Бонитет Ic</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.089
2	0.4	9788	0.0094	0.092	0.258
3	0.8	9575	0.0365	0.350	0.460
4	1.1	9363	0.0864	0.809	0.679
5	1.4	9150	0.1627	1.488	2.502
6	2.1	8884	0.4492	3.991	3.890
7	2.9	8618	0.9145	7.881	5.323
8	3.6	8352	1.5809	13.204	6.749
9	4.4	8086	2.4676	19.953	8.131
10	5.1	7820	3.5912	28.084	
<b>Бонитет Ib</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.065
2	0.4	9813	0.0069	0.068	0.181
3	0.7	9625	0.0259	0.250	0.320
4	0.9	9438	0.0603	0.569	0.471
5	1.2	9250	0.1125	1.040	1.934
6	1.9	9027	0.3294	2.974	3.100
7	2.6	8804	0.6898	6.073	4.330
8	3.2	8582	1.2123	10.404	5.585
9	3.9	8359	1.9129	15.989	6.835
10	4.6	8136	2.8053	22.824	
<b>Бонитет Ia</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.055
2	0.4	9840	0.0059	0.058	0.149
3	0.6	9680	0.0214	0.207	0.262
4	0.9	9520	0.0493	0.469	0.386
5	1.1	9360	0.0913	0.855	1.455
6	1.7	9179	0.2517	2.310	2.296
7	2.3	8999	0.5119	4.606	3.192
8	2.8	8818	0.8844	7.799	4.120
9	3.4	8638	1.3799	11.919	5.060
10	4.0	8457	2.0076	16.979	
<b>Бонитет I</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.037
2	0.3	9870	0.0041	0.040	0.095
3	0.5	9740	0.0138	0.135	0.163
4	0.7	9610	0.0310	0.297	0.238
5	0.9	9480	0.0565	0.536	1.036
6	1.4	9341	0.1683	1.572	1.696
7	1.9	9201	0.3552	3.268	2.414

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
8	2.5	9062	0.6271	5.682	3.172
9	3.0	8922	0.9924	8.854	3.955
10	3.5	8783	1.4584	12.809	
Бонитет II					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.030
2	0.3	9903	0.0033	0.033	0.073
3	0.5	9805	0.0108	0.105	0.124
4	0.6	9708	0.0236	0.229	0.180
5	0.8	9610	0.0426	0.410	0.748
6	1.2	9511	0.1217	1.157	1.212
7	1.7	9412	0.2517	2.369	1.721
8	2.1	9312	0.4392	4.090	2.265
9	2.6	9213	0.6898	6.355	2.835
10	3.0	9114	1.0084	9.190	
Бонитет III					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.023
2	0.3	9938	0.0026	0.026	0.054
3	0.4	9875	0.0081	0.080	0.090
4	0.6	9813	0.0174	0.171	0.131
5	0.7	9750	0.0310	0.302	0.508
6	1.1	9690	0.0836	0.810	0.811
7	1.4	9630	0.1683	1.621	1.145
8	1.8	9570	0.2890	2.766	1.506
9	2.1	9510	0.4492	4.272	1.887
10	2.5	9450	0.6518	6.159	

Таблица 6

Расчет изменения запасов углерода фитомассы на ранних стадиях роста искусственных древостоев дуба в степной зоне

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
Бонитет Ic					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.089
2	0.4	9788	0.0094	0.092	0.258
3	0.8	9575	0.0365	0.350	0.460
4	1.1	9363	0.0864	0.809	0.679
5	1.4	9150	0.1627	1.488	2.502
6	2.1	8884	0.4492	3.991	3.890
7	2.9	8618	0.9145	7.881	5.323
8	3.6	8352	1.5809	13.204	6.749

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
9	4.4	8086	2.4676	19.953	8.131
10	5.1	7820	3.5912	28.084	
<b>Бонитет Ib</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.065
2	0.4	9813	0.0069	0.068	0.181
3	0.7	9625	0.0259	0.250	0.320
4	0.9	9438	0.0603	0.569	0.471
5	1.2	9250	0.1125	1.040	1.934
6	1.9	9027	0.3294	2.974	3.100
7	2.6	8804	0.6898	6.073	4.330
8	3.2	8582	1.2123	10.404	5.585
9	3.9	8359	1.9129	15.989	6.835
10	4.6	8136	2.8053	22.824	
<b>Бонитет Ia</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.055
2	0.4	9840	0.0059	0.058	0.149
3	0.6	9680	0.0214	0.207	0.262
4	0.9	9520	0.0493	0.469	0.386
5	1.1	9360	0.0913	0.855	1.455
6	1.7	9179	0.2517	2.310	2.296
7	2.3	8999	0.5119	4.606	3.192
8	2.8	8818	0.8844	7.799	4.120
9	3.4	8638	1.3799	11.919	5.060
10	4.0	8457	2.0076	16.979	
<b>Бонитет I</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.037
2	0.3	9870	0.0041	0.040	0.095
3	0.5	9740	0.0138	0.135	0.163
4	0.7	9610	0.0310	0.297	0.238
5	0.9	9480	0.0565	0.536	1.036
6	1.4	9341	0.1683	1.572	1.696
7	1.9	9201	0.3552	3.268	2.414
8	2.5	9062	0.6271	5.682	3.172
9	3.0	8922	0.9924	8.854	3.955
10	3.5	8783	1.4584	12.809	

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
<b>Бонитет II</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.030
2	0.3	9903	0.0033	0.033	0.073
3	0.5	9805	0.0108	0.105	0.124
4	0.6	9708	0.0236	0.229	0.180
5	0.8	9610	0.0426	0.410	0.748
6	1.2	9511	0.1217	1.157	1.212
7	1.7	9412	0.2517	2.369	1.721
8	2.1	9312	0.4392	4.090	2.265
9	2.6	9213	0.6898	6.355	2.835
10	3.0	9114	1.0084	9.190	
<b>Бонитет III</b>					
1	0.1	10000	0.0003	0.003	0.023
2	0.3	9938	0.0026	0.026	0.054
3	0.4	9875	0.0081	0.080	0.090
4	0.6	9813	0.0174	0.171	0.131
5	0.7	9750	0.0310	0.302	0.508
6	1.1	9690	0.0836	0.810	0.811
7	1.4	9630	0.1683	1.621	1.145
8	1.8	9570	0.2890	2.766	1.506
9	2.1	9510	0.4492	4.272	1.887
10	2.5	9450	0.6518	6.159	
<b>Бонитет I</b>					
1	0.1	10000	0.0004	0.004	0.202
2	0.5	9870	0.0209	0.206	0.637
3	1.0	9740	0.0866	0.843	0.938
4	1.4	8475	0.2102	1.781	2.020
5	1.8	9480	0.4010	3.801	2.114
6	2.2	8920	0.6632	5.915	2.486
7	2.6	8360	1.0049	8.401	2.768
8	3.1	7800	1.4320	11.169	2.945
9	3.5	7240	1.9495	14.114	3.002
10	3.9	6680	2.5623	17.116	

Возраст, лет	Высота, м	Густота, шт га <sup>-1</sup>	Углерод одного растения, кг С шт <sup>-1</sup>	Углерод фитомассы древостоя, т С га <sup>-1</sup>	Поглощение углерода, т С га <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup>
<b>Бонитет II</b>					
1	0.1	10000	0.0004	0.004	0.118
2	0.4	9732	0.0126	0.122	0.342
3	0.8	9465	0.0491	0.465	0.606
4	1.1	9197	0.1164	1.071	0.888
5	1.4	8929	0.2194	1.959	1.232
6	1.7	8876	0.3596	3.191	1.585
7	2.0	8823	0.5414	4.777	1.958
8	2.4	8769	0.7679	6.734	2.346
9	2.7	8716	1.0418	9.081	2.749
10	3.0	8663	1.3655	11.830	
<b>Бонитет III</b>					
1	0.1	10000	0.0004	0.004	0.062
2	0.3	9975	0.0066	0.066	0.166
3	0.6	9950	0.0233	0.232	0.295
4	0.8	9925	0.0531	0.527	0.442
5	1.0	9900	0.0979	0.969	0.651
6	1.2	9881	0.1640	1.621	0.852
7	1.5	9862	0.2507	2.473	1.066
8	1.7	9842	0.3596	3.539	1.293
9	2.0	9823	0.4919	4.832	1.530
10	2.2	9804	0.6489	6.362	

Результаты табл. 5 и 6 свидетельствуют, что в первые 5 лет развития культур имеют место сравнительно небольшие значения годичного поглощения углерода. Лишь по прошествии этого начального периода насаждения начинают активно накапливать углерод. Данный результат показывает, что проведение ПСО в области искусственного лесоразведения лишь в срок первого периода действия Киотского протокола является достаточно проблематичным. Проекты такого рода окажутся эффективными лишь в том случае, если будут учитываться последующие накопления углерода с переуступкой прав в будущих климатических соглашениях.

## 2.2. Методики экспериментально-полевого определения запасов подстилки и углерода почв

Хорошо известно, что значительные количества углерода содержатся в почве лесных экосистем<sup>40,41,42</sup> и др. Увеличение запасов углерода почвы может происходить и при осуществлении проектной деятельности по созданию искусственных насаждений. К сожалению, научная информация по этому вопросу крайне скудна и недостаточна для того, чтобы можно было предложить расчетные алгоритмы, позволяющие оценить поглощение углерода почвы на основе данных по росту лесных культур с учетом типов почвы и физико-географических условий. Методические рекомендации, приведенные ниже, относятся к экспериментально-полевому мониторингу изменений запасов углерода почвы. Скорее всего, они будут уместны при проведении пилотных проектов, целью которых является не столько поглощение углерода, сколько решение методологических и организационных проблем, возникающих в ходе проекта.

Мониторинг почвенного покрова включает 2 фазы: 1) закладку и морфологическое описание эталонных почвенных разрезов; 2) отбор почвенных образцов, почвенно-химические лабораторные анализы.

Работы по мониторингу почвенного покрова должны выполняться с использованием методик, принятых при почвенных, таксационных, ландшафтных оценках лесных насаждений, которые могут быть модифицированы с учётом особенностей региона исследований. Сбор уникального экспериментального полевого материала для организации предварительного мониторинга ведется не менее чем на 3 площадках.

Почвенные профили следует описывать и отбирать образцы не чаще одного раза в 5 лет. Процесс гумусообразования очень длителен, инертен и не подвержен резким колебаниям в стационарном состоянии. При стабильности факторов дифференциации почвенного покрова можно указать ряд временных интервалов, в рамках которых не происходят пространственные изменения структуры почвенного покрова (СПП). Однако в почвах всегда заложены внутренние причины развития, которые приводят к формированию неоднородностей без отчетливого дифференцированного влияния внешней среды. Чаще всего наблюдается изменение пространственных характеристик СПП

---

<sup>40</sup> Танген К., Корпоо А., Бердин В., Сугияма Т., Плужников О., Дрексейдж Д., Граб М., Легге Т., Му А., Штерн Д., Ямагучи К. Целевые экологические инвестиции в России. Международная торговля квотами на выбросы парниковых газов как инструмент охраны природы. М.: WWF, 2002. 116 с.

<sup>41</sup> Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Честных О.В., Сонген Б. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: КМК, 2005. 200 с.

<sup>42</sup> Joosten R., Schulte A. Possible effects of altered growth behavior of Norway spruce (*Picea abies*) on carbon accounting // *Climate change*. 2002. V. 55. No 1-2. P. 115-129.

при изменении факторов почвообразования, в частности, вызванных антропогенным влиянием. Процессы, обусловленные орошением или осушением, сплошной вырубкой или развитием эрозионной деятельностью и т.д., приводят к резкому изменению геометрии СПП, компонентного состава почвенных комбинаций.

Принимая во внимание высокую инертность углерода лесной подстилки и почв и, следовательно, низкую скорость его изменения в них, Руководства Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) предполагает, что запасы углерода в рассматриваемых резервуарах на землях, остающихся лесными землями, практически постоянны. Соответственно основные изменения углерода лесной подстилки и почв связаны с динамикой лесных земель, определяемой нарушениями (рубками, пожарами) и сменой режимов лесопользования. Таким образом, рекомендуемый МГЭИК метод расчета бюджета углерода по пулам подстилки и почвы основывается на оценке площадей, находящихся в переходе от одного состояния со стабильным запасом углерода в этих пулах к другому. При этом время достижения стабильных запасов в обоих пулах предполагается равным 20 годам<sup>43</sup>. В настоящее время имеются средние оценки поглощения углерода подстилкой и почвой в молодняках лесобразующих пород, то есть в процессе перехода от непокрытых лесом земель к покрытым лесом со стабильными запасами углерода подстилки и почвы<sup>44</sup>. Проведенные расчеты показывают, что в среднем, по преобладающим породам ежегодно увеличивается запасы углерода подстилок на 0.11 т га<sup>-1</sup>, запасы углерода почв – на 0.61 т га<sup>-1</sup>. Величины накопления углерода, превышающие среднюю ошибку, достигают необходимого значения при прохождении как минимум 5 лет, поэтому повторность полевых исследований с этим периодом может быть признана содержательной.

Большое значение в определении фитосреды имеет ежегодное поступление в почву и на ее поверхность отмерших органов растений, которые могут накапливаться в виде подстилки, и далее гумуса или торфа.

### ***2.2.1. Описание и отбор образцов горизонта подстилки***

Подстилка является чрезвычайно важным компонентом экосистемы. Она лежит на почве и потому относится к надземному ярусу биогеоценоза. В то же время ее нижний слой находится в непосредственном контакте с минеральной частью почвы и нередко рассматривается как органическое вещество (не гумус), относящееся к почве. Таким образом, подстилка принадлежит и надземному и

---

<sup>43</sup> Гришина Л.А., Владыченский А.С. Опад и подстилка хвойных лесов Валдая // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М. 1979. № 4. С. 15-50.

<sup>44</sup> Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. М.: Наука. 1973. 359с

подземному ярусам биогеоценозов и является той средой, которая соединяет эти ярусы в процессах биологического круговорота.

Подстилка образуется за счет опада надземной фитомассы. В лесу ветви, хвоя или листья, шишки, кора, отмирающие растения напочвенного покрова (травы, мох, лишайники) в течение всего года, но в основном осенью во время листопада, поступают в верхний слой подстилки. Поступающий в подстилку в течение года органический материал называется опадом и его количество измеряется в  $t\text{ га}^{-1}$  год.

Фракционный состав опада и верхнего слоя подстилки. Основную долю опада в хвойных насаждениях (87% в сосняке и 90% в ельнике) составляет опад древостоя. В опаде сосняка-зеленомошника хвоя образует 25% опада и почти равна массе ветвей и шишек. Кора составляет около 17% всей массы опада и столько же приходится на долю мхов. Роль разнотравья не велика. В опаде ельника-кисличника хвоя резко доминирует, ветви и шишки составляют лишь четверть массы опада и около 10% приходится на разнотравье. Доля мхов незначительна - около 1%<sup>45</sup>.

В листопадных лесах значительная часть опада приходится на листву. Так, в осоково-снытьевой дубраве (возраст 110 лет) опад достигает  $6.1\text{ т га}^{-1}$  в год. Листва составляет 56%, желуди - 24%, кора+цветки+мелкие ветви -12%, травяной покров — около 6% и ветви - 3%<sup>46</sup>. В травяных экосистемах отмирающие растения образуют ветошь — стоящие на корню, но уже мертвые растения. Под действием пасущихся животных и ветра ветошь ломается и постепенно переходит в подстилку. Основной переход ветоши в подстилку осуществляется поздней осенью и зимой.

Как только свежие порции растительного вещества попадают на поверхность подстилки, они немедленно атакуются всеми деструкторами — почвенной фауной, грибами и бактериями. Начинается процесс деструкции поступившего опада, который включает в себя раздробление грубой и поедание мягкой фракции множеством почвенных животных, выделение экскрементов этими животными в подстилку, заселение грибами и бактериями часто уже переработанного почвенной фауной материала и постепенное разложение органических веществ. Разложение подстилки - сложный процесс, в ходе которого основная часть органических веществ минерализуется до промежуточных и конечных ( $H_2O$ ,  $CO_2$ , минеральные элементы) продуктов, а меньшая часть идет по пути гумификации и превращается в гумусовые вещества. В лесах два этих глобальных процесса биологического круговорота - поступление опада и разложение органических веществ - приводят к образованию подстилки сложного строения.

---

<sup>45</sup> Карпачевский Л.О. Подстилка – особый биогеогеографический горизонт лесного биогеоценоза // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука. 1983. С. 88-89.

<sup>46</sup> Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118-126.

В структуре лесных подстилок выделяются обычно три слоя разной мощности и с набором отличающихся количественно, а часто и качественно процессов<sup>47, 48</sup>. В иностранной литературе эти слои носят следующие обозначения: L - верхний слой, F - средний слой и H — нижний слой, смыкающийся с почвой. В русской литературе часто встречаются обозначения AOL, AOF и AOH, которыми мы и будем пользоваться. В классификации почв, инициатором создания которой был В.М. Фридланд, основанной на принципе генетичности, подстилка обозначается как горизонт O<sup>49</sup>.

Слой AOL образован обычно свежим опадом, в нем все фракции опада (ветви, хвоя, листья и т.д.) сохраняют еще свою морфологическую структуру. Здесь осуществляются первые стадии разложения: минерализуются водорастворимые вещества, простые сахара, частично целлюлоза. Слой AOF - ферментативный слой, он переплетен гифами грибов и имеет войлокообразную структуру. В этом слое бактериальная и грибная флора наиболее разнообразны. Здесь базидиальными грибами разрушается лигнино-целлюлозный комплекс. Комплекс плесневых грибов потребляет легко доступные вещества, которые образуются при разрушении лигнино-целлюлозы. Интенсивно идет минерализация целлюлозы и хитина, который входит не только в жесткие покровы животных, но и в оболочку грибных клеток. Распад органических веществ осуществляется интенсивно до глубоких стадий, что приводит к максимальному (среди слоев подстилки) выделению CO<sub>2</sub>. В этом же слое начинается и синтез гумусовых веществ. В слое AOH интенсивность выделения CO<sub>2</sub> падает, снижается биомасса почвенных бактерий и грибов. Бактерии находятся в основном в споровых формах. Завершается распад органических веществ, поступивших с опадом; происходит конденсация ароматических соединений и усложнение молекул гумусовых веществ<sup>50, 51</sup>.

Различия структурного состава опада определяют биохимические различия остатков в разных типах леса и, следовательно, разную экологическую обстановку для микроорганизмов и беспозвоночных животных. Все это приводит к подстилкам различной морфологии и химии.

Установлено, что иглы сосны входят в слой AOL около 6 месяцев, в верхней части слоя AOF — 2 года и в нижней части того же

---

<sup>47</sup> Классификация почв России. / Составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. // М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997 235 с.

<sup>48</sup> Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапротрофов. М.: Наука. 1980. 244 с.

<sup>49</sup> Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 242 с.

<sup>50</sup> Афанасьева В.А. Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 222 с.

<sup>51</sup> Семенова – Тянь-Шанская А.М. Динамика степной растительности. На примере изучения луговых степей и остепненных лугов Центральной лесостепи. М.-Л.: Наука. 1966. 169 с.

слоя — около 7 лет. Процесс трансформации опада в гумусовый слой подстилки длится около 10 лет. Как пишет Л.А.Гришина<sup>52</sup>, для сосняка-зеленомошника время превращения AOL -> АОН занимает, действительно, и около 10 лет. Совсем другая картина наблюдается в ельнике-кисличнике. Здесь масса опада была почти в три раза выше, чем в сосняке. Однако, скорость трансформации была так велика, что период перехода AOL —> АОН составил всего 3-4 года. В различных лесных экосистемах этот процесс длится от 3 до 20 лет.

Различные фракции опада разлагаются с разной скоростью: хвоя теряет 30-37% от начального веса за год. Более грубая фракция (ветви, шишки) разлагаются значительно медленнее, потери составляют 7-17% от начального веса за год. Большую роль в замедлении процесса разложения играют смолы, входящие в состав химических соединений грубой фракции. Мох занимает промежуточное положение между хвоей и ветвями и разлагается за год на 10-13%<sup>53</sup>.

Интенсивности разложения опада не одинаковы в разных типах леса, на разных почвах и в разных гидротермических условиях. Скорость разложения органического вещества почв и опада, в частности, определяется химическим составом субстрата, эффективностью обеспечения азотом микроорганизмов, составом микробного населения, условиями среды, в особенности аэрацией, водообеспеченностью, температурой и pH.

Различия в морфологическом и химическом составе опада, его массе, поступающей в подстилку в течение года, и скорости его разложения приводят к разным запасам подстилки и различным сочетаниям массы слоев AOL, AOF, АОН в различных фитоценозах и в разных ландшафтных зонах для одного и того же типа насаждения.

Травяные подстилки резко отличаются от лесных по своему строению и морфологии. Исследование процессов деструкции травяного опада в Центрально-черноземном заповеднике показали, что полная его минерализация и гумификация происходят за три года<sup>54,55,56</sup>. Именно за этот срок разлагается ветошь ковыля и костра. Быстрее разлагаются бобовые и разнотравье. Потери в весе злаковой фракции за год составляет около 65%, а смеси злаков и разнотравья - до 90%. В

---

<sup>52</sup> Семенова – Тянь-Шанская А.М. Динамика степной растительности. На примере изучения луговых степей и остепненных лугов Центральной лесостепи. М.-Л.: Наука. 1966. 169 с.

<sup>53</sup> Семенова – Тянь-Шанская А.М. Динамика степной растительности. На примере изучения луговых степей и остепненных лугов Центральной лесостепи. М.-Л.: Наука. 1966. 169 с.

<sup>54</sup> Злотин Р.И., Ходашева К.С. Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. М.: Наука, 1974. 186 с.

<sup>55</sup> Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. СПб.: Тип. Е.Евдокимова, 1982. 128 с. (переизд.: М.;Л.: Сельхозгиз, 1936. 117 с.

<sup>56</sup> Ведрова Э.Ф., Миндеева Т.Н. интенсивность продуцирования углекислого газа при разложении лесных подстилок 88 лесоведение. 1998. № 1. С. 30-41.

связи с быстрым разложением, в котором, вероятно, процессы гумификации мало интенсивны, подстилка травяных экосистем представлена лишь слоем AOL. Подстилка легко отделяется от почвы и существует ясная линия раздела между подстилкой и почвой. Однако, так обстоит дело лишь в тех травяных экосистемах, где пасется скот или проводится сенокошение. Если степь (или луг) подвергаются длительное время заповеданию, то ветошь переплетается с подстилкой и образуется компонент, который В.И.Докучаев называл «степным войлоком»<sup>57</sup>. Можно предполагать, что под этим степным войлоком на почве образуется слой AOF и, может быть, частично слой AOH. Однако, исследований в этом направлении, вероятно, не проводилось, так как соответствующая информация нам не известна.

Методика отбора образцов подстилок предложена в работах Института леса СО РАН<sup>58</sup>. При изменении стационарного состояния (то есть в условиях проведения лесовосстановительных работ) можно перейти от периода измерений в 5 лет к 1 раз в 2-3 года. В этом случае может возникнуть процесс преобладания минерализации гумуса над его новообразованием за счет поступления растительных остатков, при снижении скорости поступления опада и увеличении скорости его разложения может наблюдаться уменьшение содержания органического углерода в почве, и более частые измерения позволят зафиксировать эти изменения.

При отборе образцов внутри рамки (шаблон 40 на 40 см) срезают травянистые растения, кустарнички и живую часть мхов и лишайников. Для исключения влияния сезонных изменений запасов подстилок отбор образцов следует проводить в одно и то же время вегетационного сезона, например, в августе. Образцы следует отбирать в 5-кратной повторности. Такое количество повторностей, хотя и не дает в ряде случаев статистически достоверных различий, все же следует признать достаточным для получения предварительной оценки. Кроме того, отбор следует проводить не методом случайного заложения, а с учетом микронеоднородностей почвенного покрова, что значительно снижает разброс показаний.

Замеряют мощность подстилки до начала минеральной части почвенного профиля и отбирают весь материал растительного происхождения. При наличии слоя рыхлой мажущейся массы на поверхности раздела с почвой ее отбирают отдельно и учитывают как горизонт подстилки AOH.

Затем образцы разбирают на следующие фракции:

1. Корни мертвые и живые, последние в подстилку не входят.

---

<sup>57</sup> Лесные экосистемы Енисейского меридиана // Под ред. Плешикова Ф.И. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2002. 300 с.

<sup>58</sup> Честных О.В., Замолотчиков Д.Г. Оценка объемного веса почвенных горизонтов по глубине их залегания и содержанию гумуса // Почвоведение. – 2004 - № 8. С. 937-944.

2. Морфологически хорошо сохранившиеся, слабо затронутые разложением остатки опада, представляющие слой AOL.

3. Растительные остатки, которые остаются на сите с диаметром ячеек 2 мм при просеивании массы после отбора из нее компонентов слоя AOL и корней. Минеральные почвенные агрегаты диаметра более 1 мм удаляют, оставшиеся фракции представляют собой ферментированные, в разной степени затронутые разложением компоненты слоя AOF.

4. Гумифицированные, не сохранившие анатомического строения растительные остатки, прошедшие через сито с диаметром менее 2 мм, относятся к слою AOH. После очистки от частиц почвы (пинцетом) эту фракцию присоединяют к отобранной в поле массе данного слоя.

Все фракции высушивают и взвешивают. Средний образец для анализа готовят путем отбора аликвотной пробы из каждой фракции с дальнейшим измельчением и смешиванием проб. Воздушно-сухие пробы гомогенизируют и высушивают при 60 С 24 часа. Анализ на углерод проводят на газовом хроматографе или определяют потери при прокаливании.

### **2.2.2. Описание и отбор образцов почвенных горизонтов**

Полевые диагностика почв и изучение состава почвенного покрова и проводится на основании описания почвенных разрезов. Почвенный разрез представляет прямоугольную яму с вертикальными передней и боковыми стенками. Четвертая стенка разреза при его существенной глубине для удобства работы капаются ступеньками.

Места и частота заложения почвенных разрезов определяются в зависимости от задач исследований. Для общей характеристики почвенного покрова под разрезы выбираются типичные участки на основных вариантах мезо- и микрорельефа, почвообразующих пород и растительности. Выбирают однородный участок естественного фитоценоза по наиболее распространенному растительному покрову и рельефу. Готовят почвенный срез на всю мощность почвенного профиля. Определяют почвенные горизонты, мощность отдельных горизонтов, окраску, структуру, сложение, новообразования и включения. Делают зарисовку почвенного профиля, заносят результаты определения механического состава почв по горизонтам визуальными методами. Отбирают (описывают) 3-4 монолита типичных для лесного участка почв.

После выбора места заложения разреза проводится определение его точного положения на местности (топографическая привязка), путем нанесения точки на карту (аэрофотоснимок, фотоплан). Подробно составляется описание участка. Дается общая характеристика микрорельефа (равнинный, холмистый, горный). Описывается элемент мезорельефа (холм на водоразделе, речная терраса, пойма и т.д.), характер микрорельефа (выровненная

поверхность, западина, микроповышение, мерзлотный бугор, солифлюкционные бугры и т.д.). При положении точки на наклонной поверхности указываются крутизна и экспозиция склона. Указывается наличие и степень проявления признаков заболоченности и каменистости. Обязательно фиксируется наличие специфических признаков поверхности, как-то наличие минеральных пятен вымораживания, мерзлотных и болотных кочек, морозобойных трещин и др. Подробно характеризуется состав растительности и экспертно оценивается ее продуктивность и состояние.

В мерзлотных почвах почвенный разрез закладывается либо до глубины залегания многолетней мерзлоты, либо до глубины появления интенсивного появления почвенно-грунтовых вод.

Длина и ширина разреза должны обеспечивать получение достаточного представления морфологических свойствах почв, степени их варьирования (весьма существенного в мерзлотных почвах) и возможность проведения отбора почвенных образцов с любой глубины без загрязнения почвенным материалом вышележащих горизонтов. При залегании мерзлоты почвенно-грунтовых вод на глубине до 1 м это требование обеспечивается при ширине разреза 40-50 см (ширина 1,5-2 штыков лопаты).

Бывает целесообразно изменить традиционный порядок характеристики почвенного профиля. Сразу после заложения разреза рекомендуется оперативно определить его глубину, провести отбор почвенных образцов из нижних почвенных горизонтов и их морфологическое описание.

Важная часть почвенных обследований – описание почвенного профиля по морфологическим (внешним) признакам. По ним можно приблизительно судить о направлении и степени выраженности почвообразовательного процесса и классифицировать почвы.

*Описание профиля почвы.* К главным морфологическим признакам относятся: строение почвы, мощность почвы и отдельных горизонтов, окраска, механический состав, структура. Строение почвы – это определенная смена в вертикальном направлении ее слоев, или горизонтов. Обычно выделяют следующие горизонты:

АО – лесная подстилка; Ад – дернина; А1 – гумусово-аккумулятивный; А2 – элювиальный; В – иллювиальный, переходный; С – материнская порода; Д – подстилающая порода.

Учитывая, что деление почв на виды чаще всего основывается на различной мощности горизонтов (прежде всего, гумусового) необходимо очень тщательно находить их границы в почвенном профиле. Гумусовый горизонт формируется в верхней части почвенного профиля и обозначается индексом А1. В нем накапливаются (аккумулируются) наибольшее количество органического вещества (гумуса) и питательных веществ. Его окраска в большинстве случаев более темная по сравнению с другими горизонтами.

Описание почвенных горизонтов проводится однообразно по общепринятой методике. Для каждого горизонта указывается его мощность (толщина) в сантиметрах, цвет, влажность, плотность, наличие новообразований и включений, характер границы и перехода к нижнему горизонту. Цвет почвенных горизонтов целесообразно определять по стандартным цветовым шкалам. В минеральных и органо-минеральных горизонтах определяются механический состав, степень и характер агрегированности почвенной массы (почвенная структуры). Для органогенных горизонтов указываются степень разложения органического вещества и его ботанический состав.

После характеристики нижней части почвенного профиля осуществляются морфологическое описание и отбор почвенных образцов в верхней и средней частях. Предварительно проводится подготовка разреза путем зачистки передней и боковых стенок и препарирования части передней стенки (приблизительно половины по ширине) почвенным ножом и выделения почвенных горизонтов. На подготовленном разрезе выделяются почвенные горизонты и проводится их генетическая диагностика.

Чтобы получить полное представление о свойствах почв, необходимо добавить исследование физических, химических и биологических свойств.

Почвенный покров таежно-лесной зоны формируется в основном под воздействием подзолистого, дернового и болотного процессов. Они могут протекать в более или менее чистом виде или в сочетании. В Восточной Сибири и северных областях почвы находятся под большим влиянием мерзлотных процессов. Все почвы зоны можно объединить в следующие основные типы: подзолистый, дерновый, болотный, дерново-подзолистый, болотно-подзолистый и группу мерзлотно-таежных почв.

После описания всего почвенного профиля проводится полевая диагностика и дается предварительное название почвы. Далее проводится массовый отбор почвенных образцов из почвенных генетических горизонтов, почвенно-химические лабораторные анализы, камеральная обработка полевых материалов.

Почвенные образцы отбираются из каждого генетического горизонта. Из горизонтов мощностью до 10 см образцы отбираются по всей его толщине. Из горизонтов более 10 см образец берется из 10-сантиметрового слоя в середине горизонта. При значительной мощности почвенного горизонта (более 40 см) рекомендуется брать образцы в нижней и верхней его части.

Масса почвенных образцов определяется целями исследований. При отборе образцов на общие анализы их вес должен составлять для минеральных горизонтов не менее 500 г, для органогенных горизонтов не менее 100 г в расчете на сухую массу. Поскольку, как правило, почвы имеют влажность, рекомендуемая масса почвенных образцов полевой влажности должна составлять около 0,5-1 кг.

Почвенные образцы рекомендуется помещать в матерчатые мешки легко пропускающие влагу. В каждый мешок вкладывается почвенная этикетка с указанием номера разреза, полевого наименования почвы, названия генетического горизонта, глубины взятия образца, даты отбора образцов.

Пример этикетки:

Р. 17-07-ОЧ Чернозем обыкновенный солонцеватый малогумусный пылевато-суглинистый на лёссовидных суглинках А 09-15 06.07.1973
---

В журнале при описании почв обязательно отмечается глубина отбора образцов. Почвенные мешочки с образцами одного разреза связываются вместе и на одном из образцов ясно пишется номер разреза.

Образцы сразу после отбора следует высушивать. Исключения составляют лишь образцы, предназначенных для специальных анализов, которые проводятся в свежих, недавно отобранных образцах естественной влажности, например определения нитратного азота и двухвалентного железа. Почву рекомендуется сушить в сухом проветренном помещении или на открытом воздухе под навесом. В процессе сушки рекомендуется периодически осторожно разминать образцы из минеральных горизонтов в мешках руками. Если не проводить эту операцию тяжелых по механическому составу и имеющие высокую влажность образцов, при высыхании они образуют плотный комок, который трудно готовить к анализу. Особое значение необходимо обратить на определение плотности почвенных горизонтов.

### **2.2.3. Плотность почвенных горизонтов**

Плотностью почвы (объемным весом) называют вес единицы ее объема. При определении плотности почвы узнают вес почвы в определенном объеме со всеми порами и промежутками, имеющимися в почве. Поэтому для определения плотности в полевых условиях берут в металлические цилиндры пробы почвы с ненарушенным сложением, что позволяет определить плотность почвенных горизонтов в естественном состоянии.

Плотность в верхних, гумусовых, горизонтах почвы бывает обычно минимальна при максимальной рыхлости, создаваемой корнями растений и роющей деятельностью живущих в почве насекомых и других мелких животных. В гумусовых горизонтах плотность равна 1.0-1.2 г см<sup>-3</sup>, в чисто органогенных горизонтах – в лесных подстилках и торфах – она падает до 0.2-0.4 г см<sup>-3</sup>. В

минеральных горизонтах величина плотности возрастает до 1.3–1.6 г см<sup>-3</sup> и чаще всего до 1.4-1.5 г см<sup>-3</sup>. Наиболее высокая плотность (до 2.0 г см<sup>-3</sup>) наблюдается в глеевых горизонтах заболоченных почв.

Отбор образцов почвы в естественном сложении осуществляется специальным почвенным буром, представляющим металлический цилиндр со строго известным объемом и заостренным нижним краем. Определение плотности почвы рекомендуется проводить по генетическим горизонтам и осуществлять в следующей последовательности. Плотность почвы в образцах с ненарушенным сложением (объемный вес почвы) определяется путем отбора из почвы образцов строго определенного объема, их высушивания до воздушно-сухого состояния и последующего определения массы сухого образца. Плотность почвы измеряется в г см<sup>3</sup>.

Методика определения плотности почвы заключается в следующем:

1. Взвешивают на техномических весах металлические цилиндры (емкостью около 500 мл) с крышками и записывают их веса.

2. В почвенном разрезе выделяют генетические горизонты или слои, из которых будут брать пробы на плотность (как правило, гумусовые).

3. Снимают с цилиндра обе крышки и врезают его в почву с помощью оголовки или покрывают сверху доской толщиной 3-4 см, широким деревянным молотком вколачивают до полного погружения в почву.

4. Почву вокруг цилиндра окапывают, закрывают его сверху крышкой и, подрезая снизу почву ножом, вынимают цилиндр из почвы. Почву с нижнего края цилиндра срезают вровень с его краями, закрывают крышкой и очищают наружные стенки от прилипшей почвы.

Пробы берут в 3-6-кратной повторности из каждого горизонта. Взяв из верхнего горизонта, берут пробы из нижележащего, для чего необходимый слой почвы снимают лопатой и образовавшуюся площадку выравнивают ножом с таким расчетом, чтобы можно было взять пробы в необходимой повторности.

5. После того, как будут взяты пробы, взвешивают цилиндр с почвой на техномических весах и проводят необходимые расчеты.

Находят плотность почвы по формуле

$$BW = P V^{-1} \quad (3)$$

где BW – плотность почвы, г см<sup>-3</sup>; P – вес сухой почвы, г; V – объем цилиндра, см<sup>3</sup>

$$P = (100A) (100+a)^{-1} \quad (4)$$

где A – вес влажной почвы, г; a – влажность почвы, %.

$$V = \pi r^2 h \quad (5)$$

где  $\pi$  – 3.14;  $r$  – радиус цилиндра, см;  $h$  – высота цилиндра, см.

Определение значений плотности почвенных горизонтов обеспечивает расширение возможностей использования описаний разрезов для решения широкого круга задач. Оно позволяет перейти от единиц процентного содержания вещества (гумуса, углерода, азота и так далее) к единицам массы. В настоящее время оценки пулов являются особо актуальными по отношению к углероду, что связано с проблемой изучения глобального углеродного цикла, в свою очередь индуцированной проблемой глобальных изменений климата. В процессе разработки углеродной проблемы все большее внимание начинает уделяться циклам азота и других биогенных элементов как важнейших регуляторов продукционных и деструкционных процессов.

Для каждого генетического горизонта определяются плотность (объемный вес) и отбираются почвенные образцы для химического анализа. В отобранных образцах проводится определение содержания гумуса.

#### **2.2.4. Определение органического углерода в образцах**

Один образец отбирается с типичного (однородного) участка не менее чем 15-20 местах по двум диагоналям. Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок. Объединенную пробу составляют путем смешивания почвенных проб, отобранных на одной пробной площадке. Вся масса почвы тщательно перемешивается на полиэтиленовой плёнке. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Для доведения до воздушно-сухого состояния образцы помещают в проветриваемое, чистое помещение, без паров аммиака, сероводорода. Воздушно – сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или стеклянной таре.

*Общая подготовка минеральных и органо-минеральных образцов.* Доведенный до воздушно-сухого состояния образец почвы рассыпают тонким слоем на бумаге, руками раздавливают крупные комки, отбирают крупные растительные остатки, корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных. Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм и берут средний образец массой 25-30 г для определения гумуса и азота. После отбора пробы на гумус образец взвешивают, растирают в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником, снова просеивают через сито 1 мм. Не прошедшую через сито почву повторно растирают пестиком с резиновым наконечником и просеивают. Просеянную почву отбирают собирают, помещают в коробку и в дальнейшем используют для анализов.

Не прошедшую через сито почву переносят в фарфоровую чашку, заливают водой, кипятят, в течение часа, помещают на сито, тщательно промывают. Оставшиеся на сите фракции высушивают и взвешивают. По отношению массы оставшихся на сите частиц к общей массе образца определяют скелентность почвы (содержание фракций более 1 мм).

*Подготовка почвы для определения гумуса.* Из отобранного образца нерастертой почвы выбирают пинцетом видимые растительные остатки. Затем берут среднюю пробу по массе приблизительно равную половине образца. Среднюю пробу растирают пестиком с резиновым наконечником, просеивают через сито 1 мм и снова отбирают корешки пинцетом под лупой. Использовать для отбора растительных остатков наэлектризованные предметы не рекомендуется вследствие возможных потерь обогащенной гумусом илистой фракции. Затем почву растирают в агатовой ступке и просеивают через сито 0,25 мм. В просеянном образце определяют углерод гумуса и валовой азот. Остаток почвы сохраняет в качестве резерва для повторения анализа.

Подготовка органогенных горизонтов. Высушенный до воздушно-сухого состояния образец торфа измельчают в ступке, размалывают на мельнице и просеивают через сито 1 мм. Не прошедшие через сито частицы повторно растирают в ступке и просеивают. Измельчение и просеивание повторяют до тех пор, пока весь образец не пройдет через сито 1 мм.

В случае невозможности закладки нужного количества почвенных профилей для целей определения суммарного углерода можно поступить следующим образом. В этом случае может быть достаточно одной правильно отобранной пробы, так называемого "смешанного образца" с территории выбранного фитоценоза. Смешанный образец отбирается "квадратно-гнездовым" способом по следующей технологии:

1. Зрительно разделить территорию примерно на 10 равных частей.
2. В центре каждой такой части выкопать небольшую ямку глубиной около 30 см (вставить лопату в землю на 25-30 см и вынуть грунт, оставляя его на лопате).
3. Вынутую почву делить по вертикали примерно на 3-4 равные части.
4. Отобрать из каждой части по 1 столовой ложке почвы (20-25 грамм) в бумажный пакет (можно использовать и полиэтиленовый, но в этом случае пакет не следует закрывать, то есть почва должна "дышать").
5. В конечном итоге после отбора из 20-30 (10 ямок, по три ложки из каждой) точек по 20-25 грамм в пакете должна быть почва в количестве 400-800 грамм.

6. Высыпать содержимое пакета на лист бумаги, выбирать камни и корни растений, и высушить на воздухе при комнатной температуре в течение 2-3 дней.

Поскольку свойства органического вещества в почвах во многом обуславливают скорость его минерализации и темпы биологического круговорота, в органо-минеральных образцах изучаемых почв следует определять содержание углерода методом сухого сжигания, а в подстилке и органогенных почвах – зольность. При общей характеристике почв состав анализов различается для минеральных и органогенных горизонтов.

В образцах из минеральных и гумусовых горизонтов минеральных почв рекомендуется определять содержание гумуса по методу Тюрина.

В подстилках и органогенных горизонтах органических почв рекомендуется определять потери при прокаливании и зольность торфа.

Гумусом называют сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве. При определении суммарного содержания гумуса учитывают все формы органического вещества почвы. Поэтому при подготовке к анализу тщательно отбирают корешки и все видимые органические остатки с тем, чтобы по возможности исключить органические вещества негумусовой природы. В настоящее время в практике лабораторных работ для определения гумуса минеральных почв применяют метод Тюрина, основанный на сжигании органического вещества мокрым способом. Для вычисления количества органического вещества в торфяных почвах определяют потери при прокаливании.

*Определение гумуса в почвах.* Данные о содержании органического вещества в почве (гумуса) являются одним из главных показателей плодородия. Поскольку анализ структуры и содержания той или иной составной органической части образца практически невозможен из-за сложности процедуры, то представление об органическом веществе могут составить данные о валовом содержании углерода.

Самым несложным методом определения органического углерода является метод Тюрина, положенный в основу методики, разработанной для массового определения гумуса в почвах. Метод основан на окислении углерода гумусовых веществ до  $\text{CO}_2$  0,4 нормальным раствором двуххромовокислого калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). По количеству хромовой смеси, пошедшей на окисление органического углерода, судят о его количестве.



Оставшийся после реакции хромат оттитровывается солью Мора:



Индикатором служит N-фенилантраниловая кислота. Определению мешают хлориды, которые надо учитывать или маскировать сульфатом серебра. На результаты анализа может, при определенных обстоятельствах, влиять наличие в пробах окиси марганца и солей двухзарядного железа.

Материалы и оборудование: 1) конические колбы на 100 мл, 2) воронки, 3) 0.4 N раствор  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1), 4) 0.1 N или 0.2 N раствор соли Мора, 5) 0.2% раствор фенилантраниловой кислоты, 6) бюретка для титрования, 7) электрическая плитка или газовая горелка.

Ход выполнения работы: на аналитических весах берут навеску почвы 0.2-0.3 г. Навеску почвы осторожно переносят в коническую колбу на 100 мл. В колбу из бюретки приливают 10 мл хромовой смеси и содержимое осторожно перемешивают круговым движением.

В колбу вставляют маленькую воронку, которая служит обратным холодильником, ставят колбу на асбестовую сетку или этернитовую плитку, затем содержимое колбы доводят до кипения и кипятят ровно 5 минут с момента появления крупных пузырьков  $\text{CO}_2$ . Бурного кипения не допускают, так это приводит к искажению результатов из-за возможного разложения хромовой смеси. При массовых анализах рекомендуется кипячение заменить нагреванием в сушильном шкафу при  $150^\circ\text{C}$  в течение 30 минут.

Колбу остужают, воронку и стенки колбы обмывают из промывалки дистиллированной водой, доводя объем до 30-40 мл. Добавляют 4-5 капель 0.2%-ного раствора фенилантраниловой кислоты и титруют 0.1 N или 0,2 N раствором соли Мора. Конец титрования определяют переходом вишнево-фиолетовой окраски в зелёную. Проводят холостое определение, вместо навески почвы используя прокаленную почву или пемзу (0.2-0.3 г).

Содержание гумуса вычисляют по формуле:

$$A = (100 (a - e) K_M 0,0003 K_{H_2O}) P^{-1} \quad (8)$$

где  $A$  - содержание гумуса, % веса сухой почвы;  $a$  - количество соли Мора, пошедшее на холостое титрование;  $e$  - количество соли Мора, пошедшее на титрование остатка хромовокислого калия;  $K_M$  - поправка к титру соли Мора;  $0,0010362$  – коэффициент пересчета на гумус, т.к. 1 мл 0.1 N раствора соли Мора соответствует указанному количеству гумуса;  $K_{H_2O}$  - коэффициент гигроскопичности для перерасчета на абсолютно сухую навеску почвы;  $P$  - навеска воздушно-сухой почвы, г.

Градации степени обеспеченности гумусом определяется в соответствии с данными табл. 7 и результатами лабораторных исследований.

В качестве альтернативы химическому определению гумуса окислением бихроматом можно предложить методику, основанную на использовании спектрофотометра "Инфралайд-61" для ближней инфракрасной области. Эти приборы поставлялись в агрохимическую службу предприятием ЛАБОР МИМ в 80-х годах для анализа кормов. Найдено, что содержание гумуса достаточно точно можно определять непосредственно по спектрам диффузного отражения почвы.

При этом отсутствует необходимость в какой-либо дополнительной подготовке образцов кроме измельчения до 2 мм, как это общепринято при проведении массовых агрохимических анализов. Продолжительность анализа составляет около 2 мин, включая выдачу результата в окончательном цифровом виде цифropечатающим устройством прибора. Это практически в 100 раз превышает производительность химического метода, требующего дополнительного измельчения анализируемых образцов почвы до 0.25 мм<sup>59</sup>.

Таблица 7  
Группировка почв лесных питомников таёжной зоны по обеспеченности гумусом

Гумус, % по Тюрину	Степень обеспеченности
≤ 1	Крайне бедные
1.01 – 2.0	Бедные
2.01 – 3.0	Недостаточно обеспеченные
3.01 – 4.0	Средне обеспеченные
≥ 4.0	Хорошо обеспеченные

О содержании гумуса в почве можно судить и по окраске анализируемого образца (табл. 8).

Таблица 8  
Цвет почвы в зависимости от содержания гумуса, %.

Содержание гумуса	Цвет почвы
7 - 10 %	черный
4 - 7 %	темно-серый
2 - 4 %	серый
1 - 2 %	светло-серый
0.5 - 1 %	почти белый

<sup>59</sup> Timothy Pearson, Sarah Walker, Sandra Brown Guidebook for the formulation of afforestation and reforestation projects under the clean development mechanism International tropical timber organization technical series 25 2006 54 p.

### **Определение зольности и потерь при прокаливании.**

Торфяные почвы и лесные подстилки на 35-98% состоят из органического вещества. Для суждения о запасах органических и минеральных веществ в них можно воспользоваться данными по определению зольности. Метод основан на сжигании навески торфяной почвы или подстилки в муфеле при  $t \approx 800^\circ\text{C}$ .

Материалы и оборудование: 1) тигель, 2) эксикатор, 3) сушильный стаканчик, 4) муфельная печь, 5) аналитические весы.

Ход выполнения работы: в предварительно прокаленный и взвешенный тигель отвешивают на аналитических весах 1-2 г торфяной почвы. Навеска не должна занимать больше 2/3 объема тигля. Одновременно берут в сушильный стаканчик 3-5 г почвы и определяют ее влажность. Открытый тигель с навеской ставят в холодную муфельную печь и постепенно нагревают ее до  $800^\circ\text{C}$ .

После двухчасового прокаливания тигель вынимают из муфеля, ставят на асбестовый лист, закрывают крышкой и охлаждают 5 мин. Затем тигель помещают в эксикатор на 30 мин. До полного охлаждения. Охлажденный тигель взвешивают и снова ставят в муфель на прокаливание в течение 40 мин. После повторного прокаливания снова охлаждают и взвешивают. Прокаливание ведут до постоянной массы или до того, как изменение массы не будет превышать 0.001 г. Если зола при сжигании торфа сплавилась, то после охлаждения тигля ее растворяют несколькими каплями азотной кислоты, добавляют 1 мл насыщенного раствора  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , высушивают и снова озолотят. Зольность в процентах массы сухой почвы определяют по формуле:

$$A = (a (100 + \epsilon)) C^{-1} \quad (9)$$

где  $A$  - зольность торфа, %;  $a$  - масса золы, г;  $\epsilon$  - влажность торфяной почвы, %;  $C$  - навеска воздушно-сухого торфа, г. Потерю от прокаливания вычисляют по формуле:

$$B = 100 - A \quad (10)$$

где  $B$  - потеря от прокаливания, % от массы сухой почвы;  $A$  - зольность, %.

### **2.2.5. Расчет валовых запасов углерода в почвах**

Вычисляют содержание органического углерода из расчета, что в составе гумуса содержится в среднем 57% органического углерода (1 г углерода соответствует 1.724г гумуса):

$$C (\%) = \text{Гумус} (\%) \cdot 0.57 \quad (11)$$

Пользуясь полученными данными о процентном содержании углерода и данными о плотности почвенных горизонтов, рассчитывают валовые запасы углерода  $C_{soil}$  в слоях почвы 0-30, 0-50 и 0-100 см:

$$C_{soil} = 100 BW H_s C \quad (12)$$

где  $C_{soil}$  = суммарные запасы углерода, т га<sup>-1</sup>,  $BW$  = плотность почвы, г см<sup>-3</sup>,  $H_s$  = слой почвы, см,  $C$  = содержание органического углерода, %.

При отсутствии данных о плотности почвенных горизонтов можно использовать подход, предложенный в работе<sup>60</sup>. Авторами определены количественные формы зависимости плотности почвенного горизонта от глубины залегания и содержания в нем гумуса с учетом типа почвы. Приведены коэффициенты полученных уравнений. Рассмотрены результаты проверки найденных зависимостей на независимых данных, отмечено хорошее совпадение расчетных и экспериментальных величин. Рекомендуется использовать найденные уравнения во всех случаях, когда описание почвенного разреза не содержит информации по плотности почвенных горизонтов.

Для расчета запаса углерода в подстилках используется рекомендуемый МГЭИК<sup>61</sup> коэффициент 0.37, который позволяет определить содержание органического углерода исходя из данных о суммарных запасах подстилок в воздушно-сухом состоянии (т га<sup>-1</sup>). Если же имеются данные о потерях при прокаливании (%), то расчет проводится по формуле 10, предварительно рассчитав

$$C (\%) = \text{Потери при прокаливании} (\%) K \quad (13)$$

где  $K$  – коэффициент, колеблющийся от 0.35 до 0.98 и зависящий от заторфованности горизонта подстилки.

Путем сравнения в разные периоды времени содержания органического углерода в почве, глубины его распространения в лесном насаждении судят о динамике почвенных процессов.

---

<sup>60</sup> European Union Emission Trading Scheme. Managing opportunities and risks. Chicago: Chicago Climate Exchange, 2004. 54 p.

<sup>61</sup> Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.

### **2.2.6. Услуги научных организаций по выполнению химических анализов**

Прикладные работы и услуги различных российских институтов включают в себя широкий спектр работ и услуг, выполняемых на базе результатов передовых научных исследований в области почвоведения и смежных отраслей знания. Это позволяет не только успешно решать стандартные задачи, но и оптимизировать методы их решения, снижая затраты и риски заказчика. Расширяющийся спектр проблем, возникающих в многосторонней практике современного землепользования, требует также разработки уникальных специальных подходов, ориентированных на цели заказчика. И это сегодня - главное направление прикладных наукоемких разработок институтов, которые находят применение на конкретных земельных участках и позволяют эффективнее использовать почвенные ресурсы.

В настоящее время многие организации на договорной основе выполняют широкий спектр химических, физических, микробиологических и других почвенных анализов и проводят консультации по вопросам экологического и санитарного состояния почв и экосистем (содержание тяжелых металлов, иных органических и неорганических токсинов), агрохимического состояния почв (содержание элементов питания растений), агрофизического состояния (плотность, водопроницаемость, и т.п.).

При невозможности организовать проведение самостоятельных анализов по определению содержания гумуса в исследуемых почвах рекомендуем обращаться в следующие научные организации:

Институт экологического почвоведения им. М.В.Ломоносова, 119899, МГУ, Воробьевы горы, Институт экологического почвоведения МГУ. +7(495)939-37-74, +7(495)939-22-89. Web : [soilinst.msu.ru/index.php](http://soilinst.msu.ru/index.php)

Совместный проект Научно-образовательного центра "Ипсилон" и Института экологического почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Дополнительную информацию можно получить в офисе или по телефонам: (495) 245-66-44, 247-31-01. Web: [www.upsilon.ru/](http://www.upsilon.ru/)

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева. Лаборатория агрохимического почвоведения. 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, корпус № 17 (новый). Тел. (495) 976-1617. Web: [www.timacad.ru/faculty/chem/labagrhimpochev/index.php](http://www.timacad.ru/faculty/chem/labagrhimpochev/index.php)

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 142290, Московская область, г. Пушкино, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН  
Телефон: (8-27) 73-18-96, (8-27) 73-36-34 Факс: (8-27)33-05-32, (4967)33-05-32 E-mail: [soil@ISSP.serpukhov.su](mailto:soil@ISSP.serpukhov.su)  
Web: [www.issp.serpukhov.su/iss/iss\\_ru.shtml](http://www.issp.serpukhov.su/iss/iss_ru.shtml)

## **2.3. Оценка депонирования углерода в проектах лесовосстановления и лесоразведения**

### **2.3.1. Международная методология оценки нетто-поглощения углерода лесами**

В качестве мировой методики для расчета поглощения углерода лесами принята методология МГЭИК, рекомендованная для национальных инвентаризаций парниковых газов<sup>62</sup>. В развитие этой методологии МГЭИК были разработаны дополнительные материалы<sup>63</sup> по оценке неопределенностей данных инвентаризации, контроле качества данных и т.д.

Указанная выше методология, а также дополнительные методические рекомендации МГЭИК, используются при подготовке Российской Федерацией национальных отчетов об инвентаризации выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Для проведения расчетов используется программа, рекомендованная МГЭИК для инвентаризации парниковых газов в части оценки нетто-поглощения углерода лесами.

Методические рекомендации, одобренные МГЭИК, относятся к национальной инвентаризации, где обычно требуется достаточно агрегированный подход для оценок на национальном макро-уровне. Однако методика МГЭИК<sup>64</sup> предусматривают возможность применения различных подходов к расчету поглощения/эмиссии углерода – от наиболее общих (для макрооценки) до детальных, если таковые применимы и доступны в конкретной стране или регионе.

В этой связи, для данной работы методологической базой послужила международная методика МГЭИК с использованием тех значений показателей, необходимых для оценки поглощения углерода лесами, которые разработаны международными экспертами и специалистами Российской Академии наук, в частности, Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Международного института леса РАЕН, Института глобального климата и экологии РАН.

---

<sup>62</sup> Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов» (1996г.)

<sup>63</sup> Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов» (2001).

<sup>64</sup> Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 1996.

Ниже приводится краткий обзор методологии и специфических для России аспектов учета поглощения углерода лесами.

### **2.3.2. Особенности учета лесов в РКИК и Киотском протоколе**

Значимость лесов, как поглотителей CO<sub>2</sub>, признается Статьей 4 РКИК<sup>65</sup> и Статьями 2 и 3 Киотского протокола<sup>66</sup>. Признавая важную роль лесов как стока парниковых газов из атмосферы, РКИК, тем не менее, ограничивает учет поглощения парниковых газов рамками антропогенной деятельности в управляемых лесах. Киотский протокол вносит более жесткие ограничения в виде строго определенных видов антропогенной деятельности: облесения, лесовозобновления и обезлесивания. Протоколом предусмотрена также возможность учета деятельности по управлению лесным хозяйством, пахотными землями и пастбищными угодьями. При этом учет эмиссии и поглощения парниковых газов, обусловленных указанными видами деятельности, выполняется только на территории управляемых лесов и в строго оговоренные сроки – с 1 января 1990 года (или позднее) и до 31 декабря последнего года периода действия обязательств (для первого периода обязательств Киотского протокола это 31 декабря 2012 года).

Согласно принятым международным договоренностям, “облесение” в рамках Киотского протокола означает непосредственную деятельность человека по преобразованию участков, которые не были покрыты лесом на протяжении по меньшей мере 50 лет, в леса путём посадки, посева или содействия естественному возобновлению. Применительно к отечественному лесному хозяйству этот вид деятельности наиболее соответствует созданию лесных культур на землях, не входящих в состав лесного фонда а также переводимых в его состав из других категорий земель. Следовательно, для оценки стока парниковых газов при облесении необходимо выполнить сбор и анализ данных об изменении биомассы лесных культур, созданных на землях других категорий землепользования за период с 1 января 1990 г. по 31 декабря 2012 года.

“Лесовозобновление” определяется как непосредственная деятельность человека по преобразованию в леса (теми же методами, что и при облесении) участков земель, которые ранее были лесами, но затем были преобразованы в безлесные. Для первого периода обязательств Киотского протокола лесовозобновление должно охватывать участки, на которых не было леса по состоянию на 31 декабря 1989 года. Традиционные мероприятия по лесовосстановлению (посадка и посев леса, содействие естественному

---

<sup>65</sup> Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1992. 30 с.

<sup>66</sup> Киотский протокол к рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.

возобновлению и уход за молодняками) с позиций Киотского протокола рассматриваются как управление лесным хозяйством, определение которого приведено ниже.

“Обезлесивание” определяется как прямая антропогенная деятельность по преобразованию лесов в безлесные участки. Применительно к национальной терминологии, обезлесивание означает перевод лесных земель в нелесные или их вывод из состава лесного фонда, сопровождающийся сведением лесов. В Киотском протоколе обезлесивание рассматривается как основной источник атмосферной эмиссии парниковых газов по сектору “Землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство” в целом, и поэтому данному виду деятельности уделяется особое внимание в части сбора данных и точности выполняемых оценок. Обоснование различий между обезлесиванием и лесозаготовками, как частью деятельности по организации устойчивого ведения лесного хозяйства и лесопользования, обуславливается сохранением вырубок в составе лесных земель и соблюдением нормативных сроков лесовосстановления на вырубках, гарях и других категориях временно не покрытых лесом лесных земель.

При подготовке национальных кадастров парниковых газов страны должны представлять отчеты как по РКИК, так и по Киотскому протоколу. Но если в рамках РКИК отчетность охватывает все эмиссии и стоки парниковых газов, являющиеся результатом антропогенной деятельности в лесах и при землепользовании в пределах национальных границ, то отчет об эмиссии и стоке парниковых газов по Киотскому протоколу должен представляться по отдельным участкам земель, на которых осуществлялись определенные виды деятельности из установленного Протоколом перечня. При этом в отчетности по Киотскому протоколу включение данных об эмиссии и абсорбции парниковых газов в результате антропогенной деятельности по облесению, лесовозобновлению и обезлесиванию носит обязательный характер, а учет деятельности по управлению лесами, пахотными угодьями, лугами и пастбищами является добровольным. При этом страны могут сами выбрать вид деятельности, по которому они будут представлять свои национальные отчеты. Данные о выбросах и стоке парниковых газов по Киотскому протоколу представляются в специально разработанном табличном формате в дополнение к общим формам таблиц отчетности по РКИК.

К мероприятиям по управлению лесным хозяйством относятся охрана и защита, использование, воспроизводство и повышение продуктивности лесов, традиционно выполняемые лесной службой и лесопользователями. Оценка эмиссии и поглощения парниковых газов производится на основе данных об объемах проводимых мероприятий и информации о состоянии и породно-возрастной структуре лесов.

Понятие управления лесным хозяйством прямо связано с определением управляемых лесов, как категории управляемых земель.

МГЭИК рассматривает управляемые земли как территории, на которых осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательства для целей выполнения соответствующих социальных, экономических и (или) экологических задач.

Используемые в лесном секторе страны термины, понятия и методы оценки резервуаров углерода должны согласоваться с международными определениями и методологиями, принятыми в рамках РКИК и Киотского протокола для характеристики антропогенной деятельности по снижению эмиссии и увеличению поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве и при землепользовании.

В государственных учетах лесного фонда России (ГУЛФ) используется определение леса как сообщества деревьев полнотой 0.3 и выше (для молодняков 0.4 и выше) и высотой деревьев в спелом возрасте не менее 5 м на площади 0.5 га и более. Для сообщества кустарников используются те же величины полноты, что и для леса, но с минимальной площадью от 1 га и более. Эти определения лежат в пределах критериев РКИК и Киотского протокола, что обеспечивает возможность их использования в национальной отчетности о кадастрах парниковых газов.

При оценке эмиссии и поглощения CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, а также газов с косвенным парниковым эффектом – оксида углерода (CO) и окислов азота (NO<sub>x</sub>) – сектора “Землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство” национального кадастра парниковых газов, методики МГЭИК рекомендуют использовать следующие категории земель: лесные земли, пахотные угодья, луга и пастбища, избыточно увлажненные, земли населенных пунктов и другие земли<sup>67</sup>.

Согласно методологии МГЭИК, категория лесных земель включает все земли с древесной растительностью соответствующей критериям, используемым для определения лесных земель при национальной инвентаризации парниковых газов, с разделением их на управляемые и неуправляемые, а также по типам экосистем. В эту категорию также включаются экосистемы, которые пока не соответствуют, но впоследствии будут соответствовать критериям лесных земель.

Пахотные угодья включают пашни и пары, характеристики которых не соответствуют параметрам лесных земель по принятой в стране классификации. Луга и пастбища, не рассматриваются как земли, занятые сельскохозяйственными культурами, и включают все площади, занятые травянистой растительностью, от целинных до окультуренных разнотравных систем, разделенные на управляемые и неуправляемые в соответствии принятой с национальной классификацией.

---

<sup>67</sup> Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов» (2001).

К избыточно увлажненным относятся заболоченные, временно или постоянно в течение года покрытые водой земли (например, торфяники), которые не включены в лесные земли, пахотные угодья, луга и пастбища, а также земли, занятые населенными пунктами. Категория может быть подразделена на управляемые и неуправляемые и включает искусственные водоемы в качестве управляемых объектов, а естественные реки и озера как неуправляемые объекты. К землям населенных пунктов относятся освоенные земли, в том числе транспортная сеть и поселения.

Под другими землями понимают гольцы, скалы, ледники и все неуправляемые земли, которые не подпадают ни под какую другую категорию. Это понятие позволяет получить сумму всех категорий земель, о которых имеются доступные данные в пределах национальных границ<sup>68</sup>.

Эмиссия и сток парниковых газов должны учитываться отдельно для каждой из приведенных выше категорий земель, как результат антропогенных изменений в следующих резервуарах: биомассе (надземная и подземная части), мертвом органическом веществе (отпад и подстилка) и органическом веществе почв<sup>69</sup>. Общей особенностью категорий земель МГЭИК является их согласование с национальными классификациями, что позволяет в полной мере использовать имеющиеся в нашей стране данные о земельном фонде для подготовки национального кадастра парниковых газов. При этом каждая из предложенных категорий объединяет те земли, которые не входят в состав других категорий, что позволяет избежать повторов и, тем самым, исключает возможность двойного учета эмиссии или поглощения парниковых газов.

Действующее на территории Российской Федерации законодательство предусматривает 7 категорий земель: земли сельскохозяйственного назначения; поселений; промышленности, энергетики, транспорта, связи и иного специального назначения; особо охраняемых территорий и объектов; лесного фонда; водного фонда и запаса<sup>70</sup>. Национальная классификация категорий земель в целом согласуется с классификацией МГЭИК. К категории лесных земель Российской Федерации наряду с землями лесного фонда и особо охраняемых территорий и объектов следует отнести покрытые лесом земли обороны и поселений (городские леса).

---

<sup>68</sup> Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов» (2001)

<sup>69</sup> Там же

<sup>70</sup> Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2003 году. –М.: Роснедвижимость, ФГУП «ФКЦ Земля», 2004. –166 с.

### **2.3.3. Методология МГЭИК для расчета нетто поглощения CO<sub>2</sub> лесами**

#### **А. Методология оценки поглощения CO<sub>2</sub> существующими лесами**

Для расчета нетто-поглощения CO<sub>2</sub>, оценивается ежегодный прирост биомассы на плантациях; в лесах, где ведутся рубки или иные заготовки древесины; рост деревьев в деревнях, городских территориях и в любых других значительных резервуарах биомассы. Также оценивается древесина, заготовленная в качестве дров, коммерческой древесины и в других целях. Более того, значительные объемы могут использоваться вне официальной статистики как традиционное потребление топлива. В этом случае коммерческие статистические данные должны быть дополнены данными о потреблении дров.

Затем рассчитывается нетто поглощение углерода, обусловленное указанными выше факторами. Если итоговая цифра положительная, то имеется нетто поглощение, если отрицательная, то нетто эмиссия. После этого нетто поглощение/эмиссия углерода выражается в единицах CO<sub>2</sub>.

#### **Шаг 1. Оценка общего содержания углерода в ежегодном приросте эксплуатируемых и выращиваемых лесов**

Для записи данных инвентаризации используется Рабочий Лист 1 изменения в лесах и других резервуарах древесной биомассы.

Умножьте ежегодный прирост биомассы на долю углерода в сухой биомассе. Полученное общее поглощение углерода занесите в колонку E. Сложите значения в колонке E и поместите сумму в ячейку "Всего" снизу колонки.

#### **Шаг 2. Оценка количества биомассы при заготовке древесины**

Внесите количество заготовленной ликвидной (коммерческой) древесины в тысячах кубометров в колонку P.

Если необходимо, внесите в колонку O коэффициент пересчета -тонны сухой биомассы на кубометр древесины.

Умножьте количество заготовленной ликвидной древесины на коэффициент пересчета (если это требуется), чтобы получить общую биомассу, вывезенную из леса, в тысячах тонн сухой биомассы. Результат запишите в колонку H.

Внесите общее количество использованных дров (включая и дрова, использованные для производства древесного угля).

Запишите общее количество древесины, использованной в других целях, в тысячах тонн сухой биомассы в колонку I. Если какая-либо часть древесины, вывезенной из леса, не учтена в статистике коммерческих заготовок или в потреблении дров, то ее можно учесть именно в этой колонке.

Сложите общее количество использованных дров (колонка I), общую биомассу, вывезенную из леса при коммерческих заготовках

(колонка Н), и общее количество древесины, использованной в других целях (колонка I). Запишите результат - общее потребление биомассы, в колонку К. Просуммируйте величины в этой колонке и занесите результат в ячейку "Всего" внизу колонки.

Внесите древесину, вывезенную из леса при расчистке лесов (суммарная величина из колонки М, - Количество биомассы, сожженной не на месте расчистки леса), в последнюю строку колонки L.

Вычтите древесину, вывезенную из леса при расчистке лесов, из общего потребления биомассы. Результат - общее потребление биомассы из имевшихся запасов в тысячах тонн сухой биомассы, запишите его в последней строке колонки М.

Шаг 3. Пересчет заготовленной древесины в изъятый углерод

Внесите долю углерода в колонку N (для живой биомассы в целом эта величина по умолчанию равна 0,5).

Умножьте общее потребление биомассы из имевшихся запасов (колонка М) на долю углерода (колонка N). Результат - потери углерода за год (в тысячах тонн углерода), поместите в колонку О.

Шаг 4. Оценка нетто поглощения (или нетто потери) углерода за год

Вычтите потери углерода за год (колонка О) из общего прироста углерода (колонка Е). Результат - нетто поглощение / потери углерода за год, колонка Р.

Умножьте нетто поглощение/ потери углерода за год (колонка Р) на 44/12, чтобы получить годовое поглощение CO<sub>2</sub> (если результат положительная величина) или эмиссию (если отрицательная величина). Занесите результат в колонку р.

Для представления всех результатов инвентаризации в сводном виде необходимо поменять знак полученного результата, тогда наши расчеты будут согласовываться с остальными эмиссиями и стоками, где положительные величины означают эмиссию, а отрицательные - стоки.

Таблица 9.

Форма 1. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИЕК существующими лесами

МОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ВО
ПОДМОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕСАХ И ДРУГИХ РЕЗЕРВУАРАХ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ
РАБОЧИЙ ЛИСТ	1
Лист	1 из 3

ШАГ 1			A	B	C	D	E
			Площадь лесов или иных резервуаров биомассы (тыс. га)	Ежегодная скорость роста (т сух. массы/га)	Ежегодный прирост биомассы (тыс. т сух.)	Доля углерода в сухой биомассе	Общее поглощение углерода (тыс. т С)
					$C=(A \times B)$		$E=(C \times D)$
Тропичес	Планта-ции	<i>Acacia spp.</i>					
		<i>Eucalyptus</i>					
		<i>Tectona</i>					
		<i>Pinus spp.</i>					
		<i>Pinus</i>					
		Смешанные твен-ные					
		Смешанные стущие т-венные					
		Смешанные венные					
		Влажные					
		Сезонные					
	Сухие						
	Другое (укажите что)						
Леса широт	Плантации	<i>Douglas fir</i>					
		<i>Loblolly pine</i>					
	Коммерчес-	Вечнозелены					
		Лиственные					
	Другое						
Леса бореальных широт							

Деревья вне леса (укажите тип)	A Число деревьев (тыс. шт.)	B Ежегодн скорость роста ( тыс. т сух. массы/ 1000 деревье в)			
Всего					

Таблица 10.  
Форма 2. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИЕК существующими лесами

МОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО
ПОДМОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕСАХ И ДРУГИХ РЕЗЕРВУАРАХ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ
РАБОЧИЙ ЛИСТ	1
Лист	2 из 3
<b>ШАГ 2</b>	

Категории заготовок (укажите какие)	F	G	H	I	J	K	L	M
Количество заготовленной ливидной, коммерческой древесины (если это применимо) (1000 м <sup>3</sup> круглого леса)		Косффициенты: м <sup>3</sup> в сух. массу и ливидная древесина в общую биомассу (если это применимо) (т. сух. массы / м <sup>3</sup> )	Общая биомасса, вывезенная из леса при коммерческих заготовках (тыс. т. сух. массы)	Общее количество традиционно использованных дров (тыс. т. сух. массы )	Общее количество древесины, использованной в других целях (тыс. т. сух. массы )	Общее потребление биомассы (тыс. т. сух. массы)	Древесина, вывезенная из леса при расчистке лесов (тыс. т. сух. массы)	Общее потребление биомассы из имевшихся запасов (тыс. т. сух. массы)
			$H = (F \times G)$			$K = (H + I + J)$		$M = K - L$
Всего								

Таблица 11.

Форма 3. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИЕК  
существующими лесами

МОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО		
ПОДМОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕСАХ ДРУГИХ И РЕЗЕРВУАРАХ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ		
РАБОЧИЙ ЛИСТ	5-1		
Лист	3 из 3		
ШАГ 3		ШАГ 4	
N Доля углерода	0 Потери углерода за год (тыс. т С) O = (MxM)	P Нетто поглощение (+) или потери (-) углерода за год (тыс. т С) P = (E - O)	0 Пересчет в годовую эмиссию (-) или сток (+) CO <sub>2</sub> (ГтCO <sub>2</sub> ) 0 = (P x [44/12])

### Б. Методология расчета поглощения CO<sub>2</sub>, обусловленного восстановлением биомассы и почвенного покрова

При оценке поглощения CO<sub>2</sub>, обусловленного восстановлением биомассы и почвенного покрова, рассчитываются две компоненты:

- Годовая аккумуляция углерода наземной биомассой (земли заброшены менее 20 лет тому назад)
- Годовая аккумуляция углерода наземной биомассой, земли заброшены более 20 и менее 100 лет назад (если это имело место). Затем итоговая величина поглощения углерода пересчитывается в единицы CO<sub>2</sub>.

Шаг 1. Расчет годового прироста земной биомассы (земли, заброшенные менее 20 лет назад)

В колонку А внесите общую площадь заброшенных и восстанавливающихся земель за последние 20 лет (в тыс. га). В колонку В внесите удельную годовую скорость роста наземной биомассы (в тоннах сухой массы на га).

Умножьте общую площадь заброшенных и восстанавливающихся земель (колонка А) на удельную годовую скорость роста наземной биомассы (колонка В). Результат - годовой прирост наземной биомассы (в тыс. т сухой массы), запишите в колонку С. Занесите долю углерода в наземной биомассе в колонку D (по умолчанию это 0,5).

Умножьте годовой прирост наземной биомассы (колонка С) на долю углерода в наземной биомассе (колонка В). Результат - годовое поглощение углерода наземной биомассой, впишите его в колонку Е. Сложите все величины в колонке Е и занесите результат в ячейку "Всего" внизу колонки.

### Шаг 2. Расчет годовой аккумуляции углерода наземной биомассой (земли, выведенные из эксплуатации более 20 лет назад)

Внесите общую площадь земель, выведенных из эксплуатации более 20 лет назад (в тысячах га), в колонку О. Внесите ежегодную скорость прироста биомассы (в тоннах сухой массы на га) в колонку Н. В таблице 1 приведены значения, которые можно использовать по умолчанию, т.е. при отсутствии лучших данных.

Умножьте общую площадь заброшенных земель (колонка О) и ежегодную скорость прироста биомассы (колонка Н). Результат - годовое увеличение наземной биомассы (в тыс. тонн сухой массы), запишите его в колонку I. Занесите долю углерода в наземной биомассе в колонку I (по умолчанию это 0,5).

Умножьте годовое увеличение наземной биомассы (колонка I) на долю углерода в наземной биомассе (колонка J). Результат - годовое накопление углерода в наземной биомассе, запишите его в колонку К. Сложите значения в колонке К и внесите результат в ячейку "Всего" внизу колонки.

### Шаг 3. Расчет общего стока CO<sub>2</sub> на землях, выведенных из эксплуатации

Сложите суммы в колонках Е и К и запишите результат - общий сток углерода, обусловленный выводом земель из эксплуатации, в колонку Ь.

Умножьте общий сток углерода, обусловленный выводом земель из эксплуатации, на 44/12, чтобы получить общий сток CO<sub>2</sub> на заброшенных землях (в Гг), результат внесите в колонку М.

Для представления всех результатов инвентаризации в сводном виде необходимо поменять знак полученного результата, тогда наши расчеты будут согласовываться с остальными эмиссиями или стоками, где положительные величины означают эмиссию, а отрицательные - стоки.

Таблица 12.

Средний ежегодный прирост наземной биомассы, обусловленной естественной регенерацией земель (тонны сухой массы на га)

<b>Леса умеренных широт</b>		0-20 лет	20-100 лет
	Хвойные	3,0	3,0
	Лиственные	2,0	2,0
<b>Леса boreальных широт</b>		0-20 лет	20-150 лет
	Смешанные лиственные-хвойные и лиственные	0,7-2,0	0,7-6,4
	Хвойные	0,5-1,9	0,5-5,0
	Лесотундра	0,2-0,5	

Таблица 13

Форма 1. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИК  
восстановлением биомассы и почвенного покрова

МОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО				
ПОДМОДУЛЬ	ВЫВОД ЗЕМЕЛЬ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ				
РАБОЧИЙ ЛИСТ	2				
Лист	1 ИЗ 3 АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ - ПЕРВЫЕ 20 ЛЕТ				
Тип растительности	А	В	С	Д	Е
	Общая заброшенная и восстанавливаемая площадь за 20 лет (тыс. га)	Годовая скорость роста наземной биомассы (т сух. массы/ га)	Ежегодный рост наземной биомассы (тыс. т сух. массы)	Доля углерода в наземной биомассе	Годовая аккумуляция углерода в наземной биомассе (тыс. т С)
			$C = (A \times B)$		$E = (C \times D)$

Тип растительности		A	B	C	D	E
Тропические леса	Дождевые/ очень влажные					
	Влажные, короткий сухой сезон					
	Влажные, длинный сухой сезон					
	Сухие					
	Горные влажные					
	Горные сухие					
Тропическая саванна /луга						
Леса умеренных широт	Хвойные					
	Лиственные					
Луга						
Леса бореальных широт	Смешанные лиственные/ хвойные					
	Хвойные					
	Лесотундра					
Луга/ Тундра						
Другое						
Всего						

Таблица 14.

Форма 2. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИК  
восстановлением биомассы и почвенного покрова

МОДУЛЬ		ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО				
ПОДМОДУЛЬ		ВЫВОД ЗЕМЕЛЬ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ				
РАБОЧИЙ ЛИСТ		2				
ЛИСТ		2 ИЗ 3 АККУМУЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ - БОЛЕЕ 20 ЛЕТ				
Тип растительности		G	H	I	J	K
		Общая площадь заброшенная ранее, чем 20 лет назад (тыс. га)	Годовая скорость роста наземной биомассы (т сух. массы/ га)	Ежегодный рост наземной биомассы (тыс. т сух. массы)	Доля углерода в наземной биомассе	Годовая аккумуляция углерода в наземной биомассе (тыс. т С)
				$I = (J \times H)$		$K = (I \times J)$
Тропические леса	Дождевые/ очень влажные					
	Влажные, короткий сухой сезон					
	Влажные, длинный сухой сезон					
	Сухие					
	Горные влажные					
	Горные сухие					
Тропическая саванна /луга						
Леса умеренных	Хвойные					

	Лиственные					
Луга						
Леса борсальных широт	Смешанные лиственные/ хвойные					
	Хвойные					
	Лесотундра					
Луга/ Тундра						
Другое						
Всего						

Таблица 15.

Форма 3. для оценки поглощения CO<sub>2</sub> по методологии МГЭИК  
восстановлением биомассы и почвенного покрова

МОДУЛЬ	ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
ПОДМОДУЛЬ	ВЫВОД ЗЕМЕЛЬ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
РАБОЧИЙ ЛИСТ	2	
ЛИСТ	3 ИЗ 3 ОБЩИЙ СТОК CO <sub>2</sub> , ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ВЫВОДОМ ЗЕМЕЛЬ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
L		
Общее поглощение углерода, обусловленное выводом земель из эксплуатации  (тыс. т С)		M
		Общее поглощение двуокиси углерода  (Гг CO <sub>2</sub> )
L = (E + K)		M = (L x (44/12))

### **2.3.4. Особенности расчета компонентов углеродного бюджета лесов в России**

В качестве основных источников информации для расчета запасов углерода в лесном фонде России используются данные Государственных учетов лесов, данные ежегодной статистической отчетности по лесному хозяйству, а также экспериментальные данные по фитомассе, продуктивности и почвам лесных экосистем<sup>71</sup>.

Материалы государственных учетов лесного и земельного фондов принадлежат к базовым при расчетах отдельных компонентов углеродного бюджета и если допускают какую-либо коррекцию, то только со стороны организаций, осуществляющих государственные учеты. Способы и методы определения пулов и потоков углерода в природных и искусственных экосистемах, напротив, могут быть различными и даже альтернативными.

Для оценки пулов углерода (фитомассы) используется прием совмещения данных, получаемых при инвентаризациях лесов и земель, с информацией углеродной емкости органического вещества живых растений, растительных остатков, продуктов их разложения (гумус, торф). Углеродная емкость биоорганических материалов выражается на единицу площади или объема, которые являются учетными единицами при инвентаризации лесного фонда, пашни, лугов и т.д. Эквивалент перехода от базовых единиц учета к запасам фитомассы (углерода) может иметь разную форму конверсионных переходов (уравнения регрессии, среднестатистические отношения массы с единицами объема, площади, густотой, т.е. плотностью посевов или проективным покрытием травянистых растений).

В лесоводстве древесные ресурсы и продукция (прирост) традиционно оцениваются объемом стволовой древесины. В период Международной биологической программы МБП (1965-1974 гг.) в России была собрана обширная информация для древостоев разных типов, с определением массы фракций (стволов, ветвей, корней, листьев или хвои, пней). По этим материалам формировались базы данных<sup>72, 73</sup>, которые использовались затем для расчета предикторов (конверсионных отношений, уравнений регрессии), связывающих фитомассу и запас стволовой древесины, либо другие таксационные

---

<sup>71</sup> Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.

<sup>72</sup> Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.

<sup>73</sup> Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 707 с.

показатели древостоев. Применение площадных принципов учета по типам почв и использование ГИС-технологий при современном уровне картографической обеспеченности в России в перспективе может применяться лишь на региональном уровне.

Из имеющихся в статотчетности показателей лесного покрова для оценки фитомассы используются следующие данные:

- Площади и запасы насаждений разных лесообразующих пород;
- Распределение площадей и запасов по группам возраста лесообразующих пород;
- Средние запасы древесины на 1 га для тех же пород или их групп (рассчитываются по отношению запасов к площади насаждений в возрастных группах).

На следующем этапе материалы госстатистики используются для расчета запасов фитомассы (углерода) с помощью предикторов, полученных на основе специализированных баз данных<sup>74,75,76</sup>.

Фитомасса рассчитывается по отношению массы разных фракций (стволы, ветви, корни, пни, листья или хвоя) к запасу стволовой древесины (*Ph/SC-ratios*).

Запасы углерода в фитомассе древесного яруса определяются через запасы стволовой древесины с использованием конверсионных коэффициентов<sup>77,78,79,80</sup>. Конверсия запасов древесины осуществлялась по возрастным группам лесообразующих пород. Размеры депонирования углерода лесной растительностью рассчитывается по изменению среднего запаса углерода для насаждений различных возрастных групп.

---

<sup>74</sup> Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.

<sup>75</sup> Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России // Лесоведение. 1999. № 2. С. 13-21.

<sup>76</sup> Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30-42.

<sup>77</sup> Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряжников А.А., Замолодчиков Д.Г. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. 1993. № 5. С. 3-10.

<sup>78</sup> Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.

<sup>79</sup> Isaev A., Korovin G., Zamolodchikov D., Utkin A., Pryanikov A. Carbon stock and deposition in phytomass of the Russian forests // Water, Air and Soil Pollution. 1995. V. 82. P. 247-256.

<sup>80</sup> Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение. 2001. № 5. С. 8-23.

Определение пулов и потоков углерода, связанных с рубками леса, проводятся по объемам заготовленной древесины, отпускам древесины по группам лесообразующих пород, отчетности об обследовании мест рубок (брошенная ликвидная древесина, недорубы и т.д.); масса технологических порубочных остатков (пни, корни, ветви, вершины) рассчитывается по конверсионным коэффициентам для спелых и перестойных насаждений лесообразующих пород, вовлекаемых в рубку.

Размеры эмиссий в результате лесных пожаров определяются через структуру пройденных огнем площадей и удельные расходы<sup>81</sup> лесных горючих материалов при верховых, низовых и почвенных пожарах. Размеры послепожарного отпада рассчитываются по площадям погибших в результате пожаров насаждений с использованием рассчитанных ранее средних запасов углерода в лесах.

Фитомасса нижних ярусов растительности мало зависит от запасов насаждений. Она больше связана с типами леса и сомкнутостью крон древесного яруса. Масса этих групп растений определяется обычно по данным укосов на небольших площадках с определением среднестатистических значений запасов фитомассы. Для расчета суммарных запасов фитомассы нижних ярусов используются средние ее значения (в расчете на единицу площади), оцененные по базе данных<sup>82</sup> для различных лесов с дифференциацией по породам и группам возраста. Затем запасы фитомассы и углерода нижних ярусов растительности суммируются с аналогичными величинами для древесного яруса.

## **2.4. Дистанционный мониторинг процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения для реализации соглашений Киотского протокола**

### **2.4.1. Аэрокосмическая инвентаризация насаждений искусственного происхождения**

Методологической основой процессов обработки информации в ГИС является цифровое моделирование местности, объединяющее процессы сбора первичной информации, ее моделирования и обновления, обработки и формирования документов. За счет применения современных технических средств осуществляется автоматизация полевых и камеральных работ.

---

<sup>81</sup> Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.

<sup>82</sup> Там же.

Аэрофото- и космические снимки представляют великолепные подложки для оцифровки ГИС данных: они содержат координаты совместно с изображением. В проекте нами использовались космические снимки Воронежской области и Лискинского района, любезно предоставленные фирмой «СКАНЭКС». Рис. 1. На нем видна река Дон, угодья хозяйства «Дружба», поля которого защищают 50 га высаженных в 2001 г. защитных лесополос.

Космический снимок со спутника Landsat в инфракрасных лучах отображает растительность на излучине р. Дон.



Рисунок 2.2.

Современные технологии позволяют по спектру отраженного цвета идентифицировать хлорофилл растений, отталкиваясь от чего можно точно определить породный и видовой состав растений находящихся на снимке и определить их возраст. Располагая этими данными с использованием математических моделей возможно рассчитать запасы поглощенного углерода насаждениями.

В данном случае рисунок 2.2 приведен как пример обработки информации о СХПК «Дружба» Лискинского района Воронежской области, границы которого обведены прирывистой линией. Программной оболочке «Marinfo» по космическим снимкам была

сделана привязка имеющихся картографических материалов, созданы электронные карты, позволяющие переходить от всероссийского уровня к областному, районному, вплоть до отдельно взятого хозяйства (СХПК «Дружба») и далее, к одному или группе выделов защитных лесонасаждений. На карты СХПК «Дружба» нанесены высаженные в рамках проекта 50 га лесополос. Параллельно с этим была сформирована база данных, в которой хранится информация по каждому выделу: административная принадлежность, тип лесонасаждения, дата высадки, площадь, породах высаженных деревьев, состояние растительности и т.д. Такая база данных необходима для надежного хранения и поиска информации о запасах углерода в лесных насаждениях. При осуществлении лесопосадок различными инвесторами, информация о лесах, их состоянии и рассчитываемых через аллометрические уравнения запасов углерода будет храниться в базе данных и постоянно обновляться за счет обработки космических снимков и аэрофотосъемки.

Полученная электронная карта организована как множество слоев (покрытий). Слои построены на основе объединения пространственных объектов (или набора данных), имеющих какие-либо общие свойства или функциональные признаки. При создании карт использовались слои трех типов:

1) Слои топографических, мало меняющихся объектов (административные границы, водные объекты, застроенные территории, леса и т.д.);

2) Топографический слой, несущий информацию о высаживаемых лесонасаждениях - площади лесополос, их местоположении, конфигурации, породах высаженных деревьев и т.д. Этот слой периодически изменяется и дополняется данными о новых посадках, вырубках, пожарах и др. или изменениях в состоянии существующих лесонасаждений;

3) Временно создаваемые тематические слои, служащие для анализа выводимых на экран промежуточных результатов, учета динамики прироста древесины или депонирования углерода.

Данные могут обрабатываться как в интерактивном режиме, так и в автоматическом. С помощью системы фильтров или заданных параметров объекты, принадлежащие слою, могут быть одновременно масштабированы, перемещены, скопированы, записаны в базу данных. В других случаях (при установке других режимов) можно наложить запрет на редактирование объектов слоя, запретить их просмотр.

Непосредственно на карте щелчком мыши можно выбирать как отдельное лесонасаждение, так и их группу, и получать о них полную информацию. Системой запросов по различным критериям (порода, возраст, площадь, тип и т.д.) создается выборка лесонасаждений, отвечающих этому запросу. С помощью математической модели,

используя специальные методы расчета<sup>83</sup>, возможно, определить прирост древесины за заданный промежуток времени для выбранных лесонасаждений. На основании этого рассчитывается количество депонированного углерода. Далее с помощью экономической модели рассчитывается эффективность проведенных мероприятий.

Полученные данные представляются по желанию пользователя в виде серии карт, таблиц, диаграмм и выводятся на бумажный носитель. Электронная карта реализует мобильную модель данных, позволяющую настраивать состав, объем и форму отображаемых данных в соответствии с запросами пользователя. Полученная информация анализируется и при необходимости, разрабатываются соответствующие мероприятия.

Режимы реального масштаба времени являются основой в технологиях электронных карт. В дальнейшем при подключении к проекту различных регионов планируется объединение информации по этим регионам в единую информационную систему, отслеживающую получаемые данные и позволяющую оперативно реагировать на изменения. Таким образом, используя ГИС-технологии, создается единое информационное пространство, как по вертикали, так и по горизонтали. Кроме этого, появляется возможность оперативного и динамического представления данных, составления прогнозов на заданный период времени, оценки экономической эффективности проводимых мероприятий. С середины 80-х годов прошлого столетия была разработана технология инвентаризации, предназначенная для проведения лесоустройства и агролесомелиоративного устройства защитных насаждений, созданных при лесоразведении в лесостепной, степной и пустынной зонах России. Эта технология предусматривала использование аэрокосмических фотоснимков, она оказалась значительно эффективнее аналогичных работ, выполняемых наземным способом.

Космические спектрональные фотоснимки Landsat ETM+, предназначались для следующих целей:

- выделение контуров овражно-балочных систем;
- выявление местоположения защитных насаждений в системе агроландшафта, определения границ и площади участков, а также геометрических параметров защитных лесных полос;
- определение вида лесонасаждений и степени законченности системы полосных защитных лесонасаждений;
- разделения лесонасаждений на однородные участки;
- определение маршрутов крупномасштабной аэрофотосъемки и выборочных наземных наблюдений.

---

<sup>83</sup> Стеценко А.В., Сидоренко В.Н., Лужецкая Н.В., Шатайлов В.В., Кулевский А.В. Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях: Инвестиционный проект. М.: Центр экологической политики России, 2002. – 32 с.

По спектрзональным космическим снимкам выделялись в массивных лесонасаждениях выделы с минимальной площадью 0,1 га и линейные посадки протяженностью до 100 м.

Технология предусматривала проведение на всю изучаемую территорию космической съемки, выборочной крупномасштабной плановой или перспективной аэрофотосъемки и выполнения относительно небольшого объема наземных работ (рис. 3).

#### Аэрофотоизображения полезащитных лесных насаждений



Рисунок 2.3.

Переход к автоматизированным методам создания и ведения электронных карт с помощью ГИС имеет ряд преимуществ:

- повышение точности картографической информации,
- сокращение трудозатрат на изготовление продукции,
- увеличение производительности труда за счет автоматизации отдельных операций или исключения их.

Материалам космической съемки также отводилась роль оценки соблюдения положений Инструктивных указаний по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений. Имеющийся опыт показывает, что в полезащитных лесных полосах возможен контроль по следующим параметрам:

- отклонение основных полос от направлений, перпендикулярных наиболее вредоносным ветрам;
- расстояние между основными полезащитными полосами;
- расстояние между вспомогательными полезащитными полосами;
- максимальная ширина полезащитных лесных полос;
- расположение полезащитных лесных полос относительно направления горизонталей;

- конструкция полезащитных лесных полос (продуваемая, непродуваемая, ажурная);
- участки и лесные полосы с преобладанием хвойных или лиственных пород;

- наличие законченной системы защитных лесонасаждений.

В приовражно-балочных лесных полосах могут контролироваться следующие показатели:

- величина расстояния от бровки оврага до защитной полосы;
- наличие острых или прямых углов излома полос;
- соблюдение параллельности защитных полос горизонталям;
- наличие законченной системы защитных насаждений;
- наличие гидротехнических сооружений.

При использовании космических фотоснимков КФА-1000 с пространственным разрешением 7-10 м размеры полосных насаждений определялись с погрешностями:

- длина полезащитных лесных полос с занижением (систематическая ошибка  $-3,6\%$ , среднеквадратическая ошибка  $\pm 9,1\%$ );
- ширина полезащитных лесных полос с завышением (систематическая ошибка  $+4,2\%$ , среднеквадратическая ошибка  $\pm 15,1\%$ ).

Лиственные защитные лесные полосы распознаются по космическим спектрзональным фотоснимкам практически достоверно, хвойные – с достоверностью 90%.

Тип лесорастительных условий определяется только для массивных насаждений по их приуроченности к формам рельефа с достоверностью 90%.

Конструкция лесных полос определяется по их ширине и положению на местности: приовражные и придорожные полосы имеют плотную конструкцию, а полезащитные и ветроломные полосы создаются продуваемой или ажурной конструкции шириной не более 10 м. Достоверность дешифрирования защитных лесных полос продуваемой конструкции составляет 66, ажурной – 57, а плотной – 93%.

Предусматривалось разделение защитных лесных полос на три группы по состоянию:

- хорошее – разрывы в полосе отсутствуют;

- удовлетворительное – общая длина разрывов до 30% длины полосы;

- плохое – общая длина разрывов превышает 30% длины полосы.

Определение завершенности систем защитных насаждений производилось на основе оценки параметров взаимодействия защитных лесонасаждений в системе лесоаграрного ландшафта.

К завершенным системам защитных лесных насаждений относились такие, которые были созданы в соответствии с проектами, обеспечивают (или обеспечат при достижении проектной высоты)

полную защиту всей находящейся между ними территории и не требуют дополнительной закладки насаждений.

К не полностью завершенным системам защитных лесных насаждений относились такие, в которых в соответствии с проектами необходимо заложить незначительное (до 25%) количество насаждений, чтобы они обеспечили впоследствии полную защиту всех находящихся между ними территорий.

К одиночным защитным лесным насаждениям относились насаждения, которые без дополнительной закладки значительного количества (более 25%) новых насаждений не обеспечивают полную защиту всех находящихся между ними территорий.

Площадь сельскохозяйственных угодий (га), находящихся под защитным влиянием насаждения, определялась как произведение продольной длины соответствующего насаждения на кратность его защитной высоты, а также указывалась защищенность территории (%), определяемую как соотношение защищаемой площади к общей площади мелиорируемой территории. Для полосных лесных насаждений защитное влияние принималось равным 30-ти кратной высоте насаждения. Для противозерозионных насаждений защитное влияние принималось равным 15-ти кратной высоте насаждения. Для защитных насаждений на песках защитное влияние принималось равным 10-ти кратной высоте насаждений.

Плановая крупномасштабная аэрофотосъемка проводилась на спектральнозональную пленку в масштабе 1:5000 по выборочным маршрутам, а перспективная – в масштабе 1:2000 – 1:4000 по главной горизонтали. Размещение выборочных маршрутов определялось на основе предварительной стратификации защитных насаждений с учетом групп пород, групп возраста и их состояния.

По плановым аэрофотоснимкам определялись таксационные и мелиоративные показатели насаждений, а также уточнялись геометрические параметры полосных насаждений. Перспективные снимки применялись конструкции лесных полос, определения вертикальной сомкнутости полога и наличия кустарников.

К наиболее важным таксационным и мелиоративным показателям относятся состав пород, средняя высота (в том числе, защитная высота лесных полос) и диаметр стволов деревьев, группа возраста, полнота, общая и рядовая сомкнутость полога, расстояние между деревьями в ряду и между рядами, запас насаждений. Иногда при раздельном изображении крон деревьев производится прямой подсчет деревьев на единице погонной длины рядовой посадки.

При дешифрировании материалов аэрофотосъемки достигалась следующая величина погрешностей определения различных показателей:

- ширина защитных лесных полос с завышением (систематическая ошибка от +2 до +6,2%, среднеквадратическая ошибка в пределах  $\pm 0,9-2,2\%$ );

- высота деревьев ( $H$ ) путем вычисления разности продольных параллаксов (среднеквадратическая ошибка  $\pm 5,8\%$ );
- диаметр ствола главной породы путем применения аллометрических уравнений связи со средней высотой или средним диаметром кроны (среднеквадратическая ошибка  $\pm 6,8\%$ );
- число деревьев в пологе путем прямого подсчета крон (среднеквадратическая ошибка  $\pm 10,5\%$ );
- сомкнутости полога  $P_s$  (с ошибкой в пределах 0,01 единицы сомкнутости);
- запас насаждений ( $M$ ) с использованием местных таблиц хода роста, или по объему среднего дерева и числу деревьев, или по формуле  $M = H^2 P_s$  (среднеквадратическая ошибка  $\pm 9-10\%$ )/

#### **2.4.2. Предложения по организационно-функциональной структуре системы дистанционного мониторинга процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения**

Рекомендации по организационно-функциональной структуре системы дистанционного мониторинга процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения должны быть разработаны в соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации (2006 г.) и положениями Киотского протокола.

2. Дистанционный мониторинг рекомендуется проводить в качестве отдельного вида работ в соответствии с заказами, установленными уполномоченным федеральным органом исполнительной власти (Рослесхозом) и уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Федерации.

3. К объектам обследования при дистанционном мониторинге могут быть отнесены участки искусственного лесовосстановления на землях лесного фонда и иных категорий, а также участки, отведенные для проведения защитного лесоразведения.

4. Планирование объемов и объектов дистанционного мониторинга осуществляется Рослесхозом на основании проектов по реализации положений Киотского протокола, Федеральных программ и планов освоения лесов субъектов Федерации.

5. Финансирование работ по дистанционному мониторингу может производиться как за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов РФ, так и за счет внебюджетных средств в установленном законодательством порядке.

6. Целью мониторинга процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения является определение объема связанного углерода в лесных культурах, создаваемых на не покрытых лесом землях лесного фонда и иных категорий, а также при создании защитных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения и др.

7. При проведении дистанционного мониторинга могут решаться следующие основные задачи:

- определяется успешность создания лесных культур на бывших вырубках и гарях эксплуатационных лесов на землях лесного фонда и на землях иных категорий в лесостепной, степной и пустынной зонах;
- проводится оценка размещения и состояния полезащитных и других защитных лесных насаждений искусственного происхождения;
- определяется таксационная и таксационно-мелиоративная характеристика искусственных насаждений для последующего расчета их биологической продуктивности, а также оценки размера сопряженного эффекта при повышении продуктивности сельскохозяйственных угодий, а также защиты железных и шоссейных дорог, водоемов, населенных пунктов, промышленных предприятий от техногенного воздействия (эрозия и дефляция, засухи, суховеи, пыльные бури, песчаные и снежные заносы, наводнения, сели, оползневые явления, запыленность и загрязнение воздуха, почвы, воды, эмиссии промышленных предприятий и транспортных средств).

8. Организационно-функциональная структура системы дистанционного мониторинга может основываться на использовании различных данных:

- материалов лесоустройства, а также данных лесничеств (лесопарков) и арендаторов лесного фонда по учету ими площадей лесных культур,
- видов лесного мониторинга – лесопожарного, организации и состояния лесопользования,
- сведений деклараций лесопользователей о размещении мест рубок и обязательствах по проведению искусственного лесовосстановления,
- проектов по созданию защитных насаждений.

9. Дистанционный мониторинг лесовосстановления целесообразно выполнять:

- 1) на основе использования космических снимков, в том числе разновременных;
- 2) на основе использования космических снимков в сочетании с выборочными крупномасштабными аэрофотоснимками;
- 3) на основе использования материалов разномасштабной аэрофотосъемки.

10. При дистанционном мониторинге целесообразно применять выборочный статистический метод сбора данных.

11. При проведении дистанционного мониторинга необходимо применять средства геоинформационных систем (ГИС). С этой целью следует предусмотреть создание федеральной и региональной баз данных, в которые включается постоянно обновляемая информация лесоинвентаризации, различных видов лесного мониторинга, и других видов обследования динамики площадей искусственного лесовосстановления и лесоразведения, а также информация о

качестве семенного и посадочного материала, используемого при создании лесных культур.

При выборе программ для ГИС и обработки изображений следует учитывать необходимость их комплексирования, когда при обработке изображений должны одновременно использоваться данные и карты из геоинформационной системы и, наоборот, при обработке, редактировании карт используются космические изображения. Наиболее целесообразно использование программных пакетов, систем, содержащих как функции для обеспечения задач ГИС, так и функции обработки изображений.

По информации, содержащейся в базах данных, составляются аналитические и картографические документы об углеродном бюджете на федеральном уровне и на уровне субъектов Федерации, а также, при необходимости, на уровне лесничеств (лесопарков) и других территориальных образований.

12. Технической основой дистанционного мониторинга процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения являются многоспектральные космические снимки, аэрофотоснимки, дополняемые, при необходимости, материалами выборочной крупномасштабной аэросъемки.

13. На этапе подготовительных работ для определения местоположения объектов обследования рекомендуется использовать в качестве вспомогательных материалов обзорные космические снимки среднего пространственного разрешения. Основные требования к ним:

- пространственное разрешение - 100 – 150 (250) м;
- спектральные диапазоны электромагнитного спектра – ближний инфракрасный – ИК, красный и зеленый (0,7-0,9; 0,6-0,7 и 0,5 -0,6 мкм);
- время съемки – летний период;
- наличие облачности – не более 5%.

При проведении дистанционного мониторинга с целью оценки состояния защитных насаждений в дополнение к материалам космических съемок, выполняемых в летний период, приобретаются космические снимки среднего разрешения, полученные в зимний период.

14. При дистанционном мониторинге рекомендуется определить необходимость применения следующих базовых космических снимков:

- цветных многоспектральных сканерных с пространственным разрешением - не хуже 2-10 (10-15) м, полученных в спектральных диапазонах 0,8-0,9 мкм, 0,6-0,7 и 0,5-0,6 мкм;
- черно-белых панхроматических сканерных с пространственным разрешением 0,3-1,0 м, полученных в диапазоне 0,58-0,85 мкм.

Аналогами их являются космические снимки нового поколения типа QuickBird, IKONOS, EROS, IRS, SPOT-5, ДК-1, Монитор-Э.

Рекомендуется использовать производные цветные синтезированные снимки высокого пространственного разрешения,

полученные путем наложения приведенных к единой системе координат многоспектральных и панхроматического изображений.

15. Для достоверной оценки динамики процессов искусственного лесовосстановления и защитного лесоразведения рекомендуется использовать повторные космические снимки.

16. Выборочные крупномасштабные фотографические или цифровые плановые аэрофотоснимки с разрешением на местности 0,1 м рекомендуется применять для детальной оценки процессов искусственного лесовосстановления, если необходимая достоверность не обеспечивается материалами космических съемок.

При обследовании защитных лесных полос в лесостепной зоне может использоваться перспективная аэросъемка в масштабе 1:2000 – 1:4000 по главной горизонтали.

### **Глава 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЛЕСНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА**

Инвестиционный проект является одним из документов, подготавливаемых заинтересованной стороной в пакете документов ПСО. Проектный цикл инвестиционного проекта включается в общий проектный цикл ПСО, а информация документов ПСО и ИП корреспондируется. Цикл подготовки и выполнения проектов совместного осуществления состоит из следующих основных этапов.

*Этап 1. Идентификация проекта.* Это начальный этап, на котором определяется, какой конкретный проект предполагается реализовать, оцениваются его характеристики и ожидаемые результаты. Этот этап направлен на то, чтобы заинтересовать потенциального инвестора, получить принципиальную поддержку проекта в России и начать его подготовку.

Обычно на данном этапе требуются следующие документы:

1. Подготовка и направление потенциальному инвестору Концепции проекта (PIN), в которой содержатся общие сведения о проекте, позволяющие потенциальному инвестору оценить, заинтересован ли он в данном проекте.

2. Получение Письма о поддержке проекта от уполномоченного органа.

3. Направление инвестору или подписание с инвестором Письма о заинтересованности в реализации проекта или Письма о намерениях. Эти документы необходимы инвестору, так как следующий, второй этап уже требует финансирования с его стороны.

*Этап 2. Разработка полного комплекта проектной документации (PDD).* Если проектная идея заинтересовывает потенциального инвестора, и будущие Стороны проекта готовы работать дальше над разработкой проекта, наступает второй этап

подготовки проекта, который включает разработку следующих документов:

- институциональное окружение
- исследование исходных условий (базовой линии);
- разработку плана мониторинга сокращений выбросов ПГ и/или увеличения абсорбции ПГ.

Одновременно разрабатываются традиционные для проектов документы, такие как бизнес-план, технико-экономическое обоснование, ОВОС и т. п., которые не относятся к документам «углеродного» финансирования и разрабатываются в соответствии с действующим российским законодательством.

*Этап 3. Утверждение проекта.* Российская Федерация должна официально подтвердить, что готова передать стране-инвестору полученные в результате ПСО единицы сокращенных выбросов ПГ. Инвесторы требуют письмо об утверждении проектов, подписанные Российской Федерацией (Letter of Approval), в котором должно подтверждаться, что если сокращения выбросов/увеличение абсорбции ПГ по проекту будут достигнуты, то они будут переданы инвестору.

Комплектность проектной документации, все методологии по расчету исходных условий и планам мониторинга результатов проектов подлежат «детерминации», т. е. независимой оценке. Независимую оценку примененных методологий могут делать организации, которые имеют аккредитацию при Наблюдательном комитете по совместному осуществлению.

*Этап 4. Реализация проекта.* В случае, если проектная документация разработана, успешно прошла процесс детерминации и получено Письмо об утверждении проекта от имени Российской Федерации, то инвестор и предприятие/компания, где будет реализовываться проект, получают юридические основания для подписания контракта на продажу/покупку единиц сокращенных выбросов по ПСО. После этого может быть начата реализация проекта, в том числе получены авансовые платежи, если имеются соответствующие договоренности между инвестором и предприятием.

*Этап 5. Передача единиц сокращенных выбросов/увеличения абсорбции ПГ.* В соответствии с подписанным Контрактом на продажу/покупку единиц сокращенных выбросов/увеличения абсорбции ПГ и на основании достигаемых реальных объемов сокращений выбросов/увеличения абсорбции ПГ по проекту по мере реализации проекта, как правило, ежегодно через российский национальный реестр должны проводиться транзакции единиц сокращенных выбросов от России стране-инвестору.

Проектный цикл ИП проходит через первые три этапа:

- идентификация проекта;
- разработка проектной документации;
- утверждение проекта.

*Этап 1. Идентификация проекта.* На данном этапе

формулируется инвестиционный замысел (идея), причина возникновения проекта, его цель и задачи. Также определяется институциональное и рыночное окружение, даются первые приближительные оценки способа реализации проекта, места реализации, затрат и выгод. Предоставляется примерный график и бюджет ИП. Собранная информация оформляется в Концепции проекта (PIN), которая направляется инвестору. Иначе говоря, Концепция проекта содержит принципиальные положения, которые формируют будущий ИП.

Основная цель Концепции проекта заинтересовать инвестора в ИП.

### **3.1 Определение инвестиционного замысла**

На данном этапе следует определить приоритетную цель реализации проекта. Такой целью может быть: коммерческая выгода, улучшение экологической ситуации, поглощение углекислого газа из атмосферы.

Лесные проекты принципиально могут быть коммерчески выгодными, и если инвестор преследует цель получения коммерческой выгоды, то проект должен быть составлен с учетом такой мотивации инвестора. Тогда разработчик проекта должен определять места реализации лесных проектов с минимальными рисками, относительно легким доступом и низкой стоимостью ресурсов, необходимых для реализации проекта. Коммерчески выгодные лесные проекты должны охватывать большие площади посадок.

Экологические выгоды могут превосходить экономические. Например, при осуществлении проектов по борьбе с эрозией почв и регуляцией водного баланса территории, восстановление естественно сложившегося биоразнообразия и восстановление лесов. Такие проекты могут не окупать себя, предоставляя минимальные прямые выгоды для заинтересованных сторон. Однако их создание приносит большие сопутствующие выгоды, например снижение интенсивности засух, повышение урожайности и т.д.

Поглощение углекислого газа из атмосферы тесно связано с получением коммерческой выгоды: чем больше поглощение  $\text{CO}_2$ , тем больше коммерческая выгода. Однако такие проекты должны быть долгосрочными и гарантировать сохранение лесов на весь период их жизни.

Все перечисленные цели взаимосвязаны. Тем не менее, определение приоритетной цели проекта способствует адекватному и оптимальному управлению проектом.

## 3.2 Концепция проекта (PIN)

Концепция проекта создается как документ, содержащий сжатую информацию об инвестиционном проекте: описание самого проекта, участников проекта, местоположения проекта, его ресурсов, выгод, оценку осуществимости и эффективности проекта.

*Описание проекта* содержит наименование проекта и описание инвестиционного замысла, а также масштаб проекта: площади и структура посадки, породный состав.

Описание вида деятельности. Для описания Концепции проекта следует указать, какой вид деятельности будет осуществляться для достижения целей проекта, например: облесение нарушенных земель, создание лесополос на сельскохозяйственных землях, создание лесов рекреационного или другого назначения и пр.

Также следует указать стадию, на которой сейчас находится ИП, согласован ли проект с ответственным органом РФ.

В *состав участников* проекта включаются все заинтересованные стороны, принимающие участие в проекте. В концепции сообщается информация о них: наименование организаций, контакты, область деятельности и вклад в осуществление проекта.

График реализации проекта. Указываются:

1. дата начала проекта,
2. сроки проведения работ: проектных работ, привлечения финансирования, юридического согласования проекта, реализации посадки лесов.
3. период реализации проекта.
4. период предполагаемого получения ЕСВ.
5. период кредитования, если привлекается стороннее финансирование.

*Местоположение проекта.* Возможно два варианта определения местоположения проекта. Если местоположение известно, указываются его географическое положение и паспортные данные. Если местоположение еще не определено, то указываются критерии отбора земель и указываются предполагаемые места лесопосадок. Для участков указываются климатические, почвенные и другие ключевые параметры.

Рассчитывается предполагаемый сток углекислого газа на территории реализации проекта: объем стока и сравнение с ситуацией «без проекта». Расчет стока осуществляется в соответствии методическими рекомендациями по учету поглощения углерода. Расчет стока приводится к денежному выражению на основе существующих или прогнозных цен на ЕСВ.

*Ресурсы проекта (затраты проекта).* В Концепции проекта даются общие показатели по денежным потокам проекта. Анализируется инвестиционная, операционная и финансовая деятельность.

Денежный поток ( $\Phi_i$ ) включает в себя приток ( $\Pi_i(t)$ ) и отток ( $O_i(t)$ ) реальных денег:

$$\hat{O}_i = \sum_{t=1}^3 [\ddot{I}_i(t) - O_i(t)] \quad (14)$$

где  $i$  – номер денежного потока от (1) инвестиционной, (2) операционной, (3) финансовой деятельности.

Инвестиционная деятельность описывается следующими показателями:

- земля (например, стоимость или аренда);
- здания и сооружения;
- машины, оборудование, передаточные устройства;
- нематериальные активы;
- совокупные вложения в капитал (сумма по всем статьям);
- прирост оборотного капитала;
- совокупные инвестиции (сумма совокупных вложений и прироста оборотного капитала).

Операционная деятельность описывается следующими показателями:

- объем продаж ЕСВ;
- цена;
- выручка (произведение цены и объема);
- внереализационные расходы;
- переменные затраты;
- постоянные затраты;
- амортизация зданий;
- амортизация оборудования;
- процент по кредитам;
- прибыль до вычета налогов (сальдо выручки и совокупных операционных затрат: переменных и постоянных);
- налоги и сборы;
- проектируемый чистый доход (сальдо прибыли до налогообложения и налогов и сборов);
- амортизация (сумма статей амортизации);
- чистый приток операций (сумма чистого дохода и амортизации).

Финансовая деятельность описывается следующими показателями:

- собственный капитал,
- краткосрочные кредиты,
- долгосрочные кредиты,
- погашение задолженности по кредитам,
- выплата дивидендов,
- сальдо финансовой деятельности.

*Структура финансирования.* Следует определить источники финансирования по инвесторам и по видам финансирования. Структура финансирования лесных проектов такова, что на проектные исследования и первые годы реализации проектов относятся большая часть затрат (60-70%). И на этот же период относится большая часть рисков проекта. В соответствии с этим следует обозначить источники финансирования проектной и операционной деятельности.

Источниками финансирования проектной деятельности могут быть гранты, схемы форвардной покупки ЕСВ, а так же банковские займы.

Источниками финансирования операционной деятельности должны стать кредиты под покупку ЕСВ, а также, возможно, субсидии и субвенции.

Также следует определить предполагаемый график финансирования проекта и объемы финансирования.

*Выгоды проекта.* Можно выделить следующие выгоды проекта экологические, социальные и экономические. Например, для локальных лесных проектов направленных на создание лесополос на сельскохозяйственных землях.

К экологическим выгодам данного вида проектов можно отнести:

- Снижение водной и ветровой эрозии почв.
- Уменьшение интенсивности засухи за счет создания благоприятного микроклимата для сельскохозяйственных культур.
- Создание путей миграции животных и птиц в условиях агроландшафта.
- Связывание парникового газа (CO<sub>2</sub>) из атмосферы.

К социальным выгодам данного вида проектов можно отнести:

- Повышение статуса инвестора в глазах общественности.
- Повышение социально-политического статуса администрации области, в которой реализуется данный инвестиционный проект.
- Создание рекреационных зон, способствующих улучшению здоровья местного населения.
- Изменение отношения населения к сохранению окружающей среды.

К экономическим выгодам данного вида проектов можно отнести:

- Углеродную выгоду
- Повышение плодородия и урожайности в (СХПК).
- Повышение стоимости земель сельскохозяйственных предприятий (СХПК).
- Экономический эффект от повышения экологического имиджа участников проекта.

*Экономическая оценка проектов* производится на основании общепринятых показателей эффективности инвестиционных проектов:

1) NPV – чистая приведенная прибыль. Показатель, отражающий полученную прибыль за период реализации проекта:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{b(t) - c(t)}{(1 + r(t))^t} \quad (15)$$

2) IRR – внутренняя норма доходности. Показатель, описывающий процент кредита, использование которого позволяет быть проекту окупаемым (NPV=0):

$$\sum_{t=1}^T \frac{b(t) - c(t)}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (16)$$

3) PP – период окупаемости. Показатель, отражающий количество периодов (лет), за которое окупится проект.

$$PP = t^* / \{NPV(t^*) = 0\} \quad (19)$$

4) PI – индекс доходности. Показатель, описывающий рентабельность проекта за весь период реализации проекта, показывает среднюю производительность рубля инвестиций.

$$PI = \frac{\sum \frac{c(t)}{(1 + r)^t}}{\sum \frac{b(t)}{(1 + r)^t}} \quad (20)$$

где  $t=1, \dots, T$  – период,  $b(t)$  – стоимостная оценка выгод проекта в периоде  $t$ ,  $c(t)$  – стоимостная оценка затрат проекта в периоде  $t$ ,  $r(t)$  – ставка дисконтирования на период  $t$ .

В практике инвестиционного и финансового анализа принято дисконтировать денежные потоки, если проект длится несколько периодов (лет). Дисконтированием называется приведение будущих затрат и выгод к настоящему времени. Будущие выгоды представляются менее ценными по мере удаления выгод во времени от точки старта проекта. Темп обесценения отражается нормой дисконта ( $r$ ).

Норма дисконта может быть постоянной и переменной в зависимости от выбранных условий расчета. Норма дисконта может быть различной для затрат и выгод проекта. От правильного выбора

нормы дисконта во многом зависит точность прогноза. В настоящее время не рекомендуется применять для коммерческих проектов норму дисконта менее 12%.

*Оценка рисков проекта.* Концепция должна содержать приблизительный перечень рисков проекта, включая форс-мажор, риски неисполнения проекта, риски ликвидности, институциональные риски и прочие риски.

Подготовленная Концепция проекта направляется инвестору. Для дальнейшего продолжения проектных разработок необходимо получение согласия инвестора с Концепцией. После утверждения инвестором Концепции начинается разработка собственно Инвестиционного проекта (PDD).

### **3.3. Определение структуры управления проектом**

Участие в проекте множества Сторон обуславливает сложности в управлении проектом. Иностранный инвестор не имеет реальной возможности управлять проектом и контролировать его, находясь за пределами принимающей страны. Проектировщик вынужден учитывать при составлении инвестиционного проекта интересы не только инвестора, но и принимающей страны, сертифицирующих и верифицирующих органов, сложившийся баланс интересов собственников ресурсов проекта. Возникает особая категория рисков – риски управления проектом. Оптимальная структура управления проектом призвана минимизировать данный специфический вид рисков.

В инвестиционном проекте следует указать центры ответственности за исполнение тех или иных частей проекта, указать отношения между центрами ответственности, порядок этих взаимоотношений и распределение ответственности сторон.

### **3.4. Институциональное и коммерческое осуществление проекта**

Информация из этого раздела используется для проверки институциональной и коммерческой осуществимости проекта. При этом представляется возможным экономически оценить институциональную осуществимость проекта, например, через проектные затраты и включить их в оценку эффективности ИП. Также информация об окружении проекта дает материал для анализа рисков проекта, которые прямо влияют на его осуществимость. Невключение данного пункта в ИП может вызвать недоверие иностранного инвестора, незнакомого с рыночной и институциональной обстановкой в конкретном регионе (стране), неправильной оценкой результатов проекта и, в конечном итоге, к неудаче всего проекта.

В этой части описывается правовое окружение проекта:

нормативно-правовые акты международного, государственного, регионального и муниципального уровня, а также другие институты, регулирующие отношения заинтересованных сторон между собой и с окружением проекта (договора, соглашения и пр.)

Рыночное окружение предполагает описание конъюнктуры углеродного рынка и рынка ресурсов проекта, а также прогноза развития этих рынков.

### **3.5. Выбор методологии: базовая линия, план мониторинга**

#### Обоснование базовой линии проекта.

Базовая линия (baseline) или базовый уровень выбросов/абсорбции ПГ - объем ежегодных выбросов/абсорбции ПГ, который был бы при отсутствии проектов и мер по снижению/увеличению, то есть без какой либо специальной деятельности. Поскольку такой объем ежегодных выбросов/абсорбции ПГ - не постоянная величина, то правильнее говорить не об уровне, а именно о линии, величине переменной во времени.

Понятие базовой линии основывается на принципе дополнителности. Под дополнителностью понимается, что сокращения выбросов/увеличение абсорбции ПГ должны быть дополнительными по отношению к тому, что было бы без выполнения проекта.

Определение базовой линии должно вестись на тот же срок, как и собственно планирование развития проектной деятельности.

Для лесных проектов локального уровня можно выделить следующие основные варианты обоснования базовой линии:

1) Вариант, когда лес высаживается на территории, где его не было на начало проекта. В этом случае, весь поглощаемый углекислый газ может рассчитываться в качестве «углеродной» выгоды.

2) Вариант, когда лес уже рос на территории планируемой под посадку лесов. В этом случае необходимо рассчитать запас поглощаемого лесом углекислого газа, который будет поглощен без реализации проекта – базовый уровень. Рассчитать увеличенную поглотительную способность с учетом реализации проекта. Разность между этими величинами будет отражать чистую «углеродную» выгоду.

Базовая линия для лесов может быть определена следующим образом:

Леса, высаженные до 1990 года, считаются отнесенными к базовому уровню и по правилам международных соглашений поглощенный ими углерод не может учитываться в рамках Киотского протокола.

Леса, высаженные на землях лесного фонда после 1990 г, могут принимать участие в зачетах первого бюджетного периода. Запасенный этими лесами углерод может относиться к углеродной выгоде.

Дополнительно высаженные леса на землях нелесного фонда (защитные леса и лесополосы на землях сельскохозяйственного назначения,

ССЗ, рекультивируемые земли, городские земли, защитные лесополосы вдоль рек и дорог, не относящиеся к землям лесного фонда и др.) должны учитываться в зачете первого бюджетного периода. Запасенный углерод в лесах, выросших на этой территории, будет относиться к чистой углеродной выгоде.

Углеродная выгода - это дополнительное депонирование углерода лесами, по сравнению с базовой линией, которое осуществляется благодаря ряду мер, увеличивающих поглощение углерода. Иначе говоря, это такое количество депонированного углерода, которое накапливается, консервируется в лесах, высаженных в соответствии с международными соглашениями, например в результате реализации ПСО.

На рис. 3.1. показан рост леса высокой продуктивности до момента  $T_0$ . В момент  $T_0$  лес вырубается и через несколько лет в момент  $T_1$  зарастает менее продуктивным лесом. Накопленный этими лесами углерод относится к базовой линии. ( $T$  – время,  $C$  - прирост углерода в лесу).

Пример базовой линии.

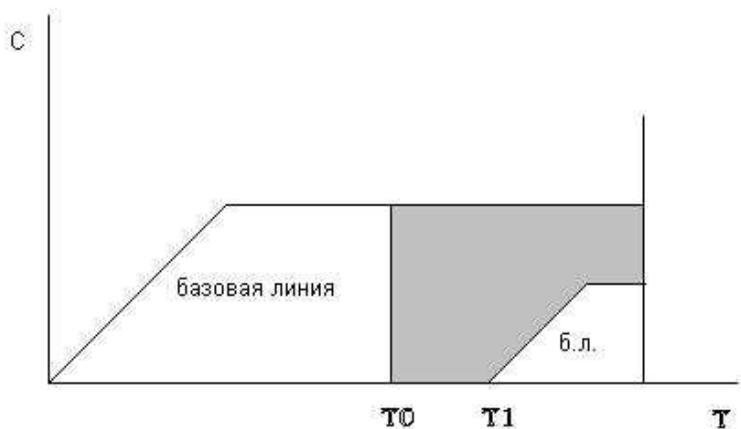


Рисунок 3.1.

Если в момент времени  $T_2$  высадить лес большей продуктивности чем тот, который вырастет самостоятельно, как показано на рис. 3.2., то запасенное количество углерода, закрашенное темным цветом, будет относиться к дополнительной углеродной выгоде.

### Дополнительная углеродная выгода, вариант 1



Рисунок 3.2.

Дополнительную углеродную выгоду можно получить, подсаживая более продуктивные породы деревьев на участки леса с менее продуктивными породами, как показано на рис. 3.3.

### Дополнительная углеродная выгода, вариант 2



Рисунок 3.3.

На рисунке 3.3. площадь трапеции  $C_1$  показывает количество углерода, депонированного лесом с невысокой поглотительной

способностью. Запасенный естественным способом углерод относится к базовой линии. Площадь трапеции  $S_2$  показывает суммарное количество запасенного углерода. Для того, чтобы подсчитать дополнительную углеродную выгоду, надо из площади трапеции  $S_2$  вычесть площадь трапеции  $S_1$ .

Для реализации локальных проектов на территориях, принадлежащих лесному фонду, можно добиваться углеродной выгоды путем дополнительной секвестрации за счет замены менее продуктивных более продуктивными породами деревьев или дополнительных посадок леса на месте редин или гарей. Все эти действия приведут к дополнительному депонированию углекислого газа и будут отнесены к углеродной выгоде.

Точность определения базовой линии тоже должна приниматься во внимание, как и возможные риски. В идеале неопределенность должна быть значительно меньше, чем эффект от проекта, а риски невелики. Лесные проекты обладают повышенным уровнем рисков из-за возможности полной или частичной гибели от пожаров и других негативных воздействий.

#### План мониторинга.

При описании плана мониторинга необходима ссылка на используемую методологию мониторинга с обоснованием выбора методологии и ее применимости в рамках реализуемого проекта. Данные мониторинга должны быть точными, сопоставимыми, полными и актуальными.

План мониторинга должен представлять детальную информацию относительно сбора и хранения всей информации, связанной с:

1) Оценкой или измерением верифицируемых изменений стока углерода в углеродных пулах и эмиссий ПГ в пределах границ проекта;

2) Определением базовой линии;

Участники проекта должны применять утвержденный план мониторинга и предоставлять информацию, согласно этому плану, в «Отчете по мониторингу».

Состав плана мониторинга:

- стандартная форма записи данных по мониторингу;
- данные мониторинга;
- описание моделей оценки фактического чистого стока ПГ;
- описание модели оценки верифицируемых углеродных стоков в углеродные пулы в рамках границ проекта;
- описание модели оценки эмиссий парниковых газов источниками ПГ;

– учет утечек в плане мониторинга (должно быть ясно, будут ли наблюдаться прямые или косвенные утечки, если утечки не наблюдаются, то необходимо указать причину). Для каждого источника и углеродного пула должна быть описана оценка утечек. Необходимо

определить процедуру периодического пересмотра деятельности по минимизации утечек;

- описание модели оценки чистого антропогенного стока углекислого газа;

- описание структуры управления системы мониторинга, стока ПГ и утечек;

- в проекте обозначается Сторона, ответственная за мониторинг.

При определении методологии мониторинга используются методические подходы к мониторингу пулов и потоков углерода при осуществлении проектной деятельности проектной локального уровня (см. Главу 2).

### **3.6. Описание местоположения проекта**

Это раздел содержит в себе информацию о потенциале поглощения, о требованиях к осуществлению и дополнительности, об экологических и социально-экономических эффектах.

Для расчета потенциала поглощения углекислого газа лесами следует обратиться к методическим рекомендациям поглощения углерода. На потенциал поглощения могут повлиять ряд физических и антропогенных факторов. Следует обратить внимание на породный состав, топографию, плодородие почв, водообеспеченность, угрозу пожаров, угроза болезней и вредителей леса.

Выбор местоположения проекта должен осуществляться с учетом требований - необходимо доказать, что на территории, отведенной под проект, на начало проекта лес не произрастает; что территория не является временно выведенной из сельскохозяйственного оборота.

### **3.7. Анализ затрат и выгод, инвестиционные показатели проектов лесовосстановления и лесоразведения**

#### **3.7.1. Оценка потока Выгод**

В процессе составления инвестиционного проекта следует провести детальный анализ выгод, которые принесет проект. К таким выгодам относятся, помимо коммерческих, также экологические и социально-экономические.

Экологические эффекты включают влияние, положительное или отрицательное, на качество воды и водообеспеченность территории, риски пожаров, эрозии, качество воздуха, биоразнообразие и плодородие почв. Экологическая оценка проекта может сочетаться с проведением стандартных процедур ОВОС хозяйственной деятельности по проекту.

Социально-экономические эффекты выражаются во влиянии на занятость населения, производство сельскохозяйственной продукции, рекреационные свойства территории, сбор древесных и недревесных продуктов леса.

Общие выгоды от реализации углеродных проектов (ВО) исчисляются как сумма прямых и сопутствующих выгод по следующей формуле:

$$ВО = ВД + ВЗД + ВПЛ + ВУ + ВП \quad (21)$$

где

ВД – выгоды от годового депонирования углекислого газа,

ВЗД – выгоды от увеличения запаса древесины за год;

ВПЛ – выгоды от годового побочного лесопользования (дары леса, охота, рыбалка),

ВУ – выгоды от среднегодового повышения урожайности,

ВП – прочие выгоды (в том числе: ВПЭ – выгоды от предотвращения эрозии почв и др.)

Выгоды от годового депонирования углекислого газа рассчитываются по формуле:

$$ВД = P_d * 3,66 * (S_1 * k_1(f, kr, kz) + \dots + S_i * k_i(f, kr, kz) + \dots + S_n * k_n(f, kr, kz)) \quad (22)$$

где

$P_d$  – цена депонированной тонны углекислого газа (руб./т CO<sub>2</sub>);

3,66 – коэффициент перевода объема депонированного углерода в объем депонированного углекислого газа или отношение массы молекулы углекислого газа к атому гулерода 44/12;

$S_i$  – площадь лесов, занимаемой  $i$ -й монокультурой (березой, елью и др.), высаживаемой в рамках проекта (га),

$k_i(f, kr, kz)$  – коэффициент годового депонирования углерода (т С/(га\*год)), зависящий от следующих параметров (см. Приложение 2):

- тип фонда  $f$  (OF – общий фонд лесовосстановления, IL – фонд искусственного лесовосстановления, SH – фонд деградированных земель сельскохозяйственного назначения, ZL – фонд защитного лесоразведения, RK – фонд рекультивации);

- кода района  $kr$  (1 – Европейская часть и Урал, 2 – Западная Сибирь, 3 – Восточная Сибирь, 4 – Дальний Восток);

- кода зоны  $kz$  (1 – Северная широтная полоса, 2 – Средняя широтная полоса, 3 – Южная широтная полоса).

В случае принадлежности высаживаемых лесов к нескольким типам фондов, районам и зонам величина выгод от годового депонирования углерода производится отдельно для каждого из них с последующим суммированием результатов.

Выгоды от увеличения запасы древесины за год определяются по следующей формуле:

$$ВЗД = P_{пл} * S * k_3 \quad (23)$$

где

$P_{пл}$  – денежная оценка годового прироста запаса древесины (руб./кбм.);

$S$  – площадь лесов, высаживаемых в рамках проекта (га);

$k_3$  – коэффициент, зависящий от типа и возраста культуры (кбм/(га\*год)).

В случае наличия нескольких продуктов побочного лесопользования оценка величины ВПЛ проводится отдельно для каждого вида побочного лесопользования с последующим суммированием результатов.

Выгоды от годового побочного лесопользования (дары леса, охота, рыбалка) определяются по следующей формуле:

$$ВПЛ = P_{пл} * S * N_{пл} \quad (24)$$

где

$P_{пл}$  – денежная оценка продуктов побочного лесопользования (руб./ед.);

$S$  – площадь лесов, высаживаемых в рамках проекта (га);

$N_{пл}$  – количество получаемой за год продукции побочного лесопользования (ед/год).

В случае наличия нескольких продуктов побочного лесопользования оценка величины ВПЛ проводится отдельно для каждого вида побочного лесопользования с последующим суммированием результатов. К ним могут относиться: ВУ - выгоды от среднегодового повышения урожайности. Урожайность к десятому году после высаживания лесополос увеличивается на 19,6 – 31,2 %<sup>84</sup>. ВП – прочие выгоды (ВПЭ – выгоды от предотвращения эрозии почв и др.) ВБРЗ – выгоды от повышения биологического разнообразия и др.

$$ВП = ВУ + ВПЭ + ВБРЗ + \dots \quad (25)$$

где

ВУ - выгоды от среднегодового повышения урожайности

ВПЭ - выгоды от предотвращения эрозии почв и др

<sup>84</sup> Котлярова О.Г. Котлярова Е.Г. Лесомелиорация в ландшафтных системах земледелия/ Агрлесомелиорация: проблемы, пути их решения, перспективы. - Волгоград, ВНИАЛМИ, 2001. - С. 118-120. (См. таблица – Динамика урожайности зерновых культур в восточных районах Белгородской области за 1981-2000 гг).

ВБРЗ - выгоды от повышения биологического разнообразия, а так же в этой формуле учитываются и другие выгоды.

### 3.7.2. Оценка потока затрат (издержек)

Общие затраты (издержки) на выращивание лесных насаждений вычисляются по следующей формуле:

$$ZO = (3C + 3P + 3П + 3O) * S \quad (26)$$

где:

3С – затраты на создание насаждений;

3Р – затраты рубки ухода в молодняках; 3) прореживание молодняков и средневозрастных насаждений; 4) меры по охране от пожаров.

S – площадь лесов, высаживаемых в рамках проекта (га);

Для оценки затрат используются данные Отчета о выполнении производственного плана по лесному хозяйству за 2005 г.<sup>85</sup>

### 3.7.3. Определение инвестиционных показателей проекта и выбор наилучшего проекта

Для выбора наилучшего с точки зрения экономической эффективности проекта необходимо рассчитать следующие показатели:

1. Показатель чистого приведенного дохода NPV, определяемый по формуле

$$NPV = \frac{BO_1 - 3O_1}{(1+i)} + \dots + \frac{BO_t - 3O_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{BO_T - 3O_T}{(1+i)^T} \quad (27)$$

где

NPV – обозначает приведенный к настоящему моменту времени поток чистых доходов (выгод). Будущие выгоды учитываются с меньшим весом, нежели выгоды текущие. Определяется в электронных таблицах Excel при помощи функции ЧПС (ставка дисконтирования; массив значений чистых выгод).

i – ставка рефинансирования Центрального Банка РФ,

T – период действия проекта (максимальный срок, по истечению которого потоки выгоды и затрат от проекта становятся нулевыми). Чем выше значение этого показателя, тем лучше проект.

---

<sup>85</sup> Отчет о выполнении производственного плана по лесному хозяйству за 2005 г (форма 10-ЛХ). ФГУП «Рослесинфорг».

2. Внутренняя норма доходности IRR (  $j$  ), определяемая из уравнения

$$\frac{BO_1 - 3O_1}{(1+j)} + \dots + \frac{BO_t - 3O_t}{(1+j)^t} + \dots + \frac{BO_T - 3O_T}{(1+j)^T} = 0 \quad (28)$$

IRR – это такая ставка процента, при которой выгоды полностью компенсируют затраты проекта. Чем выше значение этого показателя, тем лучше проект. Определяется в электронных таблицах Excel при помощи функции ВСД. (массив значений чистых выгод)

3. Период окупаемости проекта ( $T_{OK}$ ), определяемый из уравнения

$$\frac{BO_1}{(1+i)} + \dots + \frac{BO_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{BO_{T_{OK}}}{(1+i)^{T_{OK}}} = \frac{3O_1}{(1+i)} + \dots + \frac{3O_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{3O_{T_1}}{(1+i)^{T_1}} \quad (29)$$

где  $T_1$  – период, в течение которого осуществляются инвестиции по проекту. Чем ниже значение  $T_{OK}$ , тем быстрее окупается проект. (Определяется тем годом, в котором NPV становится больше «0»)

4. Индекс доходности/прибыльности (соотношение затрат и выгод) PI

$$PI = \left( \frac{BO_1}{(1+i)} + \dots + \frac{BO_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{BO_T}{(1+i)^T} \right) / \left( \frac{3O_1}{(1+i)} + \dots + \frac{3O_t}{(1+i)^t} + \dots + \frac{3O_T}{(1+i)^T} \right) \quad (30)$$

Чем выше значение этого показателя, тем лучше проект. PI - определяется как соотношение приведенных к настоящему моменту времени выгод и затрат. Определяется в электронных таблицах Excel при помощи функции ЧПС (Ставка дисконтирования; массив значений выгод)/ ЧПС (Ставка дисконтирования; массив значений затрат).

Если все рассчитанные показатели для альтернативных проектов одновременно не дают однозначного ответа на вопрос «Какой проект лучше?», то следует в качестве наилучшего проекта выбирать тот, который обладает максимальным количеством показателей для лучшего проекта.

## Пример проекта 1

Таблица 16.

<b>Исходные данные:</b>	
Площадь	50 га
Высаживаемые культуры	защитное лесовосстановление (тополь)
Место осуществления проекта	Воронежская область
Период осуществления проекта	85 лет

Таблица 17.

<b>Затраты (используемые отмечены наклонным шрифтом)</b>	
Мероприятия	Нормативы затрат (всего, руб.), 2005
<i>Заготовка семян, кг:</i>	
сосна обыкновенная	4245
береза повислая	87
дуб черешчатый	14
<i>Выращивание посадочного материала, тыс. шт</i>	226
<i>Создание лесных культур, га</i>	10351
<i>Содействие естественному возобновлению леса, га</i>	666
<i>Отвод лесосек под рубки ухода за молодняками, га</i>	173
<i>Рубки ухода за молодняками, га</i>	2833
Прореживание, м <sup>3</sup>	313
Выборочные санитарные рубки, м <sup>3</sup>	229

Таблица 18.

<b>Выгоды</b>	
Стоимость 1 тCO <sub>2</sub>	8 Евро
<b>Ставка дисконтирования</b>	10%

Таблица 19.  
**Результаты:**

Экономические показатели для трех вариантов проекта лесоразведения

Тип породы	NPV, Евро	IRR, %	Ток, лет	и
Защитное лесовосстановление (тополь)	9536	17	11	1.47
Береза	7196	15	12	1.35
Хвойные	3575	12	23	1.17

1.Лесопосадки осуществляются на территории Воронежской области и составляют 50 га

2.Продолжительность проекта составляет 85 лет.

3.Рассматриваются три варианта посадок следующих культур: 1) культур, используемых в защитном лесоразведении (например, тополя); 2) березы; 3) хвойных пород.

4.Лесопосадки осуществляются следующим образом (в расчете на 1 га лесопосадок):

- закупаются семена той или иной культуры по соответствующей цене (руб./кг) в количестве (кг), вычисляемом как произведение веса 1 семени (0,17 г), количества высаживаемых семян в одну лунку (25 шт.) и количества лунок (4 тыс./га);

- производится выращивание посадочного материала с затратами, оцениваемыми как произведение количества лунок (4 тыс./га) на 226 руб./1 лунку.

- осуществляется создание лесных культур, затраты на которое составляют 10351 руб./га;

- в рамках содействия естественному возобновлению леса осуществляется подготовка почвы, затраты на которое составляют 666 руб./га;

- на 8 и 17 году осуществления проекта проводятся рубки ухода за молодняками, затраты на которые составляют 3006 руб./га;

5. По имеющейся информации из п. 4 и п. 1 рассчитывается поток затрат за все 85 лет.

6. Выгоды от депонирования CO<sub>2</sub> рассчитываются по таблицам конверсионных коэффициентов (см. Главу 2.) путем умножения ежегодного объема депонированного CO<sub>2</sub> на «рыночную» денежную оценку 1 т CO<sub>2</sub>, составляющей 8 евро/тCO<sub>2</sub>.

7. Рассчитывается поток чистых выгод как разница между потоком выгод от депонирования CO<sub>2</sub> и потоком затрат на лесоразведение.

8. Оцениваются экономические показатели проекта с использованием ставки дисконтирования  $i$ , равной 10%.

9. Согласно методическим рекомендациям выбирается наилучший проект.

10. Проводится оформление, регистрация и осуществление проекта.

Примечание: В прилагаемых к отчету электронных таблицах Excel приводятся все необходимые формулы и показатели, которые позволяют учитывать произвольный набор затрат и выгод (включая сопутствующие выгоды), а также изменения, связанные с возможными форс-мажорными обстоятельствами (пожарами и др.), учитываемыми в качестве возможных рисков при осуществлении проекта.

## Пример проекта 2

Для проекта совместного осуществления необходим зарубежный партнер к которым могут относиться:

- Предприятия, заинтересованные в снижении выбросов парниковых газов, а также в покупке «углеродных» квот, зарегистрированные не в Российской Федерации.

- Углеродные фонды.

- Фонды защиты окружающей среды.

- Зарубежные банки.

- Оффшорные компании.

- Иностранное предприятие, заботящееся о своем экологическом имидже.

### *Партнерские отношения*

В проекте участвуют:

**Инвестор**, кредитую высадку леса, получает в обмен право на возможность распоряжения дополнительно возникающими «углеродными квотами», т.е. права на дополнительные выбросы парниковых газов. Это право он получает после сертификации лесов, их верификации, занесения в кадастры и на основании этого получения финансовых документов – ценных бумаг.

**Собственник или арендатор земли, желающий на земле вырастить леса по проектам совместного осуществления** предоставляя территорию под создание лесов, получает как прямые так и косвенные выгоды. Прямые выгоды - в зависимости от договоренности с инвестором может получать часть углеродной выгоды. Косвенные - повышение урожайности от посадки лесополос на своих участках, обеспечение условий аренды земли и выполнение законодательства - забота о плодородии почв.

**Лесные хозяйства (Лесхозы)** осуществляют на договорных началах посадку лесополос и необходимый уход за деревьями в течение определенного времени в зависимости от договорных условий с инвестором, которые в свою очередь зависят от естественных условий географической зоны, древесной породы и т.д..

**Предприятие посредник (Агентство)** выступает в роли агентства, осуществляя связь между зарубежным инвестором Российскими владельцами или арендаторами земли и лесхозами, которые будут осуществлять лесовосстановление и лесоразведение и дальнейший уход за лесом. Это предприятие может рекомендовать породный состав исходя из условий наиболее эффективного поглощения углекислого газа древесиной. Кроме того, предприятие/агентство должно будет вести собственный учет лесовосстановленных и лесоразведенных территорий, рассчитывая необходимые объемы поглощения количества углекислого газа, рекомендовать инвестору объемы посадок. Заключение договоров с сертифицирующей организацией, верифицирующей организацией, занесение данных о лесовосстановленных и лесоразведенных площадях в Российский и международный кадастр. Оформление ценные бумаги, подтверждающие дополнительные сокращения парниковых газов инвестором. Отслеживает рост и падение стоимости ценных бумаг на «углеродном рынке». Ведет мониторинг высаженных лесополос. Помогает инвестору в проведении рекламных акций, направленных на повышение его экологического имиджа.

#### ***Способ возврата кредита***

Кредиты будут погашаться документарными или бездокументарными ценными бумагами, позволяющими снижать издержки при финансировании права на выбросы парниковых газов в процессе промышленного производства.

Погашение кредитов планируется по мере депонирования углерода лесовосстановленными территориями и территориями на которых прошли проекты лесоразведения, т.е. эмиссии соответствующих ценных бумаг на рынок.

#### ***Анализ затрат/выгод***

В ходе реализации проекта предполагаются следующие выгоды:

- лесополосы поглощают парниковый газ (CO<sub>2</sub>) из атмосферы;
- устойчивое ведение сельского хозяйства;
- повышение плодородия почв;
- повышение урожайности;
- защита почв от водной и ветровой эрозии.

В ходе реализации проекта предполагаются следующие затраты:

- капитальные затраты (на высадку лесополос);
- текущие затраты (на поддержание лесополос в

жизнеспособном состоянии, мониторинг системы).

Расчет капитальных затрат произведен на основе затрат по высадке 50 га лесополос в СХПК «Дружба» Лискинского района Воронежской области<sup>86</sup>, осуществленной при поддержке Института устойчивых сообществ в рамках проекта «Распространение эколого-ландшафтного земледелия в сельскохозяйственных предприятиях». Затраты на высадку приведены в таблице 5. Расчет затрат на один га выбран не случайно. Инвестор может выбрать объем парникового газа, который он желает сократить в течение определенного времени. Предприятие (Агентство) в зависимости от потребностей инвестора рассчитывает площадь, которая потребуется для депонирования необходимого объема диоксида углерода за определенный промежуток времени, и затраты.

Текущие затраты на поддержание лесополос в жизнеспособном состоянии и мониторинг системы в расчете на один га в год составляет 3 долл. США/год. На каждый 8-ой и 17-ый годы необходимы затраты на осуществление ухода за лесонасаждениями (расчистка/посадка) в размере 50\$.

В инвестиционном проекте показаны затраты на посадку 1га лесополос (таблица 2.12.). Инвестор (промышленное предприятие), в зависимости от собственных выбросов углекислого газа в атмосферу, определяет свою потребность в приобретении необходимых квоты на выброс парникового газа. Рассчитать достаточно точно необходимые затраты на компенсацию выброса посадкой лесополос ему поможет Центр экологической политики России, адаптируя проект под конкретные условия заказчика. Данная проект поможет сделать расчет в первом приближении. Для этого надо необходимый для сокращения предприятию объем выброса парникового газа разделить на количество поглощенного (депонированного) углекислого газа лесополосой. В качестве примера расчета приведена таблица 1 приложения, в которой даны значения запасов углерода, приведенные в т/га для одной из типичных для Воронежской области пород деревьев.

---

<sup>86</sup> А.В. Стеценко, В.Н. Сидоренко, Н.В. Лужецкая, В.В. Шатайлов, А.В. Кулевский. Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях: Инвестиционный проект. – М.: Центр экологической политики России, 2002. - 32с.

Один га лесной полосы в год поглощает около одной тонны углерода. Количество депонированного углекислого газа определяется умножением объема углерода на 3,66 (молярный вес молекулы диоксида углерода CO<sub>2</sub> по сравнению с атомом углерода C. Таким образом 1 га лесополосы поглощает около 4 т CO<sub>2</sub>. Во многом количество поглощенного (депонированного) углекислого газа CO<sub>2</sub> зависит от породы дерева и возраста, географических и климатических условий, в которых оно растет. Методика депонирования углекислого газа лесами была разработана Международным институтом леса и впервые опубликована Центром экологической политики России в 1995 году<sup>87</sup>.

Общие затраты на высадку и уход одного га лесополосы составляют 282 долл. США. Затраты по уходу за лесонасаждениями на 8-ой и 17-ый годы дисконтированы и приведены к затратам на начало проекта и включены в общие затраты. Затраты по высадке в первый год после начала финансирования включают стоимость посадочного материала, подготовку почвы, амортизацию оборудования, зарплату рабочим (см. табл. 20.).

Таблица 20.

Расчет расходов на создание 1га защитных лесонасаждений на землях сельхозпредприятий Лискинского района Воронежской области\*.

<b>Виды расходов</b>	<b>Сумма руб.</b>	<b>Стоимость в \$</b>
Транспортные расходы ГСМ	350	11
Посадочный материал	3450	109
Оплата труда	2880	91
Подготовка почвы к высадке	250	8
Уход за лесонасаждениями	2000	63
<b>всего стоимость 1 га</b>	<b>8930</b>	<b>282</b>

\* Расчет сделан на основании нормативно-технологических карт Воронежской НИЛТ (нормировочной исследовательской лаборатории по труду).

Приведенные ниже оценки основных показателей инвестиционного проекта (сценарии 1- 5) рассчитаны в долл. США, исходя из площади 1 га. Для получения основных показателей проекта с учетом конкретной площади высадки лесополос необходимо умножить приведенные погектарные оценки на площадь земельных участков. В зависимости от цены, которая будет к 2008 году, проект имеет различный срок окупаемости, что показано в таблицах 2.6-2.10. и

<sup>87</sup> Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.

рассмотрено в пяти сценариях. С момента окупаемости, рассчитанного для каждого из пяти сценариев в таблицах 6-10, лесополосы будут приносить чистую «углеродную» прибыль. Минимальная цена 1т депонированного углекислого газа (CO<sub>2</sub>) при ставке дисконтирования 10% составляет 7 долл. США.

Таблица 21. Сценарий 1.

**P<sub>co2</sub> = 5\$ США/тCO<sub>2</sub>**

i Банковский процент	2 %	5 %	8%	10 %
NPV чистый приведенный доход	102	12		
Период окупаемости (лет)	17	21	32	*
IRR Внутренняя норма доходности	6 %	6 %		
PI Индекс прибыльности	0,31	0,039		

\* нерентабелен

Таблица 22. Сценарий 2.

**P<sub>co2</sub> = 10\$ США/тCO<sub>2</sub>**

i Банковский процент	2 %	5 %	8%	10 %
NPV чистый приведенный доход	569	347	205	138
Период окупаемости (лет)	8	10	11	11
IRR Внутренняя норма доходности	17 %	17 %	17%	17 %
PI Индекс прибыльности	1,74	1,14	0,71	0,49

Таблица 23. Сценарий 3.

**P<sub>co2</sub> = 15\$ США/тCO<sub>2</sub>**

i Банковский процент	2 %	5 %	8%	10 %
NPV чистый приведенный доход	1036	682	454	347
Период окупаемости (лет)	5	6	6	6
IRR Внутренняя норма доходности	27 %	27 %	27%	27 %
PI Индекс прибыльности	3,16	2,24	1,57	1,23

Таблица 24. Сценарий 4.

**P<sub>co2</sub> = 20\$ США/тCO<sub>2</sub>**

i Банковский процент	2 %	5 %	8%	10 %
NPV чистый приведенный доход	1503	1018	704	556
Период окупаемости (лет)	4	5	5	5
IRR Внутренняя норма доходности	36%	36%	36%	36%
PI Индекс прибыльности	4,59	3,35	2,44	1,98

Таблица 25. Сценарий 5.

**P<sub>co2</sub> = 50\$ США/тCO<sub>2</sub>**

i Банковский процент	2 %	5 %	8%	10 %
NPV чистый приведенный доход	4305	3030	2201	1807
Период окупаемости (лет)	3	3	3	3
IRR Внутренняя норма доходности	31%	31%	31%	31%
PI Индекс прибыльности	13,14	9,96	7,63	6,43

### 3.7.4. Сопутствующие выгоды от высаживания «Киотских» лесов, поглощающих парниковые газы.

#### Выгоды сельхозпроизводителя.

Разрабатывая проект, авторы рассчитали<sup>88</sup> сопутствующие выгоды, связанные с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур. В основе расчетов - данные Госкомстата за 1999 год по Воронежской области. Производство продукции растениеводства в расчете на 1 га посевных площадей составило 155\$/га. За счет высаживания лесополос (по данным О.Г. Котляровой)<sup>89</sup> урожайность к десятому году после высаживания лесополос увеличивается на 19,6 – 31,2 %. Для расчета минимальных сопутствующих выгод сделаны некоторые допущения. Лесная полоса шириной 15 м, обрамляет поле размером 400 м на 1000 м. Лесополоса оказывает положительное влияние не только на территорию 40 га, входящую в квадрат, но и на прилегающую местность. Суммарная территория, на которую лесополоса оказывает положительное воздействие, составляет 120 га при площади лесополосы в 4 га. Предполагалось, что увеличение урожайности происходит линейно в течение 10 лет, а далее остается стабильным. Оценка составила как минимум 30 \$/га прибавки по зерновым культурам по рыночным ценам на сельскохозяйственную продукцию в год. Суммарные дисконтированные дополнительные выгоды в расчете на 1 га приведены в таблице 2.18. Повышение урожайности в сельскохозяйственных предприятиях, в которых внедрено эколого-ландшафтное земледелие; согласно расчетам, дополнительный доход СХПК «Дружба» Лискинского района за первые 6 лет использования эколого-ландшафтной системы земледелия составит 557 млн. р. (в ценах 1991 года). Таким образом, затраты на создание системы окупятся на 7-ой год после посадки лесополос.

Таблица 26.

Суммарные дисконтированные дополнительные выгоды

i - Банковский процент(ставка дисконтирования в %)	2 %	5 %	8 %	10 %
Дисконтированные суммарные дополнительные выгоды от увеличения урожайности (в тыс. \$/га)	11,1	7,7	5,6	4,5
Период окупаемости проекта за счет повышения урожайности (лет), без учета CO <sub>2</sub>	3	3	4	4

<sup>88</sup> Стеценко А.В. Возможности предотвращения негативных изменений в сельском хозяйстве с использованием экономических механизмов, заложенных в Киотском протоколе. – М.: Издательство «МАКС Пресс», 2005.- С.32.

<sup>89</sup> Котлярова О.Г. Котлярова Е.Г. Лесомелиорация в ландшафтных системах земледелия/ Агрлесомелиорация: проблемы, пути их решения, перспективы. - Волгоград, ВНИАЛМИ, 2001

## **Экономические**

Основными экономическими результатами проекта являются:

- Повышение плодородия и урожайности в (СХПК).
- Повышение экономической эффективности сельского хозяйства.
- Повышение стоимости земель сельскохозяйственных предприятий (СХПК).
- Снижение издержек инвестора (инвесторов) на природоохранные мероприятия за счет приобретения «углеродных квот».
- Повышение стоимости продукции инвестора за счет повышения его экологического имиджа (экологическая репутация).

## **Экологические**

Экологические выгоды от внедрения проекта:

- Снижение водной и ветровой эрозии почв.
- Уменьшение интенсивности засухи за счет создания благоприятного микроклимата для сельскохозяйственных культур.
- Создание путей миграции животных и птиц в условиях агроландшафта.
- Связывание парникового газа (CO<sub>2</sub>) из атмосферы.

## **Социальные**

Социальные выгоды от внедрения проекта:

- Повышение статуса инвестора в глазах общественности.
- Повышение социально-политического статуса администрации области, в которой реализуется данный инвестиционный проект.
- Создание рекреационных зон, способствующих улучшению здоровья местного населения.
- Изменение отношения населения к сохранению окружающей среды.

## **Правовые**

Институциональные выгоды от внедрения проекта:

- Создание прецедентов по распространению положительного опыта распространения эколого-ландшафтной системы земледелия в сельскохозяйственных предприятиях.
- Улучшение управления земельным фондом в регионах.
- Создание эколого-правового механизма защиты почв в соответствии с действующим федеральным и региональным законодательством.

### 3.7.5. Регистрация и осуществления проектов

Для реализации экономического механизма привлечения инвестиций на лесоразведение и лесовосстановление необходима описанная методика расчета поглощения углекислого газа «Киотскими» лесами. Суть самого экономического механизма заключается в том, что промышленные предприятия, углеродные фонды или другие инвесторы, заинтересованные в воплощении углекислого газа «Киотскими» лесами финансируют проекты по лесовосстановлению и/или по лесоразведению с целью дальнейшего получения «углеродных» выгод, от связывания углекислого газа лесами (см. Рис. 3.4.).

Экономический механизм создания «Киотских» лесов

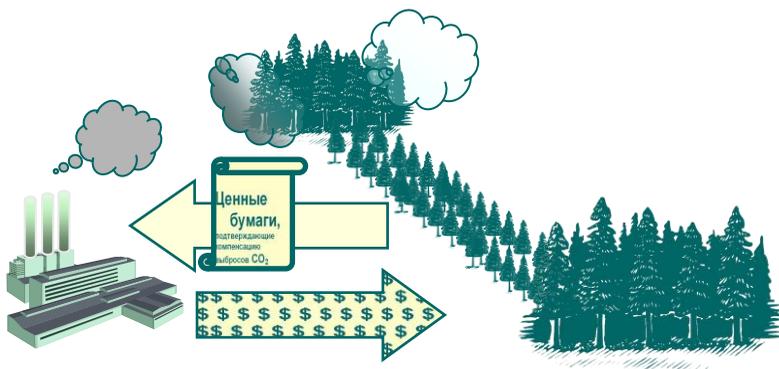


Рисунок 3.4.

На основе этой методики будет осуществление сертификации этих лесов. На основе сертификации и мониторинга «Киотских» лесов будет осуществляться верификация данных по запасам и приросту углерода. В настоящее время в России нет уполномоченной организации, которая могла бы осуществлять независимую проверку - верификацию. Верифицированные данные должны быть занесены в национальный реестр углеродных единиц, который создается Министерством природных ресурсов Российской Федерации. Для компенсации инвестору вложенных средств единицами поглощенных парниковых газов данные из национального реестра должны быть переданы в секретариат РКИК ООН (международный реестр или международный журнал регистрации операций) и после фиксации в нем будут переведены инвестору. Далее на основании фактических данных находящихся в международном реестре будет осуществляться эмиссия ценных бумаг, которые могут обращаться на финансовых рынках. Данный экономический механизм не отлажен и требует глубокой проработки всех элементов. Его реализация будет способствовать привлечению дополнительных средств на проекты по лесоразведению и лесовосстановлению. В выполняемой работе будет разработан экономический механизм привлечения инвестиций для создания «Киотских» лесов.

Экономический эффект от использования планируемых разработок при реализации проектов по лесовосстановлению и лесоразведению будет зависеть от ряда факторов, в первую очередь, от цены тонны углерода и масштабов осуществления проектов. По существующим оценкам, около 20% стоимости проектов по усилению поглощения углерода лесами составляют затраты на организацию мониторинга и верификации изменений запасов углерода.

Создание унифицированных и нормативно закреплённых методик, признаваемых национальным реестром сокращений выбросов парниковых газов, позволит существенно уменьшить затраты на научное сопровождение проектов. Если принять, что уровень экономии за счёт внедрения результатов НИОКР составит 50% от затрат на научное обеспечение, а цена тонны поглощённого углерода будет около 10 долл. США (что близко к минимальной оценке), то в расчёте на тонну поглощённого в результате проекта углерода экономия может составить около 1 долл. США.

### **3.8. Анализ рисков**

Участники проекта разделяют риски, связанные с их совместной деятельностью по проекту. В случае наступления форс-мажора планируемый объём ЕСВ может не быть получен, тогда договорённости по покупке ЕСВ могут быть расторгнуты. Поэтому часть управления рисками возлагается на собственно инвестиционный проект.

На проектной стадии может быть определена степень риска пожаров, ураганных ветров, негативного антропогенного воздействия на посаженные леса, возникновения негативных эффектов за счёт выбора и анализ местоположения проекта. Также возможно сократить степень и количество рисков ещё на проектной стадии, активно привлекая внешних консультантов, общественность и местные власти к разработке инвестиционного проекта.

Естественные риски должны быть учтены при организации процесса высадки и ухода, а также в управлении высадкой и уходом. Возможно, следует рассмотреть вариант страхования таких рисков.

### **3.9. Институциональное и рыночное окружение**

**Законодательство.** Российская Федерация ратифицировала протокол федеральным законом №128-ФЗ от 4 ноября 2004 г. «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата».

Федеральный Закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» формулирует общие экологические требования, которые должны соблюдаться в сельском хозяйстве. Статья 8 Федерального закона от 16 июля 1998 г. N 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» содержит норму, обязывающую лиц, использующих земельные участки, осуществлять производство сельскохозяйственной продукции

способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключаящими или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую природную среду.

Некоторую конкретизацию эти требования получили в Земельном кодексе Российской Федерации от 28 сентября 2001 г. (ЗК РФ). Постановлением Правительства РФ от 8 ноября 2001 г. N 380 утверждена Государственная комплексная программа повышения плодородия почв России. Федеральная целевая программа «Развитие земельной реформы в Российской Федерации на 1999-2002 годы» предусматривает разработку схемы защиты земель от деградации и других негативных явлений, консервации деградированных земель, их восстановления и положения о порядке перевода малопродуктивных угодий в другие виды земель.

В Воронежской области действует ряд нормативно-правовых актов, регулирующих отношения по организации и функционированию эколого-ландшафтной системы земледелия. В частности:

- Закон Воронежской области от 25 мая 1995 г. «О регулировании земельных отношений в Воронежской области»;

- Закон Воронежской области от 27 ноября 1997 г. «О землеустройстве»;

- Закон Воронежской области от 27 ноября 1997 г. «О государственном земельном кадастре в Воронежской области»;

- Постановление администрации Воронежской области «О внедрении природоохранных (эколого-ландшафтных) систем земледелия в области»;

- Постановление областной Думы от 2 октября 1997 г. № 151-П-ОД «О положении о ведении лесного хозяйства в защитных лесных насаждениях на землях сельскохозяйственного назначения в Воронежской области».

**Рыночное окружение проекта.** В Системе (далее ЕСТК) устанавливаются пределы на выбросы парниковых газов для компаний энергоемких отраслей. Компании, сократившие выбросы ниже установленного для них предела, могут продавать неиспользованные квоты другим компаниям или сохранить их на будущее. В период действия ЕСТК с середины 2003 г. до начала 2005 г. средний уровень цен колебался в диапазоне 6-13 Евро за 1 т CO<sub>2</sub> (то есть 22-48 Евро за 1 т C)<sup>90</sup>, затем был отмечен рост котировок до 20-25 Евро за 1 т CO<sub>2</sub> (73-91 Евро за 1 т C)<sup>91</sup>.

Оценка уровня цен на выбросы ПГ можно получить также при

---

<sup>90</sup> Национальный доклад Российской Федерации об установленном количестве выбросов. МПР России, -М.: 2007, -40 с

<sup>91</sup> Climate change, 1994. Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 1995, -339 p

рассмотрении итогов реализации проектов по сокращению выбросов. Сравнительный анализ<sup>92</sup> ПСО по сокращению выбросов в энергетике и коммунальном хозяйстве, проводившихся в Российской Федерации, показал, что стоимость сокращения выбросов составляла в среднем 15 долл. за 1 т CO<sub>2</sub> (4 долл. за 1 т C) при диапазоне варьирования от 3 до 45 долл. за 1 т CO<sub>2</sub>.

Современный уровень цен находится в диапазоне от 3 до 10 долл. США за 1 т C и имеет тенденцию к увеличению. Уровень цен на углерод, наблюдающейся на Чикагской климатической бирже, отражает ситуацию, когда проекты в области землепользования и лесного хозяйства участвуют в определении стоимости сокращения выбросов. Поэтому в наших оценках мы используем в качестве базового уровень 10 долл. США за 1 т C, что с использованием обменного курса 26.5 руб. за 1 долл. эквивалентно 265 руб. за 1 т C.

Данный пример иллюстрирует один из вариантов написания Концепции инвестиционного проекта. Состав Концепции ИП и самого ИП должен выполняться с учетом требований конкретного инвестора.

### **3.10. Особенности учета единиц абсорбции**

Учет эмиссии и поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве и землепользовании производится только от тех видов хозяйственной деятельности, которые начались с 1 января 1990 года (или позднее) и будут продолжаться до 31 декабря последнего года периода действия обязательств (для первого периода обязательств Киотского протокола это 31 декабря 2012 года). При этом в зачет выполнения национальных обязательств по ограничению или стабилизации антропогенных выбросов парниковых газов включаются только величины эмиссии и абсорбции, которые были зафиксированы в течение периода выполнения обязательств, то есть с 2008 по 2012 годы. Эти особенности необходимо учитывать при планировании и осуществлении проектной деятельности для получения единиц абсорбции парниковых газов в рамках Статьи 6 Киотского протокола.

Ввод в обращение ЕА в результате деятельности по облесению и лесовозобновлению (пункт 3 Статьи 3 Киотского протокола) и управлению лесным хозяйством (пункт 4 Статьи 3 Протокола) производится администратором Реестра после рассмотрения отчетных материалов по статье 8 Киотского протокола, учета корректировок по Статье 5 и урегулирования вопросов осуществления. Поскольку Российская Федерация приняла решение о ежегодном порядке учета эмиссии и поглощении парниковых газов в лесном хозяйстве для целей

---

<sup>92</sup> Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолотчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.

выполнения обязательств по Киотскому протоколу<sup>93</sup>. Соответственно единицы абсорбции будут вводиться в обращение также ежегодно. Администратор Реестра производит операцию ввода в обращение ЕА по распоряжению Правительства РФ или уполномоченного им органа. При этом, ЕА не могут переноситься на последующий период действия обязательств.

В процессе операции каждой единице присваивается собственный серийный номер, включающий следующие основные элементы:

- период действия обязательств, для которого была введена в обращение ЕА;
- двухбуквенный код Российской Федерации, означающий страну происхождения единицы;
- элемент, определяющий единицу как ЕА;
- вид деятельности, для которого была введена в обращение ЕА;
- собственный номер ЕА для указанного периода действия обязательств.

Получаемые в результате проектной деятельности ЕА преобразовываются в ЕСВ, которые затем вводятся в обращение в Реестре. Преобразование осуществляется путем добавления к серийному номеру единицы идентификатора проекта и изменения идентификатора типа в серийном номере, чтобы он определял данную единицу уже как ЕСВ. Другие элементы серийного номера ЕА остаются неизменными. Идентификатор проекта указывает на конкретный проект по Статье 6 Киотского протокола, для которого были введены в обращение ЕСВ, с использованием собственного номера проекта страны происхождения, включая подтверждение сертификации или проверки Комитетом по надзору за соблюдением статьи 6 соответствующих сокращений антропогенных выбросов из источников или увеличения антропогенной абсорбции поглотителями.<sup>94</sup>

### **3.11. Написание инвестиционного проекта**

Заключительной стадией написания инвестиционного проекта является составление стандартного документа, где обобщается вся информация, собранная в период проектных исследований. Этот

---

<sup>93</sup> Land Use, Land Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. R. Watson, I. Noble, B. Bolin, N. Ravindranath, D. Verardo, and D. Dokken (Eds.). Cambridge University Press, 2000, -377 p.

<sup>94</sup> Условия учета установленных количеств согласно пункту статьи 7 Киотского протокола. Решение 13/CMP.1. Доклад Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Киотского протокола, о работе ее первой сессии, состоявшейся в Монреале с 28 ноября по 10 декабря 2005 года. Часть вторая: Меры, принятые Конференцией Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Киотского протокола, на ее первой сессии. FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.2

документ направляется на утверждение инвестору, на его основании производится регистрация, верификация и сертификация проекта.

Примерный состав инвестиционного проекта:

А. Общее описание инвестиционного проекта.

Б. Описание базовой линии проекта.

В. Описание методологии мониторинга и план мониторинга.

Г. Оценка чистого стока ПГ и объема эмиссии ЕСВ.

Д. Экологические эффекты проекта.

Е. Социально-экономические эффекты проекта.

Описание методических рекомендаций ИП составлялось с учетом международного опыта составления ИП<sup>95</sup>.

---

<sup>95</sup> Sijm J.P.M., Bakker S.J.A., Chen Y., Harmsen H.W., Lise W. CO<sub>2</sub> price dynamics: the implication of EU emissions trading for the price of electricity. Petten, Netherlands: Energy research Centre of the Netherlands, 2005. 120 p.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные выше особенности процедур зачета информации об антропогенной эмиссии и абсорбции парниковых газов по пунктам 3 и 4 Статьи 3 Киотского протокола, в частности, невозможность переноса единиц абсорбции, могут иметь решающее значение при принятии решения об организации и реализации совместных проектов по Статье 6 Протокола. Зачет величин абсорбции в результате облесения и лесовозобновления не имеет ограничений, но следует отметить, что согласно пункту 3 Статьи 3 Протокола необходимо представлять интегральную информацию о суммарной абсорбции парниковых газов от облесения и лесовозобновления за вычетом выбросов от обезлесения. В этом случае антропогенная деятельность в рамках пункта 3 Статьи 3 Протокола может привести к эмиссии парниковых газов, если эмиссия от обезлесения превышает абсорбцию от лесовозобновления и облесения или же сопровождается абсорбцией диоксида углерода, если размеры обезлесения незначительны. По существующим оценкам, с 1990 по 2010 гг. средняя величина ежегодной эмиссии CO<sub>2</sub> от конверсии лесных земель (обезлесение) составляет 2.0±0.3 Мт CO<sub>2</sub> год<sup>-1</sup>, а поглощение CO<sub>2</sub> при лесовозобновлении и облесении оценивается в 8.4±3.0 Мт CO<sub>2</sub> га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup><sup>96</sup>. Таким образом, в течение периода выполнения обязательств ежегодная чистая абсорбция CO<sub>2</sub> по Статье 3 пункт 3 Киотского протокола может составить около 6 Мт CO<sub>2</sub> га<sup>-1</sup>. То есть, прямая антропогенная деятельность в области лесного хозяйства может представлять интерес с точки зрения организации проектов совместного осуществления. Однако приведенная выше величина 6 Мт CO<sub>2</sub> га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> охватывает все лесонасаждения, созданные в рамках облесения с 1990 года, возраст которых в 2010 году составил 10 и более лет.

Поглощение же CO<sub>2</sub> лесонасаждениями, созданными в рамках проектной деятельности по Статье 6 в ближайшие годы, будет значительно более скромным, так как результатом таких проектов в 2008-2012 годах будут величины абсорбции двух- или трехлетними древостоях, которые в лесорастительных условиях нашей страны в лучшем случае составят 1.5-4.4 т CO<sub>2</sub> га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup><sup>97,98,99</sup>. В таком случае

---

<sup>96</sup> Land Use, Land Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. R. Watson, I. Noble, B. Bolin, N. Ravindranath, D. Verardo, and D. Dokken (Eds.). Cambridge University Press, 2000, -377 p.

<sup>97</sup> Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Исаев А.С., Замолодчиков Д.Г., Карабань Р.Т. О роли лесного сектора в смягчении изменения климата. Лесное хозяйство, 2006, 4, с. 11-13.

<sup>98</sup> Там же.

<sup>99</sup> Гитарский М.Л. Роль защитного лесоразведения в выполнении национальных

организация лесных проектов по облесению или лесовозобновлению в рамках прямой антропогенной деятельности по облесению и лесовозобновлению может оказаться экономически нецелесообразной из-за высокой себестоимости и малого объема единицы годовой абсорбции CO<sub>2</sub>, которые впоследствии могут быть конвертированы в единицы сокращения выбросов. То же самое можно сказать о проектах по сокращению размеров обезлесения, ввиду их существующих низких темпов. Исключения могут составлять многоцелевые инвестиционные проекты, в которых получение единиц абсорбции является не основной задачей, а сопутствующей выгодой. Примером таких проектов может быть полезационное лесоразведение, подробно описанное А.В. Стеценко с соавт. в предыдущих разделах и работе<sup>100</sup>. Подобные проекты представляют безусловный коммерческий интерес, и их следует рекомендовать для реализации с последующим включением полученных ЕА в Национальный реестр углеродных единиц.

Не менее интересны перспективы проектной деятельности в области управления лесным хозяйством. Согласно решению 16/СМР.1<sup>101</sup>, Российская Федерация может ежегодно включать в зачет выполнения своих обязательств величину абсорбции диоксида углерода, получаемую в результате управления лесным хозяйством в размере 33.0 Мт С год<sup>-1</sup> (121.0 Мт CO<sub>2</sub> С год<sup>-1</sup>). Соответственно общее количество ЕА, введенных в обращение в Реестр во исполнение пункта 4 статьи 3 Киотского протокола, не должно превышать 33.0 Мт С год<sup>-1</sup> (121.0 Мт CO<sub>2</sub> С год<sup>-1</sup>). Следует отметить, что согласно решению 16/СМР.1, в указанную величину входят и ЕА, полученные в результате совместных лесных проектов.

К мероприятиям по управлению лесным хозяйством относятся охрана и защита, использование, воспроизводство и повышение продуктивности лесов, традиционно выполняемые лесной службой и лесопользователями. Большинство из них имеет достоверно определяемую стоимостную оценку и ориентировано на достижение конкретных результатов, которые поддаются измерению в единицах абсорбции CO<sub>2</sub>. Дополнительным преимуществом является достаточная простота оценки условий без применения

---

обязательств России по Киотскому протоколу к климатической конвенции ООН. Использование и охрана природных ресурсов в России, 2006, 4, с. 72-76.

<sup>100</sup> Стеценко А.В., Сидоренко В.Н., Лужецкая Н.В., Шатайлов В.В., Кулевский А.В. Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях: Инвестиционный проект. М.: Центр экологической политики России, 2002. – 32 с.

<sup>101</sup> Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство. Решение 16/СМР.1. Доклад Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Киотского протокола, о работе ее первой сессии, состоявшейся в Монреале с 28 ноября по 10 декабря 2005 года. Часть третья: Меры, принятые Конференцией Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Киотского протокола, на ее первой сессии. FCCC/KP/СМР/2005/8/Add.3

рассматриваемых видов деятельности, равно как и результирующих величин сокращений эмиссии и увеличения абсорбции CO<sub>2</sub>, которые могут быть достигнуты благодаря реализации предлагаемых мер. Широкий перечень мероприятий по лесоуправлению позволяет выбрать виды деятельности, которые могут быть наиболее привлекательными как для принимающей стороны, так и для потенциальных инвесторов. Кроме того, осуществление проектов в области лесоуправления обеспечит получение значительных количеств единиц сокращения выбросов благодаря большой величине разрешенных к зачету единиц поглощения. Учитывая вышесказанное, проекты совместного осуществления по управлению лесным хозяйством целесообразно рекомендовать в качестве наиболее перспективного направления работ в рамках Статьи 6 Киотского протокола.

Отдельно хотелось бы отметить междисциплинарные интегрированные проекты, которые могут охватывать деятельность нескольких секторов. Примером таких проектов является получение биотоплива из отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности в качестве альтернативы ископаемым видам топлива. Представляется, что при относительно равных условиях осуществления и оценки результатов единицы сокращения выбросов от таких проектов можно переносить на следующий период выполнения обязательств, что является их бесспорным преимуществом.

Таким образом, при выборе совместной деятельности по Статье 6 Киотского протокола целесообразно ориентироваться в первую очередь на узкоспециализированные проекты по управлению лесным хозяйством, а также многоцелевые проекты, при которых получение единиц абсорбции парниковых газов будет рассматриваться в качестве дополнительного (сопутствующего) эффекта. Такие проекты можно рекомендовать для получения единиц абсорбции CO<sub>2</sub> и последующего включения в Реестр при условии полного соблюдения процедур организации, осуществления и верификации результатов в соответствии с требованиями решений РКИК ООН и правил регистрации проектов, установленных национальным реестром углеродных единиц Российской Федерации. В качестве дальнейших действий, можно рекомендовать организацию и осуществление ряда пилотных проектов в области лесного хозяйства с целью практической апробации требований правил и процедур, приведенных в перечисленных выше национальных и международных нормативных документах.

В данной работе проанализированы практические возможности использования в международной методологии для оценки поглощения углерода лесами Российской Федерации, российские разработки в этой области, методологии разработки проектов совместного осуществления в рамках Киотского протокола в части проектов по увеличению поглощения углерода лесами.

Анализ международной методологии (в частности, рекомендаций МГЭИК) показал, что в лесном хозяйстве России по-прежнему остается значимой проблема учета стоков углерода в лесных экосистемах. Вместе с тем, международные соглашения под эгидой Рамочной конвенции ООН об изменении климата позволяют на данном этапе ограничить сферы применения данной методологии и механизмов гибкости Киотского протокола и, по сути, определить одним из приоритетов стимулирование мер по лесовосстановлению и лесоразведению.

В этой связи крайне актуальной задачей данного исследования стало определение методологических подходов как к оценке поглощения углерода в лесном хозяйстве России, так и разработки формата представления проектов совместного осуществления, связанных с антропогенным поглощением углерода лесами, что подпадает под действие статьи 3.3 и статьи 6 Киотского протокола.

Кроме того, учитывая особую актуальность подготовки и реализации целевых проектов, направленных на увеличение поглощения углерода в рамках механизмов Киотского протокола (в том числе проектов совместного осуществления), были проанализированы перспективные направления увеличения стоков углерода в при лесовосстановлении и лесоразведении с учетом затрат и всего комплекса социально-экономических и экологических выгод от реализации подобных проектов.

Разработанная в данном исследовании методология оценки поглощения углерода лесами Российской Федерации, а также механизм разработки и представления инвестиционных проектов, направленных на увеличение абсорбции углерода лесными насаждениями из атмосферы, фактически представляют собой практический механизм для привлечения инвестиций в проекты и программы лесовосстановления и лесоразведения в рамках Киотского протокола.

Экономический эффект от использования планируемых разработок при реализации проектов по лесовосстановлению и лесоразведению будет зависеть от ряда факторов, в первую очередь, от цены тонны углерода и масштабов осуществления проектов. По существующим оценкам, около 20% стоимости проектов по усилению поглощения углерода лесами составляют затраты на организацию мониторинга и верификации изменений запасов углерода.

Создание унифицированных и нормативно закрепленных методик, признаваемых национальным реестром сокращений выбросов парниковых газов, позволит существенно уменьшить затраты на научное сопровождение проектов. Если принять, что уровень экономии за счет внедрения результатов исследования может составить 50% от затрат на научное обеспечение, а цена тонны поглощенного углерода будет около 10 долл. США (что близко к минимальной оценке), то в расчете на тонну поглощенного в результате проекта углерода экономия может составить около 1 долл. США. Отметим, что

суммарный углеродный потенциал лесовосстановления и лесоразведения в России составляет по предварительной оценке 20-30 млн. т С в год.

При использовании модели углеродного бюджета лесов на федеральном уровне экономический эффект будет определяться возможностью учитывать углеродные эффекты различных видов деятельности по управлению лесными ресурсами. В настоящее время еще не ясно, каким образом обязательства России по Киотскому протоколу будут реализовываться на национальном уровне. При использовании внутренних экономических механизмов, например, при распределении или перераспределении бюджетных средств от отраслей, повышающих эмиссии парниковых газов, к отраслям, увеличивающим поглощение этих газов, модель станет действенным способом стратегического планирования деятельности по лесопромышленному управлению, направленной на повышение запасов углерода в лесах.

Углеродный эффект, то есть уровень достигаемого дополнительного поглощения углерода, существенно варьирует в зависимости от природно-климатических условий региона, породно-возрастной структуры насаждений, уровня нарушающих и управляющих воздействий и других факторов. Оптимизация деятельности лесных служб и территориальных органов управления лесами с точки зрения бюджета углерода станет возможной лишь при условии практического внедрения изложенных разработок в данном исследовании.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bonnor G.M. Forest Biomass Inventory // Biomass. Regenerable Energy / Eds.: D.O. Hall, R.P. Overend. N.Y.: John Wiley and Sans, 1997. P. 47-73.
2. CCX Quarterly. V. I, Issue I, Summer 2004. Chicago, Chicago Climate Exchange, 2004. 4 p
3. Climate change, 1994. Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 1995, -339 p.;
4. Climate change, 1995. The science of climate change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callandar B.A., Harris N., Kattenberg A., Maskell K., Eds.). Cambridge: University Press, 1996, -572 p.
5. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC // Official Journal of the European Union, 25.10.2003, L 275/32-46
6. European Union Emission Trading Scheme. Managing opportunities and risks. Chicago: Chicago Climate Exchange, 2004. 54 p
7. European Union Emission Trading Scheme. Managing opportunities and risks. Chicago: Chicago Climate Exchange, 2004. 54 p
8. Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (Industrialized temperate/boreal countries) UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment

- 2000 (Main Report). Geneva Timber and Forest Study Papers, No. 17. United Nations: New York and Geneva, 2000. 445 p.
9. Isaev A., Korovin G., Zamolodchikov D., Utkin A., Pryaznikov A. Carbon stock and deposition in phytomass of the Russian forests // Water, Air and Soil Pollution. 1995. V. 82. P. 247-256.
  10. Joosten R., Schulte A. Possible effects of altered growth behavior of Norway spruce (*Picea abies*) on carbon accounting // Climate change. 2002. V. 55. No 1-2. P. 115-129.
  11. Kolchugina T.P., Vinson T.S. Equilibrium analysis of carbon pools and fluxes of forest biomes in the former Soviet Union. //Canadian Journal Forest Research. 1993. V. 23. P. 81-88.
  12. Land Use, Land Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. R. Watson, I. Noble, B. Bolin, N. Ravindranath, D. Verardo, and D. Dokken (Eds.). Cambridge University Press, 2000, -377 p.
  13. Sijm J.P.M., Bakker S.J.A., Chen Y., Harmsen H.W., Lise W. CO<sub>2</sub> price dynamics: the implication of EU emissions trading for the price of electricity. Petten, Netherlands: Energy research Centre of the Netherlands, 2005. 120 p
  14. Sijm J.P.M., Bakker S.J.A., Chen Y., Harmsen H.W., Lise W. CO<sub>2</sub> price dynamics: the implication of EU emissions trading for the price of electricity. Petten, Netherlands: Energy research Centre of the Netherlands, 2005. 120 p.
  15. Timothy Pearson, Sarah Walker, Sandra Brown Guidebook for the formulation of afforestation and reforestation projects under the clean development mechanism International tropical timber organization technical series 25 2006 54 p.
  16. Афанасьева В.А. Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 222с.
  17. Бирюков В.И., Петропавловский В.С., Поляков В.С. Ход роста лиственницы сибирской в культурах на черноземах

- Центральной лесостепи // Лиственница и ее использование в народном хозяйстве. Красноярск: КПИ, 1982. С. 3-8.
18. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118-126.
  19. Веб-сайт механизма совместного осуществления <http://ji.unfccc.int>
  20. Веб-сайт Секретариата РКИК/Киотского протокола [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)
  21. Ведрова Э.Ф., Миндеева Т.Н. интенсивность продуцирования углекислого газа при разложении лесных подстилок 88 лесоведение. 1998. № 1. С. 30-41.
  22. Владышевский В.Л. Ход роста лиственницы сибирской искусственных насаждений, разведенных на черноземе // Труды Опытной станции ЦЧО, Воронеж. 1931. С. 79-84.
  23. Гитарский М.Л. Роль защитного лесоразведения в выполнении национальных обязательств России по Киотскому протоколу к климатической конвенции ООН. Использование и охрана природных ресурсов в России, 2006, 4, с. 72-76.
  24. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2003 году. –М.: Роснедвижимость, ФГУП «ФКЦ Земля», 2004. –166 с.
  25. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 242 с.
  26. Гришина Л.А., Владыченский А.С. Опад и подстилка хвойных лесов Валдая // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М. 1979. № 4. С. 15-50.
  27. Доклад Конференции Сторон о работе ее Седьмой Сессии, состоявшейся в Марракеше 29 октября - 10 ноября 2001 года <http://unfccc.int/resource/docs/russian/cop7/cp713a01r.pdf>

28. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. СПб.: Тип. Е.Евдокимова, 1982. 128 с. (переизд.: М.;Л.: Сельхозгиз, 1936. 117 с.
29. Егоров В.Н. Ход роста и состояние полезащитных насаждений из тополя канадского в Центрально-Черноземной полосе // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СибТИ, 1983. С. 94-98.
30. Егоров В.Н. Ход роста и состояние полезащитных полос из лиственницы сибирской в Центрально-Черноземной полосе // Лесная таксация и лесоустройство: Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск: СибТИ, 1992. С. 108-112.
31. Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Честных О.В., Сонген Б. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: КМК, 2005. 200 с.
32. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение. 2005. № 6. С. 73-81.
33. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. N 3. С. 84-93.
34. Злотин Р.И., Ходашева К.С. Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. М.: Наука, 1974. 186 с.
35. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России: Утв.15.12.94. Ч.1. Организация лесоустройства. Полевые работы. М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России. 1995. 174 с.
36. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России: Утв.15.12.94. Ч. 2. Камеральные работы М.: Федер. служба лесн. хоз-ва России. 1995. 112 с.

37. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.
38. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряжников А.А., Замолодчиков Д.Г. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. 1993. № 5. С. 3-10.
39. Карпачевский Л.О. Подстилка – особый биогеогоризонт лесного биогеоценоза // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука. 1983. С. 88-89.
40. Киотский протокол к рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.
41. Классификация почв России. / Составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. // М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997 235 с.
42. Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста основных лесобразующих пород СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 327 с.
43. Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Исаев А.С., Замолодчиков Д.Г., Карабань Р.Т. О роли лесного сектора в смягчении изменения климата. Лесное хозяйство, 2006, 4, с. 11-13.
44. Котлярова О.Г. Котлярова Е.Г. Лесомелиорация в ландшафтных системах земледелия/ Агролесомелиорация: проблемы, пути их решения, перспективы. - Волгоград, ВНИАЛМИ, 2001.
45. Лесные экосистемы Енисейского меридиана // Под ред. Плешикова Ф.И. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2002. 300 с.
46. Моисеев В.С. Таксация молодняков: Учебное пособие. Л.: ЛЛТА, 1971. 343 с.

47. Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. М.: Наука. 1973. 359с.
48. Национальный доклад Российской Федерации об установленном количестве выбросов. МПР России, -М.: 2007, - 40 с./
49. Нормативно-справочные материалы для таксации леса Белорусской ССР. М.: Госкомлес СССР, 1984. 308 с.
50. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев: Урожай, 1987. 560 с.
51. Нормативы для таксации лесов Центрального и южных районов Европейской части Российской Федерации. М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1993. 418 с.
52. Отчет о выполнении производственного плана по лесному хозяйству за 2005 г (форма 10-ЛХ). ФГУП «Рослесинфорг».
53. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов» (1996г.).
54. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 1996.
55. Петров В.С. Нужен ли России Киотский протокол? // ЭСКО. Электронный журнал энергосервисной компании "Экологические системы". 2003. № 3
56. Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов» (2001)
57. Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1992. 30 с.
58. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.

59. Самохвалов С.Г., Прижукова В.Г., Чеботарева Н.А. Разработка и усовершенствование методов анализа почв, растений, кормов, вод // Сборник «30 лет ЦИНАО» М.: Изд-во ЦИНАО, 1999. С. 142-151.
60. Семенова – Тянь-Шанская А.М. Динамика степной растительности. На примере изучения луговых степей и остепненных лугов Центральной лесостепи. М.-Л.: Наука. 1966. 169 с.
61. Стеценко А.В., Сидоренко В.Н., Лужецкая Н.В., Шатайлов В.В., Кулевский А.В. Поглощение парниковых газов лесополосами на сельскохозяйственных землях: Инвестиционный проект. М.: Центр экологической политики России, 2002. – 32 с.
62. Стеценко А.В. Возможности предотвращения негативных изменений в сельском хозяйстве с использованием экономических механизмов, заложенных в Киотском протоколе. – М.: Издательство «МАКС Пресс», 2005.- 36 с.
63. Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапротрофов. М.: Наука. 1980. 244 с.
64. Танген К., Корпоо А., Бердин В., Сугияма Т., Плужников О., Дрексейдж Д., Граб М., Легге Т., Му А., Штерн Д., Ямагучи К. Целевые экологические инвестиции в России. Международная торговля квотами на выбросы парниковых газов как инструмент охраны природы. М.: WWF, 2002. 116 с.
65. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Ред. В.А. Алексеев и Р.А. Бердси. Красноярск: Экос, 1994. 232 с.
66. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 707 с.
67. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с.
68. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 764 с.

69. Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.
70. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в европейской части России // Лесоведение. 1996, No 6. С. 36-46.
71. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Нефедьев В.В., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И., Гамбург С.П. Определение запаса углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов // Лесоведение, 1997, No 5, с. 51-66.
72. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение. 2001. № 5. С. 8-23.
73. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 18.12.2006) "О мелиорации земель" (принят ГД ФС РФ 08.12.1995).
74. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г. Оценка объемного веса почвенных горизонтов по глубине их залегания и содержанию гумуса // Почвоведение. – 2004 - № 8. С. 937-944.
75. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30-42.
76. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России // Лесоведение. 1999. № 2. С. 13-21.

УДК 332.2  
ББК 65.28  
С 79

Авторы данной книги более десяти лет занимаются решением глобальных экологических проблем таких как: Глобальное изменение климата, сокращение биологического разнообразия, деградация почв, принимают активное участие в разработке планов устойчивого развития регионов.

Стеценко Андрей Владимирович - доцент экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Президент Центра экологических инноваций, кандидат экономических наук, член Экспертного совета по Киотскому протоколу при ТПП РФ, член общественного совета Россельхоза, эксперт Центра проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, эксперт Центра экологической политики России.

Сафонов Георгий Владимирович - руководитель Центра экономики окружающей среды и природных ресурсов ГУ-Высшая школа экономики, кандидат экономических наук, член Экспертного совета по Киотскому протоколу при ТПП РФ, участник международных климатических конференций от РФ;

Стеценко А. В., Сафонов Г. В.  
С 79 Инвестиции в леса России: Методологические основы. – М.  
МАКС Пресс, 2010. 134  
ISBN