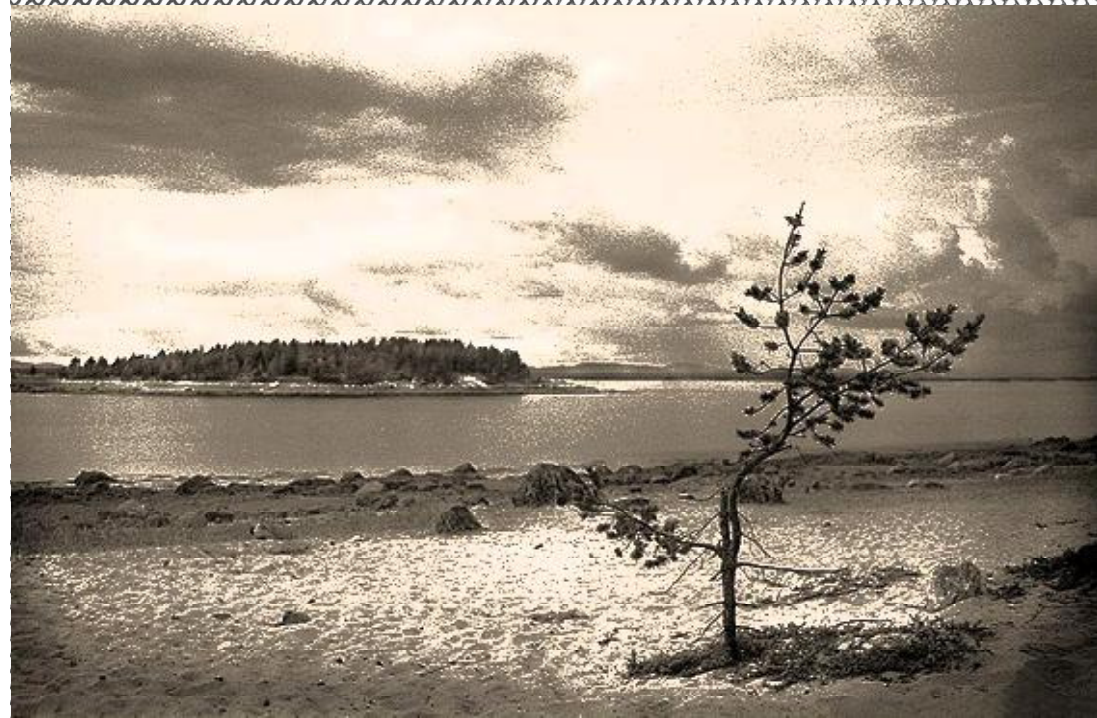


Одним из важнейших направлений в комплексе природопользования является промышленная добыча минеральных и топливно-энергетических ресурсов, которая неизбежно связана с разрушением природных экосистем и потерей биологического разнообразия на посттехногенных территориях. Особенно резко проявились негативные последствия этого вида хозяйственной деятельности на Севере вследствие высокой степени уязвимости природных экосистем к техногенным воздействиям и замедленной скорости самовосстановления. В последние годы, когда темпы освоения природных ресурсов в северном регионе значительно превышают темпы восстановительных работ, невозможно достигнуть рационального природопользования вне связи с проблемой восстановления зональных экосистем на посттехногенных территориях.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА СЕВЕРЕ



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА СЕВЕРЕ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
КОМИ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
И ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ
НА СЕВЕРЕ**

Ответственный редактор
доктор биологических наук И.Б. Арчегова

Сыктывкар 2009

УДК 58:502.654:504.064.36:574(470.1)

Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере / Коллектив авторов. – Сыктывкар, 2009. – 176 с. – (Коми научный центр УрО РАН).

Представлены результаты многолетних исследований на Северо-Востоке европейской части России по проблеме природопользования и природовосстановления в рамках разработанной схемы практических приемов природовосстановления. Анализируются данные, полученные при изучении преобразования экосистем в процессе самовосстановительной сукцессии в средней подзоне таежной зоны. Оцениваются традиционные способы создания лесных культур и приемы восстановления лесной экосистемы по схеме природовосстановления в крайнесеверной подзоне тайги. Приведены данные, характеризующие состояние растительного сообщества и почвы восстановленной экосистемы в зоне тундры. Рассмотрены географические аспекты природопользования в криолитозоне крайнесеверной тайги.

Книга интересна для широкого круга специалистов: экологов, почвоведов, геоботаников, лесоводов, географов и др.

Библ.: 83. Табл.: 77. Рис.: 36.

Авторы

И.Б. Арчегова, Е.Г. Кузнецова, И.А. Лиханова, А.Н. Панюков,
Ф.М. Хабибуллина, Г.Г. Осадчая

Рецензенты

доктор биологических наук Г.В. Русанова
доктор биологических наук В.А. Мартыненко

*Работа выполнена при финансовой поддержке
программы Президиума РАН № 23 «Биологическое разнообразие»*

ISBN 978-5-89606-402-2

© Коллектив авторов, 2009

© Коми научный центр УрО РАН, 2009

Ecological principles of nature usage and nature restoration in the North / Co-authorship. – Syktyvkar, 2009. – 176 p. – (Komi Scientific Centre, Ural Branch, Russian Academy of Science).

This book contains the results on long-term investigations in the north-east European part of Russia. These investigations were devoted to the problem of nature usage and restoration by using developed complex scheme of practical nature restoration methods. The data are analyzed, which were received by the studying of ecosystem changes in the process of self-restoration succession in the middle taiga subzone. The traditional ways of forest types' creation are estimated, as well as forest ecosystem restoring methods according to the nature restoration scheme in the extreme north taiga subzone. The data are represented that characterize the state of plant community and secondary (restored) ecosystem soil in tundra. Geographical aspects of nature usage are looked at in cryolite zone of extreme north taiga.

This book will be interesting for a wide range of specialists: ecologists, soil scientists, geobotanists, silviculturers, geographers and others.

Authors

I.B. Archegova, E.G. Kuznetsova, I.A. Likhanova, A.N. Panjukov,
F.M. Khabibullina, G.G. Osadchaya

Editor-in-Chief

Doctor of Biology I.B. Archegova

Reviewers

Doctor of Biology G.V. Rusanova
Doctor of Biology V.A. Martynenko

*The work was financially supported
by the RAS Presidium Programme № 23 «Biological diversity»*

ISBN 978-5-89606-402-2

© Co-authorship, 2009
© Komi Scientific Center UB RAS, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Трансформация растительного сообщества и почвы в процессе самовосстановительной сукцессии в среднетаежной подзоне	10
1.1. Самовосстановительная сукцессия на техногенном субстрате	11
1.1.1. Стадия замещения многолетнего травянистого сообщества древесным	11
1.1.2. Характеристика лесной экосистемы на техногенном наносе	24
1.2. Самовосстановительная сукцессия после хозяйственных рубок	31
1.3. Химический состав кроновых и лизиметрических вод	43
1.3.1. Состав вод в экосистемах на техногенном наносе	44
1.3.2. Состав кроновых вод в березняке и осиннике	51
1.3.3. Состав лизиметрических вод	54
Глава 2. Приемы восстановления лесных экосистем в подзоне крайнесеверной тайги	60
2.1. Состояние посадок лесных культур на территории Усинского лесхоза	63
2.2. Разработка приемов восстановления лесных экосистем ...	71
2.3. Оптимизация приемов природовосстановления	100
Глава 3. Антропогенные экосистемы в тундровой зоне, их устойчивость и трансформация	109
3.1. Характеристика растительного сообщества и почвы на втором этапе схемы природовосстановления в подзоне типичной тундры	110
3.2. Особенности однолетних и многолетних агроэкосистем и их трансформация	123
3.2.1. Трансформация однолетних агроэкосистем	124
3.2.2. Многолетняя агроэкосистема – сеяный луг	132
Глава 4. Географические аспекты природопользования в криолитозоне крайнесеверной тайги	149
Заключение	158
Литература	169

TABLE OF CONTENTS

Introduction	6
Chapter 1. Transformation of plant community and soil in the process of self restoration succession in middle taiga sub-zone	10
1.1. Self restoration succession on technogenic substratum	11
1.1.1. Investigation results on the stage of replacing perennial grassy community by wooden community	11
1.1.2. The description of forest ecosystem on technogenic alluvium	24
1.2. Self-restoration succession after industrial chopping	31
1.3. Chemical composition of crown and lysimetric waters	43
1.3.1. Water composition in ecosystems on technogenic alluvium	44
1.3.2. Crown waters composition in birch and aspen forests	51
1.3.3. Lysimetric waters composition	54
Chapter 2. Restoration methods of forest ecosystems in the destroyed forest natural ecosystem in the sub-zone of extreme north taiga	60
2.1. The state of forest cultures planted in the usinsk forestry	63
2.2. Development of restoration methods of forest ecosystems ...	71
2.3. Optimization of nature restoration methods	100
Chapter 3. Anthropogenic ecosystems in tundra, their stability and transformation	109
3.1. Characteristics of plant community and soil of restored ecosystem	110
3.2. Peculiarities of annual and perennial agro ecosystems and their transformation	123
3.2.1. Transformation of annual agro-ecosystem	124
3.2.2. Perennial agro-ecosystem – sown meadow	132
Chapter 4. Geographical aspects of nature usage in cryolite zone of extreme north taiga	149
Conclusions	158
Bibliography	169

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений в комплексе природопользования является промышленная добыча минеральных и топливно-энергетических ресурсов, которая неизбежно связана с разрушением природных экосистем и потерей биологического разнообразия на посттехногенных территориях. Особенно резко проявились негативные последствия этого вида хозяйственной деятельности на Севере вследствие высокой степени уязвимости природных экосистем к техногенным воздействиям и замедленной скорости самовосстановления. В последние годы, когда темпы освоения природных ресурсов в северном регионе значительно превышают темпы восстановительных работ, невозможно достигнуть рационального природопользования вне связи с проблемой восстановления зональных экосистем на посттехногенных территориях.

Попытки использовать подходы и традиционные приемы рекультивации, применяемые в средней полосе с развитым земледелием, оказались неэффективными на Севере, где при отсутствии устойчивой практики земледелия традиционный тип хозяйства опирается на использование природных биологических ресурсов. Это поставило перед исследователями задачу разработать приемы восстановления природных экосистем на посттехногенных территориях с учетом специфики природных условий северного региона. Сложность освоения северных территорий связана с их нахождением в криолитозоне. При рациональном природопользовании чрезвычайно важно сохранение на осваиваемой территории экологического баланса, что требует ландшафтного подхода. Понимание природной среды как сложной системы, изучение взаимосвязи биоты с абиотической составляющей необходимо как для охраны природной среды, так и разработки приемов восстановления конкретных экосистем.

В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН более 40 лет ведутся исследования состояния экосистем на северных территориях, их изменения при техногенном (антропогенном) воздействии. Они имеют важнейшее значение для создания как теоретической базы, так и практических приемов сохранения природной среды и условий для развития хозяйственной деятельности на Севере. На основе методологического подхода, основанного на принципе

системности, разработаны концепция «природовосстановления» и схема практических приемов ускоренного восстановления природных экосистем на посттехногенных территориях, представленные в наших публикациях: «Посттехногенные экосистемы Севера» (2002), «Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера» (2005), «Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях Севера» (2006), «Экологические основы восстановления экосистем на Севере» (2006).

Основными положениями методологического подхода являются следующие:

- природная экосистема рассматривается как целостное, «эммерджентное» образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимообусловленных структур: растительного сообщества, микробно-фаунистического комплекса, трансформирующего органические остатки, и продуктивного слоя, т.е. почвы как компонента экосистемы;

- видовое разнообразие растительного сообщества является интегральным показателем состояния экосистемы, его изменения при любых внешних, в том числе техногенных (антропогенных) воздействиях;

- главным связующим процессом между компонентами экосистемы является механизм биологического оборота органического (растительного) вещества и энергии;

- почва является компонентом экосистемы, в котором замыкается биологический оборот органического вещества;

- разрушение любой из структур экосистемы разрушает связующий механизм – биологический оборот – и ведет к распаду экосистемы как единого целого.

Комплексная схема восстановления природных экосистем на посттехногенных территориях включает два этапа (рис. 1). Целью первого, «интенсивного», этапа является быстрое воссоздание растительного покрова и нового продуктивного слоя с помощью конкретных агроприемов, включающих посев многолетних трав. «Интенсивный» этап позволяет ускорить прохождение начальных стадий самовосстановительной сукцессии, закрепить верхний слой техногенного субстрата корневыми системами многолетних трав для предотвращения развития эрозионных процессов. Продолжительность этапа составляет два-три года в зависимости от конкретных условий участка. При нефтезагрязнении комплекс работ может быть усложнен применением специальных мер очистки с использованием микробиологических препаратов.

На втором, «ассимиляционном», этапе травянистое сообщество постепенно преобразуется, замещаясь биогеоценозом, близким к зональному. Продолжительность «ассимиляционного» этапа

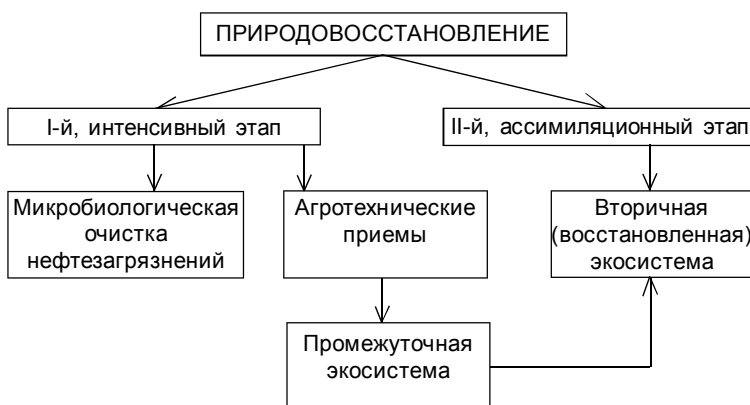


Рис. 1. Схема ускоренного природовосстановления.

составляет 25-30 лет в зависимости от условий и возможности повторных нарушений, особенно транспортом. На этом этапе не требуется значительных финансовых вложений, контроль осуществляется, главным образом, силами местных природоохранных органов.

Предложенная схема имеет существенные отличия от традиционно понимаемых работ по рекультивации, приемы которых направлены на создание благоприятных почвенных условий для последующей хозяйственной, преимущественно сельскохозяйственной деятельности. Главная цель комплекса работ, проводимых по данной схеме, заключается в восстановлении экосистем, по возможности наиболее близких к типу зональных, что позволит сохранить экологическую устойчивость окружающей среды при возрастающей на нее антропогенной нагрузке.

Важно отметить, что концепция «природовосстановления» и ее практическое воплощение расширяют традиционное понимание рекультивации, внося не только географический аспект, но и представление о взаимообусловленной функциональной связи между компонентами экосистемы, объединенными механизмом биологического оборота органического вещества.

В настоящей книге продолжено обобщение результатов многолетних исследований по проблеме рационального природопользования и природовосстановления, проводимых в географическом аспекте – в таежной и тундровой природных зонах на северо-востоке европейской части России.

В первой главе приводятся результаты сопряженного изучения растительности, микробиоты, почвы в процессе самовосстановительной сукцессии в средней подзоне таежной зоны. Анализируются данные, полученные при изучении трансформации со-

става атмосферных осадков растительным сообществом.

Во второй главе оцениваются традиционные способы создания насаждений лесных культур и приемы восстановления лесной экосистемы в крайнесеверной подзоне тайги, разработанные в соответствии с предложенной схемой природовосстановления. Обсуждаются первые результаты, направленные на оптимизацию схемы практических приемов природовосстановления.

В третьей главе представлены данные, характеризующие состояние основных компонентов (растительного сообщества и почвы) вторичной (восстановленной) экосистемы в зоне тундры с оценкой биоразнообразия растительного сообщества и трансформации почвы. Особое внимание обращается на изучение трансформации агроэкосистем при прекращении их использования.

В четвертой главе обсуждаются особенности природопользования и необходимость его ограничения в криолитозоне с учетом сложного характера природно-климатических условий Севера.

В работе приводятся результаты изучения процесса почвообразования на техногенных субстратах, уточняется с позиций экосистемного подхода понимание почвы как компонента экосистемы, преобразования почвы в связи с изменением типа растительного сообщества.

Монография написана сотрудниками отдела почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Института управления, информации и бизнеса (г. Ухта): введение и заключение – И.Б. Арчевой; первая глава – И.Б. Арчевой, Е.Г. Кузнецовой, И.А. Лихановой, А.Н. Панюковым, Ф.М. Хабибуллиной; вторая глава – И.А. Лихановой, И.Б. Арчевой; третья глава – А.Н. Панюковым, И.Б. Арчевой; четвертая глава – Г.Г. Осадчей, И.Б. Арчевой.

Авторы приносят благодарность старшим лаборантам лаборатории биологии почв и проблем природовосстановления Н.А. Васильевой, О.А. Любимовой, инженеру-химику Т.В. Зоновой, а также ведущим инженерам-химикам В.В. Ситниковой, Ж.А. Лыткиной, Т.С. Сытарь, Л.А. Антонец, ведущему инженеру-электроннику А.Н. Низовцеву лаборатории «Экоаналит» (зав. лабораторией к.х.н. В.М. Кондратенко) Института биологии Коми НЦ УрО РАН за выполнение аналитических работ.

Глава 1.

ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СООБЩЕСТВА И ПОЧВЫ В ПРОЦЕССЕ САМОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ

Наблюдения проведены в подзоне средней тайги на стационарном участке «17-й км», расположенном в 17 км к юго-западу от г. Сыктывкара (Сыктывдинский район) вблизи от автодороги Сыктывкар–Визинга.

Климат района исследований умеренно континентальный. Устойчивая морозная погода продолжается более четырех месяцев. Количество осадков 400-600 мм в год, большая часть приходится на теплый период. Среднегодовая температура воздуха +0.4 °С. Средняя продолжительность вегетационного периода (температура выше +10 °С) составляет 86-118 дней (Научно-прикладной..., 1989). Коренным типом растительности являются зеленомошные еловые леса. Район характеризуется высокой степенью антропогенного воздействия на природную среду в связи с активной хозяйственной деятельностью, обусловленной наличием крупного лесопромышленного комплекса ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» (расположенного примерно в 30 км к северо-востоку от стационарного участка), промышленными рубками леса, сетью автодорог. Более подробные сведения о стационарном участке изложены в работе «Посттехногенные экосистемы Севера» (2002).

Стационарный участок располагается на вершине и в верхней части пологого склона водораздельного возвышения. Постоянные наблюдения вели на четырех учетных площадках. На двух площадках в процессе самозаращения на техногенном суглинистом субстрате, оставшемся после реконструкции автодороги по обеим ее сторонам, сформировались многолетняя травянистая экосистема, характеризующаяся в последние годы колонизацией древесными растениями (сосной, березой, ивой) (пл. 1), и на невысоком валу по другую сторону дороги древесное сообщество – сероольшаник (пл. 2). На том же увале, в верхней части склона в непосредственной близости от площадки 2 в послерубочном лиственном лесу, сформировавшемся после выборочных рубок ело-

вого леса, расположены площадки 3 и 4: площадка 3 с преобладанием березы в древесном ярусе, площадка 4 с преобладанием осины. Возраст деревьев 100-120 лет. Обе площадки находятся на одном уровне и образуют единый массив в верхней части склона, сменяющийся в нижней его части ельником чернично-зеленомошным. Самовосстановление хвойных лесов, нарушенных промышленными рубками, характеризуется сменой пород на лиственные, которые господствуют на определенном этапе.

Описание растительности на площадках выполняли по общепринятым в геоботанике методам (Полевая геоботаника, 1964). Учет фитомассы напочвенного покрова (травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов) проводили по Л.Е. Родину и др. (1967). Химический анализ почвенных образцов осуществляли общепринятыми в почвоведении методами (Агрохимические методы..., 1960). Исследование фракционно-группового состава гумуса вели по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой (Пономарева, Плотнокова, 1980).

1.1. САМОВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СУКЦЕССИЯ НА ТЕХНОГЕННОМ СУБСТРАТЕ

1.1.1. Стадия замещения многолетнего травянистого сообщества древесным

Ранее было отмечено (Шенников, 1964), что в таежной зоне самовосстановление разрушенного коренного типа леса имеет сукцессионный характер, при этом выделяется несколько стадий последовательно сменяющихся типов растительных сообществ: 1) травянистое сообщество; 2) сообщество «временных» древесных пород: сосна, береза, осина, ольха серая; 3) смешанные сообщества из «временных» пород с елью; 4) еловый лес, сходный с исходным.

К началу наших наблюдений (1996 г.) на участке, где расположена площадка 1, сформировалось разнотравно-злаковое растительное сообщество (рис. 2) с преобладанием многолетних злаков – полевицы гигантской (*Agrostis gigantea*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa*), вейника седеющего (*Calamagrostis canescens*) и других с характерной примесью эксплерентов (сорно-рудеральных растений) – пырея ползучего (*Elytrigia repens*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*) и др. (Посттехногенные экосистемы..., 2002). Под луговым сообществом сформировалась лугоподобная почва с характерными дерновым



1999 г.



2008 г.

Рис. 2. Колонизация многолетней травянистой экосистемы древесными растениями в ходе самовосстановительной сукцессии.

и гумусовым горизонтами. Средняя мощность биогенно-органогенно-аккумулятивного образования (новообразованной почвы) составляет 20 см.

В последующие годы участок колонизируется древесными растениями – березой пушистой (*Betula pubescens*), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), видами ив (*Salix*), распространяющимися группами. В 2008 г., на 10-й год развития процесса замещения травянистой экосистемы на лесную, большая часть площадки 1 занята группами древесных растений (рис. 2). Высота деревьев 3-6 м, в группах сомкнутость крон достигает 0.4 (табл. 1), отмечено значительное количество березового подроста, а на поверхности почвы формируется слой листовенно-травянистой, хвойно-лиственной подстилки. Вследствие изменения условий часть ранее произраставших видов нами не зафиксирована, таких как вейник седеющий, ежа сборная (*Dactylis glomerata*), мятлик болотный (*Poa palustris*). Другие виды снижают обилие: нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), щучка дернистая. В целом можно констатировать, что сообщество развивается в направлении образования сомкнутого мелколиственного древостоя с участием сосны и постепенным выпадением в напочвенном покрове видов травянистой стадий самовосстановительной сукцессии.

Формирование молодой лесной экосистемы на площадке 1 происходит путем дифференциации отдельных парцелл, приуроченных к разным древесно-кустарниковым группам. Так, в группе березы пушистой сомкнутость крон 0.5-0.7, береза достигает 2-3 м высоты. В напочвенном покрове преобладают клевер ползучий (*Amoria repens*) и хвощ полевой. Из элементов высокотра-

Таблица 1
**Характеристика изменения видового состава и обилия растений
в ходе самовосстановительной сукцессии на техногенном субстрате**

Вид растений	Многолетнее травянистое сообщество, пл. 1		Древесное сообщество (сероольшаник), пл. 2	
	1996 г.	2008 г.	1996 г.	2008 г.
Древесно-кустарниковые растения				
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.			10	10
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	5	4	ед	ед
<i>Picea obovata</i> Ledeb.		ед	ед	ед
<i>Pinus sylvestris</i> L.	4	3		
<i>Populus tremula</i> L.	ед	ед		
<i>Salix caprea</i> L.	1	3		
Сомкнутость крон		0.4 (в группах)	0.9	0.9
Высота, м	0.5-3	(0.5) - 6	5-8	8-12
Диаметр, см		6-10	6-10	6-15
Число видов	4	5	3	3
Подлесок				
<i>Rubus idaeus</i> L.				0.3
<i>Salix caprea</i> L.			ед	
<i>Salix phylicifolia</i> L.			ед	
<i>Salix myrsinifolia</i> Salisb.	ед			
<i>Salix pentandra</i> L.	ед	ед		
<i>Sorbus aucuparia</i> L.			ед	
Число видов	2	1	3	1
Сомкнутость	0.1	0.1-0.2	<0.1	0.3
Высота, м			0.3-0.5	0.3
Травяно-кустарничковый ярус				
<i>Achillea millefolium</i> L.	ед	ед		
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	ед	ед		
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	н	н		
<i>Ajuga reptans</i> L.	ед		ед	ед
<i>Alchemilla</i> sp.	ед			ед
<i>Angelica sylvestris</i> L.			ед	р-н
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	ед	ед	ед	р
<i>C. canescens</i> (Web.) Roth	н			
<i>C. purpurea</i> (Trin.) Trin.			ед	р-н
<i>Carex digitata</i> L.			ед	
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	ед			
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries	р	р		

Продолжение табл. 1

Вид растений	Многолетнее травянистое сообщество, пл. 1		Древесное сообщество (сероольшаник), пл. 2	
	1996 г.	2008 г.	1996 г.	2008 г.
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	р	р-н	н	
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	ед	р	ед	
<i>C. setosum</i> (Willd.) Bess.	р	ед	ед	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	ед-р			
<i>Dactylorhiza</i> sp.	ед		ед	
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	н	ед	ед	
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	р	р		
<i>Equisetum arvense</i> L.	р-н	р		
<i>E. pratense</i> Ehrh.	ед			
<i>E. sylvaticum</i> L.	н	н	г	г
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	н	р		
<i>Fragaria vesca</i> L.		ед	ед-р	
<i>Geranium sylvaticum</i> L.			ед	ед
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) New m.			ед	
<i>Hieracium altipes</i> (Lindb. fil. ex Zahn) Juxip			ед	
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	ед		ед	
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	н	р	ед	
<i>L. vernus</i> (L.) Bernh.			ед	
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	ед-р	ед		
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	р-н	р		
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.			ед	ед
<i>Melampyrum pratense</i> L.	ед	ед	ед	н
<i>Melica nutans</i> L.			ед	
<i>Milium effusum</i> L.			ед	ед
<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch.Bip.	ед			
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	ед			
<i>Phleum pratense</i> L.	н	н		
<i>Poa nemoralis</i> L.			ед	
<i>P. palustris</i> L.	р			
<i>P. pratensis</i> L.	ед	р		
<i>Prunella vulgaris</i> L.	р	р	ед	
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort			ед	р

Окончание табл. 1

Вид растений	Многолетнее травянистое сообщество, пл. 1		Древесное сообщество (сероольшаник), пл. 2	
	1996 г.	2008 г.	1996 г.	2008 г.
<i>Pyrola media</i> Sw.			ед	
<i>P. minor</i> L.			ед	
<i>Ranunculus acris</i> L.	ед	ед		
<i>R. propinquus</i> C.A.Mey	ед		р	
<i>Rhinanthus vernalis</i> (Zing.) Schischk. et Serg.	р	р		
<i>Rubus saxatilis</i> L.			ед	
<i>Solidago virgaurea</i> L.		ед		
<i>Stellaria graminea</i> L.	ед	ед		
<i>Stellaria holostea</i> L.			н	н
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	р	р	ед	
<i>Trifolium medium</i> L.	ед-р	р		
<i>T. pratense</i> L.	ед-р	н		
<i>Tussilago farfara</i> L.	р	р	ед	
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	ед	р-н	н	р-н
<i>Vicia sepium</i> L.	ед	р	ед	
<i>Vicia sylvatica</i> L.		ед		
<i>Viola canina</i> L.			ед	
Число видов	41	32	34	13
Общее проективное покрытие, %	60-98	90-95	80-95	80-90
Высота, см	20-80	20-80	10-100	10-100

Примечание: ед – вид присутствует единично (оценить участие в % невозможно), р – редко (1-5%), н – наполнитель (5-30%), с – согосподствует (30-60%), г – господствует (>60%) (Ипатов, 1998).

вья, в отличие от травянистых участков, присутствует только золотарник (*Solidago virgaurea*). Отмечено появление некоторых лесных и опушечных видов – земляники лесной (*Fragaria vesca*), чины весенней (*Lathyrus vernus*), невелико обилие рудеральных видов.

В группе хвойных деревьев (сосна) с примесью ивы в напочвенном покрове заметную роль играют хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), золотарник, иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*), присутствуют злаки – щучка дернистая, полевица гигантская. Единично представлены земляника, черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*).

Отметим, что на участке с травянистым покровом состав его изменяется в сторону снижения участия злаков, под травами развивается моховой слой, дернина деградирует.

Несмотря на происходящие изменения состава напочвенного покрова, его общая фитомасса образована травами, составляя в среднем более 400 г/м² (табл. 2). В парцеллах древесных растений наметились тенденции к снижению массы травянистого покрова. В группах древесных растений накапливается древесный опад.

Таблица 2

Количество фитомассы напочвенного покрова на площадке 1 (2007 г.)

Объект	Вес, г/м ²
Травянистый участок	403.2
-«-	339.6
-«-	470.0
В группе деревьев (береза, ива)	363.6
В группе деревьев (береза, сосна, ива)	353.6

Опад собирали из опадоуловителей площадью 50×50 см в пятикратной повторности. В связи с групповым расположением древесных растений и кустарников на участке отмечались сильные колебания поступления опада деревьев и кустарников (табл. 3). В группах деревьев количество опада было максимальным, на открытом травянистом участке (занос из групп древесных растений) – минимальным.

Основная масса опада накапливается в период осеннего листопада. Например, в группах деревьев за год (период с 19.10.2007 по 24.10.2008) поступило 229-472 г/м² опада, за период покоя растений – 8.4-17.8% от этого количества, за первую половину вегетационного периода – 5.2-8.4%, а за осенний период – 74.6-83.9% (табл. 3).

В опаде, собранном в группе лиственных деревьев с сосной, обращает на себя внимание значительное количество доли веток – до 21%, что связано с отмиранием нижней части кроны сосны. В других группах деревьев практически весь опад составляет листовая фракция, доля веток не превышает 3%. За период конец октября–май количество поступившего опада колебалось от 3.4 (открытое место) до 80.4 г/м² (в группах деревьев) (табл. 3).

Для определения скорости разложения свежего опада среднюю его пробу в воздушно-сухом состоянии весом 5 г помещали в капроновые мешочки (предварительно прокипяченные и промытые дистиллированной водой), которые размещали на поверхность почвы в трехкратной повторности. В группах деревьев закладывали листовую опад, собранный осенью, а также среднюю

Таблица 3
Количество опада в группах деревьев и на открытом месте на площадке 1

Объект	Период накопления опада									
	15.05.07– 27.07.07	28.07.07– 18.10.07	28.07.07– 18.10.07	19.10.07– 30.05.08	19.10.07– 30.05.08	31.05.08– 28.07.08	29.07.08– 19.09.08	29.07.08– 19.09.08	20.09.08– 24.10.08	20.09.08– 24.10.08
В группе деревьев (лиственные и сосна)	31.6 86.1	334.4 86.1	334.4 86.1	80.4 70.8	80.4 70.8	39.8 81.4	231.2 79.4	231.2 79.4	121.6 99.3	121.6 99.3
В группе деревьев (береза и ива)	25.2 77.8	166.0 100.0	166.0 100.0	23.7 83.1	23.7 83.1	21.9 93.9	99.3 97.2	99.3 97.2	137.7 93.5	137.7 93.5
В группе деревьев (береза)	22.4 92.9	107.6 96.7	107.6 96.7	40.8 93.0	40.8 93.0	11.8 100.0	94.0 99.5	94.0 99.5	82.4 100.0	82.4 100.0
Разнотравно-злаковое сообщество (открытое место)	Отсутствует	10.0 100.0	10.0 100.0	3.4 100.0	3.4 100.0	Отсутствует	17.3 94.5	17.3 94.5	16.0 100.0	16.0 100.0

Примечание: над чертой – количество опада, г/м², под чертой – доля лиственной фракции, %.

пробу фитомассы напочвенного покрова в разнотравно-злаковом сообществе. Опыт заложен 18 октября 2007 г.

За год потеря веса листового опада в группе лиственных древесных растений составила около 40%, в пробе напочвенного покрова – 48.7 (рис. 3). Растительные остатки в разнотравно-злаковом сообществе за год разложились на 48.3%, т.е. практически с той же интенсивностью, что и в группе древесных растений.

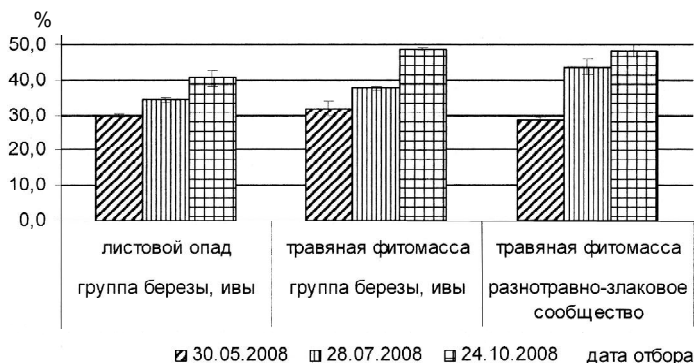


Рис. 3. Динамика разложения листового опада и напочвенного покрова на площадке 1.

В связи с изменением состава растительного сообщества отмечено преобразование почвы. Хотя количество наземной фитомассы за счет трав остается довольно высоким, однако в ее составе снижено присутствие видов-задержателей, что проявляется в морфологическом строении задернованной новообразованной почвы, а именно, в ослаблении дернины и одернованного гумусового горизонта. Ниже следует описание новообразованной почвы под травами между группами деревьев (рис. 4).



Рис. 4. Почва слабоостаточно-дерновая слабогумусированная суглинистая (под травами).

На поверхности отмершие растительные остатки травянистых растений, ниже строение профиля следующее.

A0	0-2 см	Темно-бурая, слабо уплотненная, слабо(средне)-разложившаяся подстилка, отделяющаяся от следующего слоя
АдерА1	2-4(5) см	Суглинистый, темно-серый, в нижней части буроватый, есть корни, уплотнен (остаточный одернованный горизонт)
III сл.	4(5)-10(12) см	Суглинистый слой, коричневато-буроватый, плотный, корней нет

Почва слабоостаточнoderновая слабогумусированная суглинистая.

Опыт с разложением льняного полотна показывает достаточно высокую целлюлозоразлагающую активность органо-аккумулятивного слоя почвы. Льняное полотно, заложенное в середине мая (2007 г.) на глубину 0-10 см в почве травянистой экосистемы, уже немногим более чем через месяц разложилось на 67%, к концу июля – полностью.

В группе хвойно-лиственных (сосна, береза, ивы) древесных растений строение почвы следующее. Под хвойно-лиственным опадом, мхами слой общей мощностью около 1 см.

A0	0-1(1.5) см	Темно-бурая, слабо(средне)разложившаяся подстилка
AOA1	1(1.5)-5 см	Суглинистый, серовато-коричневатый, есть корни, уплотнен (остаточный одернованный горизонт)
III сл.	5-10 см	Суглинистый, светло-коричневатый, уплотнен, встречаются корни

Почва новообразованная слабогумусированная суглинистая.

Сравнение результатов химического анализа (табл. 4) показывает аккумуляцию грубого гумуса в формирующемся слое подстилки обеих почв. Особенно наглядно изменение проявляется в

Таблица 4
Химические свойства почв под травами и в группе древесных растений (пл. 1)

Образец	Горизонт, глубина, см	pH вод.	Сорг., %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	
				мг/100 г			
В группе с сосной	A0	0-1.5	6.5	8.9	22.4	6.4	37.7
	AOA1	1.5-5	5.6	0.8	3.1	15.0	33.5
	III сл.	5-10	5.4	0.2	1.4	19.3	11.7
Под травами	A0	0-2	6.5	7.2	30.8	7.7	160.2
	АдерА1	2-4(5)	5.8	1.3	5.9	16.0	92.0
	III сл.	5-10	5.5	0.4	2.5	14.9	25.2

преобразующемся биогенно-органно-аккумулятивном слое почвы на травянистом участке. Ранее содержание гумуса в почве травянистой экосистемы характеризовалось равномерным распределением в новообразованном биогенно-аккумулятивном слое: в дернине Сорг. – 1.6%, в гумусовом слое – 1.5%, под ним – 1 и 0.8% (Посттехногенные экосистемы..., 2002).

Следует отметить заметное изменение и в составе гумуса под травами (табл. 5) – снижение доли гуминовых кислот и уменьшение величины отношения Сгк/Сфк до 0.6-0.5, тогда как ранее оно было равно 2, т.е. состав гумуса был гуматный (Посттехногенные экосистемы..., 2002).

Таблица 5

Состав гумуса в почве под травами (пл. 1)

Горизонт	Глубина, см	Сорг., %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Нерастворимый остаток	Сгк/Сфк
			1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ		
A0	0-2	5.4	5.5	7.9	6.6	19.9	6.1	13.2	4.6	7.7	31.6	48.5	0.6
A1B	2-10	0.6	1.9	7.5	1.9	11.3	5.6	3.8	5.7	7.5	22.6	66.1	0.5

Известно, что важнейший компонент биоты, участвующий в деструкции растительных остатков и тем самым имеющий непосредственное отношение к круговороту веществ в экосистеме, процессам гумусообразования и почвообразования, – микробная биота. Поэтому наши усилия были направлены на изучение в новообразованных почвах состава и биомассы микробного населения.

Для установления количества микроорганизмов пользовались методом разведения почвенной суспензии с последующим высевом ее на агаризованные питательные среды (Аникеев, Лукомская, 1977). Бактерии учитывались на мясо-пептонном агаре (МПА), актиномицеты – на крахмально-аммиачном агаре (КАА), сахаролитические грибы – на среде Чапека, целлюлозолитические – на среде Гетченсона с целлюлозой в виде фильтровальной бумаги, разложенной на поверхности питательной среды. Прямой учет биомассы грибов, определение количества спор и фрагментов мицелия проводили методом люминесцентной микроскопии. Расчет биомассы производили в соответствии с общепринятой методикой (Кожевин и др., 1979).

В травянистой экосистеме (пл. 1) в количественном распределении основных групп микроорганизмов (табл. 6) и их биомассы (табл. 7) отмечено при значительной численности бактерий преобладание по биомассе микроскопических грибов. При этом соотношение мицелия и спор в составе микромицетов в почве

Таблица 6

**Численность микроорганизмов
в почве многолетнего травянистого сообщества (пл. 1)**

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов, м/г	Споры грибов, млн. спор/г	Мицелий актиномицетов, м/г	Бактерии, млрд. кл./г
A0	<u>317.95</u>	<u>20</u>	<u>76.92</u>	<u>2.5</u>
0-2(5)	251.28-702.56	9-30	51.3-128.2	2-3
Адер А1	<u>189.74</u>	<u>3</u>	<u>256.4</u>	<u>3.5</u>
2(5)-10	115.38-533.33	8-40	179.5-512.82	2.5-4

Примечание. Здесь и в табл. 7: над чертой – среднее значение, под чертой – крайние значения.

Таблица 7

**Биомасса микроорганизмов
в почве многолетнего травянистого сообщества (пл. 1), мг/г**

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов	Споры грибов	Мицелий актиномицетов	Бактерии
Адер	<u>1.24</u>	<u>0.2</u>	<u>0.003</u>	<u>0.05</u>
0-2(5)	0.98-2.74	0.09-0.3	0.002-0.005	0.04-0.06
АдерА1	<u>0.74</u>	<u>0.3</u>	<u>0.01</u>	<u>0.07</u>
2(5)-10	0.45-2.08	0.08-0.4	0.007-0.02	0.05-0.08

травянистого сообщества составляет (%) 86.2/13.8. Высокая численность спор грибов в биомассе отражает малоблагоприятные условия существования микромицетов, уменьшение в связи с этим их активности, увеличение покоящейся стадии в условиях травянистого сообщества.

Роль бактерий в трансформации растительных остатков под травами имеет существенное значение. Доля бактерий в общей биомассе микроорганизмов составила в горизонте Адер – 3.3%, в гор. АдерА1 – 6.2%.

Идентификацию микроскопических грибов осуществляли по культурально-морфологическим признакам в соответствии с определителями (Милько, 1974; Ramirez, 1982; Егорова, 1986; Ainsworth and Bisby's Dictionary..., 1995; Алимова, 2005).

Анализ таксономической структуры микромицетных комплексов показал, что почва исследуемой травянистой экосистемы (пл. 1) характеризуется широким видовым спектром грибов, включающим 36 видов, отнесенных к 19 родам (табл. 8).

В слабо одернованном слое почвы под травами выявлено 14 видов грибов. Подавляющая часть – типичные сапротрофы из отдела *Deuteromycota* (табл. 8). Наиболее представительная их часть принадлежит семейству *Moniliaceae* (роды: *Cephalosporium*,

Таблица 8

Видовой состав микромицетов в почвах на техногенном субстрате

Виды грибов	Площадка 1				Площадка 2
	Под берегами	Под сосной	Под ивами	Под травами	
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arnaud	.	.	Р	Р	.
<i>Monocillium exolum</i> Batista et Heine	Р	Ч	.	.	Р
<i>Monocillium humicola</i> Barron	.	Р	.	.	Ч
<i>Mortierella alpina</i> Linnemann	.	.	.	.	Д
<i>Mortierella candelabrum</i> v. Tieg. et Le Moner	.	.	.	.	Ч
<i>Mortierella ramanniana</i> (Moller) Linnem	.	.	.	.	Ч
<i>M. verticillata</i> Linnem	Р	Р	Р	Д	Д
<i>M. vinacea</i> Dixon-Stewart	.	Ч	.	.	Р
<i>Mucor</i> sp.	.	.	.	Р	.
<i>Nigrospora</i> sp.	.	Р	.	.	.
<i>Fusarium</i> sp.	.	С	С	.	Р
<i>Fusudium terricola</i> Miller	.	Р	.	.	Р
<i>Cephalosporium terricola</i> Kamyschko	.	.	.	Р	.
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	.	.	.	Р	.
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze et Fr	.	.	.	.	Р
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Hugkes	Р	Р	Ч	Р	Ч
<i>Geothrichum</i> sp.	.	Р	Р	.	.
<i>Penicillium camemberti</i> Thom	.	.	.	.	Р
<i>P. ochrocloron</i> Biourge	.	.	.	.	Ч
<i>P. kursanovii</i> Chalabuda	Р	Р	Р	Р	Ч
<i>P. tardum</i> Thom	.	Р	.	Р	Р
<i>P. jensenii</i> Zal.	.	Р	.	Р	.
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson	.	Р	.	.	Р
<i>P. farinosus</i> (Holm) Brovn et Smith	.	Р	.	.	.
<i>Paecilomyces</i> sp.	Р	.	.	Р	.
<i>Phoma</i> sp.	Р	.	.	Р	.
<i>Rhinocladiopsis vesiculosa</i> Kamyschko	.	С	Р	Р	.
<i>Trichoderma album</i> Preuss	Р	Р	.	Р	.
<i>T. croceum</i> Bissett	.	.	Р	.	.
<i>T. fertile</i> Bissett	Р	.	.	.	.
<i>T. koningii</i> Oudemans	.	.	.	.	Р
<i>T. viride</i> Pers.: Fr.	Р	С	.	.	.
<i>Trichothecium roseum</i> Link ex Fries	.	С	.	.	.
<i>Verticillium</i> sp.	.	.	.	.	Р
<i>Mycelia sterilia</i> c/o	Р	Р	Ч	Р	Ч
<i>Mycelia sterilia</i> т/о	Р	Р	Ч	Д	Р
Всего	11	20	10	14	20

Примечание: Д – доминирующий вид, Р – редкий, С – случайный.

Geomyces, Trichoderma, Paecilomyces, Penicillium). Из семейства *Dematiaceae* был отмечен только вид рода *Cladosporium*. Помимо указанных выявлены также представители других таксонов из отдела *Zygomycota* (роды: *Mucor, Mortierella*). С высокой частотой выделялись темноокрашенные и бесцветные стерильные колонии *Mycelia sterilia*.

Существенным образом изменился микоценоз под влиянием внедрившихся на данный участок древесных растений, таких как сосна, береза и ива (табл. 8).

При исследовании микобиоты в почве под сосной выделено 20 видов грибов, относящихся к 13 родам трех отделов. Общими с микобиотой под травами являются девять видов. Из почвы под сосной выделялись в качестве специфических обитателей виды *Mortierella vinacea, Monocillium humicola, Trichothecium roseum, Nigrospora sp., Fusudium terricola, Paecilomyces farinosus*.

Под ивой и березой микобиота почвы мало отличается от микобиоты под травами. Специфичными видами для микобиоты под березой являются грибы *Trichoderma fertile, T. viride*, под ивой – *T. croceum*.

Внедрение древесных растений влияет на состав микобиоты почвы непосредственно в зоне кроны дерева.

В преобразуемом верхнем горизонте исследуемых почв травянистой экосистемы преобладают усваивающие органический азот аммонифицирующие бактерии, учтенные на питательной среде МПА (табл. 9). Наибольшее их количество отмечено в почве под березой и ивой. Количество той же группы аммонифика-

Таблица 9
Изменение количественной характеристики основных трофических групп почвенных микроорганизмов под влиянием древесных растений в травянистой экосистеме (пл. 1)

Глубина взятия образца, см	Количество микроорганизмов, млн. КОЕ/г в.с.п.					
	на питательных средах					
	МПА	КАА	Виноград- ского	Эшби	Гетчин- сона	Чапека
	Под травами					
0-2	84.7	18.2	3.5	2.9	0.08	9.1
	Под сосной					
0-2	86.8	6.9	1.9	4.9	0.03	7.6
	Под ивой					
0-2(3)	155.7	121.9	15.3	14.01	0.15	121.9
	Под березой					
0-2	263.3	121.4	16.8	15.5	0.08	97.2

торов в почве под травами и под сосной было наиболее низким. Микроорганизмы, использующие минеральный источник азота (на КАА), также преобладают в почвах под кронами лиственных древесных растений (березы и ивы). Их количество в почве под сосной и под травами невысокое.

Количественное отношение бактерий, выросших на среде КАА, к бактериям, определенным на среде МПА – коэффициент минерализации, позволяет отметить заметно большую степень минерализации растительной морт-массы в группе лиственных древесных растений, очевидно, за счет листового опада, особенно березы. Низкий коэффициент минерализации (0.1-0.2) под сосной, определяемый качественно иным составом растительной морт-массы, свидетельствует о складывающемся режиме заторможенной минерализации, формировании биологического круговорота, характерного для хвойных лесов. В почвах под березой и ивой было выделено достаточно большое количество олиготрофов и олигонитрофилов, учтенных на средах Виноградского и Эшби, соответственно. Сахаролитики, выросшие на среде Чапека, в почве под сосной в основном представлены мицелиальными и дрожжевыми грибами, в то время как под травами и лиственными породами – актиномицетами и бактериями. На среде Гетченсона целлюлозолитики во всех почвенных пробах представлены дрожжами из рода *Candida* и актиномицетами из рода *Streptomyces*.

Таким образом, количественно-качественная характеристика пула микроорганизмов имеет свои особенности в соответствии с типом растительности, определяющим в целом тип экосистемы.

Полученные результаты комплексных (сопряженных) исследований позволяют сделать заключение о формировании еще на ранних этапах характерной черты лесной экосистемы – парцеллярного строения почвенно-растительного покрова.

1.1.2. Характеристика лесной экосистемы на техногенном наносе

На таком же техногенном субстрате, что и под травянистым сообществом, в виде невысокого вала с другой стороны реконструированной дороги, в процессе самозарастания сформировалось древесное сообщество – ольшаник травяной (пл. 2). Древесный ярус представлен ольхой серой 25-30-летнего возраста, высотой 8-12 м, диаметр стволов 6-15 см. Сомкнутость крон до 0.9, что характерно для молодого (новообразованного) древесного яруса с отсутствием «окон» (рис. 5). Единично отмечены береза и ель.

За период исследований в молодой экосистеме произошли заметные изменения растительного покрова как количественно-

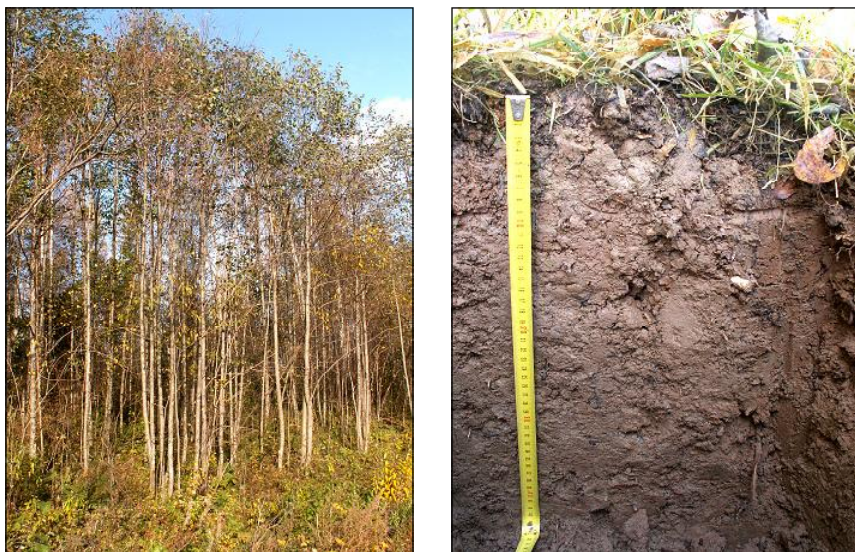


Рис. 5. Ольшаник, площадка 2. Почва новообразованная суглинистая.

го, так и качественного характера. В травяном покрове насчитывается 12 видов сосудистых растений, что значительно меньше, чем на более раннем этапе наблюдений на этом же участке (33 вида) (Посттехногенные экосистемы..., 2002). Господствующим остается хвощ лесной (см. табл. 1), предпочитающий рыхлые субстраты. Сокращение количества видов по сравнению с 1996 г., вероятно, связано с возрастным развитием крон ольхи. Установлено (Дегтева, Ипатов, 1987), что с возрастом в древостое серой ольхи происходит уменьшение сквозистости и, соответственно, освещенности под кронами. Как результат – выпадение светлюбивых рудеральных видов (одуванчика лекарственного, мать-и-мачехи, черноголовки обыкновенной), а также видов лугового и опушечно-полянного ценотипов (ястребинки зонтичной (*Hieracium umbellatum*), фиалки собачьей (*Viola canina*), горошка заборного (*Vicia sepium*), земляники лесной и др.).

Кроме того, на площадке 2 не зафиксирован ряд обычных лесных видов, поселившихся здесь ранее, – перловника поникшего (*Melica nutans*), грушанки средней (*Pyrola media*), костяники обыкновенной (*Rubus saxatilis*) и др. По-видимому, почвенные условия еще не являются достаточно благоприятными для их закрепления в формирующемся фитоценозе. Выпадение целого ряда видов свидетельствует о продолжении сукцессионного процесса, становлении лесной экосистемы.

В роли наполнителей выступает крупнотравье – дудник лесной (*Angelica sylvestris*), вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), обильно представлены марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys*), звездчатка ланцетолистная (*Stellaria holostea*). Важно отметить, что ольха серая, обладающая способностью к фиксации азота, значительно обогащает им новообразованную почву. Этим можно объяснить присутствие в травяном покрове сероольшаника некоторых неморальных видов – звездчатки ланцетолистной, живучки ползучей (*Ajuga reptans*), медуницы неясной (*Pulmonaria obscura*), которые являются нитрофилами. Таким образом, ольшаник на данном этапе является молодой (развивающейся) и, соответственно, малостабильной экосистемой. Вместе с тем, с выпадением видов, поселившихся на ранних стадиях развития, ольшаник приобретает более выраженный тип лесной экосистемы.

Общая наземная фитомасса в ольшанике представлена в основном морт-массой (около 70%) (табл. 10). Иными словами, в лесной экосистеме напочвенный покров – это слабо разложившаяся лесная подстилка.

Таблица 10

Количество фитомассы напочвенного покрова в ольшанике (2007 г.)

Повторность	Живая		Отмершая	
	г/м ²	Среднее	г/м ²	Среднее
1	179.2		544.8	
2	150.4	145.7	196.4	292.3
3	107.6		135.6	

В ольшанике в связи с однородностью строения древесного яруса колебания в составе и количестве собираемого опада варьировали в небольших пределах (табл. 11). Поступление опада было

Таблица 11

Количество опада в ольшанике

Период накопления опада	Среднее, г/м ²	Минимальное, г/м ²	Максимальное, г/м ²	Активная фракция, %	Неактивная фракция, %
15.05.07–27.07.07	23.9	14.4	32.4	56.4	43.6
28.07.07–18.10.07	282.1	259.2	295.5	96.7	3.3
19.10.07–30.05.08	53.0	36.2	77.8	62.3	37.7
31.05.08–28.07.08	27.5	15.2	56.3	89.1	10.9
29.07.08–19.09.08	91.6	78.6	121.1	95.8	4.2
20.09.08–24.10.08	171.5	144.5	196.1	94.8	5.2

максимальным в осенний период, доля листовой части опада (активная фракция) – максимальной в осенний период, минимальной – в период покоя растений и первой половине вегетационного периода.

Для определения скорости разложения опада 18 октября 2007 г. в ольшанике заложили среднюю пробу свежего листового опада и травянистую массу напочвенного покрова. В связи с достаточным количеством азота в почве в ольшанике складываются благоприятные условия для разложения. За год листовой опад разложился на 60%, травянистая фитомасса – на 67.5 (рис. 6).

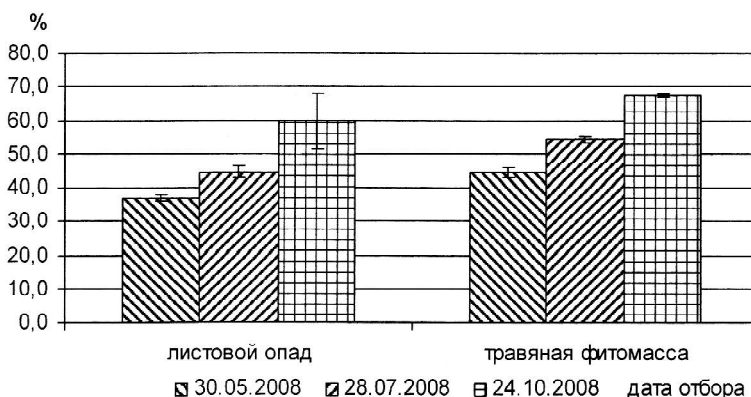


Рис. 6. Динамика разложения листового опада и массы напочвенного покрова в ольшанике.

Напочвенный покров разлагается быстрее, чем листовой, причем скорость его разложения напрямую зависит не только от условий разложения, но и от его состава.

Целлюлозоразрушающую активность почв определяли по степени разложения льняного полотна. Полотно заложили на глубину 0-10 см в верхний горизонт почв в трехкратной повторности 15 мая 2007 г. Через 37 дней в ольшанике степень разложения льняной ткани составила в среднем 74%.

Почву в ольшанике характеризует следующее морфологическое строение (рис. 5).

AOA1 0-3(4) см

Среднеразложившаяся, рыхлая подстилка, много корней травянистых растений, нижняя часть подстилки переходит в темно-серую гумусированную супесчаную массу, бесструктурную, на границе со следующим горизонтом древесные корни, переход ясный по цвету

A1B 3(4)-10(12) см Светло-коричневый суглинок глыбисто-ореховой структуры, корни очень редко (практически необразованный техногенный субстрат)
Почва новообразованная лесная неоподзоленная суглинистая.

Результаты химического анализа почвы (табл. 12) согласуются с четким морфологическим оформлением органо-аккумулятивного слоя, в котором аккумулярованы органический углерод (гумус) и элементы-биогены, содержание их резко убывает под маломощным еще горизонтом A0A1.

Таблица 12

Химические свойства почвы ольшаника

Образец, глубина, см	pH вод.	Сорг., %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
			мг/100г			ммоль/100г	
A0A1 0-3(4)	5.9	7.14	5.3	17.4	73.5	20.8	6.5
A1B 3(4)-14	5.2	0.62	2.2	14.3	15.4	6.5	3.3
III 14-33	5.3	0.31	2.1	11.3	1.6	3.8	1.8
IV 33-43	5.3	0.14	1.9	12.4	1.2	3.3	1.3

В составе гумуса также отмечено изменение качественного состава под биогенно-аккумулятивным слоем (табл. 13). В горизонте A0A1 происходит накопление гуминовых веществ (Сгк/Сфк = 0.7), которое сменяется под ним их уменьшением (Сгк/Сфк = 0.3). Растворимость новообразованного гумуса закономерно снижается под горизонтом A0A1, что характерно для почв лесных экосистем.

За период наблюдений (Посттехногенные экосистемы..., 2002) в морфологическом строении почвы существенных изменений не зафиксировано, однако можно отметить изменение некоторых химических показателей. Так, органо-аккумулятивный слой характеризуется накоплением гуминовых веществ (ГВ), тогда как под ним доля ГВ почти в три раза уменьшается. При этом в составе фульвокислот (ФК) доля кислоторастворимой фракции (1а) почти вдвое увеличивается (табл. 13), что характерно для почв лесных экосистем.

Таблица 13

Состав гумуса в почве ольшаника

Образец	Глубина образца, см	С, %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Нерастворимый остаток	Сгк/Сфк
			1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ		
A0A1	0-2(5)	7.14	6.1	11.1	7.4	24.6	3.5	16.4	5.0	9.9	34.8	40.5	0.7
A1B	5-14	0.62	3.2	3.2	3.2	9.6	6.4	4.8	11.3	6.4	28.9	61.5	0.3

Характеризуя микробный пул в почве ольшаника, следует отметить довольно высокую численность бактерий в обоих верхних горизонтах А0А1 и А1В (табл. 14). Обращает на себя внимание распределение в тех же горизонтах длины актиномицетного мицелия, которая соответственно больше в горизонте А1В, насыщенном корнями растений.

Таблица 14

Численность почвенных микроорганизмов в ольшанике

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов, м/г	Споры грибов, млн. спор/г	Мицелий актиномицетов, м/г	Бактерии, млрд. клеток/г
А0А1 0-3(5)	<u>843.6</u>	<u>6.5</u>	<u>51.28</u>	<u>1.5</u>
	512.8-1251.3	4.5-7.8	25.64-76.92	0.5-5
А1В 3(5)-15	<u>789.74</u>	<u>2.1</u>	<u>230.76</u>	<u>1.5</u>
	520.51-1128.2	1-5	76.92-358.97	0.05-2.5

Примечание. Здесь и в табл. 15: над чертой – среднее значение, под чертой – крайние значения.

В распределении микробной массы наблюдается иная картина (табл. 15). Хотя количество бактерий значительно – 1.5 млрд. клеток/г почвы, но их биомасса меньше, чем грибов. Биомасса бактерий и актиномицетов в исследованном сообществе находится в пределах 1.0-1.3% от общей биомассы микроорганизмов. На долю микромицетов приходится подавляющая часть общей микробной биомассы – более 99%, из которой 97% составляет мицелий.

Для характеристики микобиоты наиболее информативным считается соотношение биомассы спор и мицелия, которое дает возможность оценить не только суммарную биомассу, но и состояние грибов в почве. Соотношение мицелия и спор в ольшанике составляет (%) 98.1/1.9, что указывает на активное состояние микромицетов.

В почве ольшаника выявлены часто встречающиеся темно- и светлоокрашенные представители стерильного мицелия из поряд-

Таблица 15

Биомасса микроорганизмов в почве ольшаника, мг/г

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов	Споры грибов	Мицелий актиномицетов	Бактерии
А0А1 0-3(5)	<u>3.29</u>	<u>0.065</u>	<u>0.002</u>	<u>0.03</u>
	2.0-4.88	0.045-0.078	0.001-0.003	0.01-0.04
А1В 3(5)-15	<u>3.08</u>	<u>0.021</u>	<u>0.009</u>	<u>0.03</u>
	2.03– 4.4	0.01-0.05	0.003-0.014	0.01-0.05

ка *Mycelia sterilia* и 18 видов микромицетов, относящихся к восьми родам и трем отделам. Класс *Zygomycota* представлен шестью видами рода *Mortierella* (*M. alpina*, *M. candelabrum*, *M. ramanniana*, *M. verticillata*, *M. vinacea*); отдел *Ascomycota* – *Chaetomium* sp.; отдел *Deuteromycota* – *Monocillium exolum*, *M. humicola*, *Fusarium* sp., *Fusudium terricola*, *Geomyces pannorum*, *Penicillium camemberti*, *P. ochrochloron*, *P. kursanovii*, *P. tardum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma koningii*.

В органогенном слое почвы ольшаника ранее было выделено 25 видов микромицетов, принадлежащих к девяти родам.

По сравнению с ранее проведенными исследованиями (Посттехногенные экосистемы..., 2002) микобиота почвы в ходе саморазвития экосистемы ольшаника обогатилась семью новыми видами. Это грибы из рода *Mortierella* – *M. alpina*, *M. candelabrum*, *M. ramanniana*, *M. verticillata*, *M. vinacea*, которые с высокой частотой выделяются из почвы как листовенных, так и хвойных лесов средней тайги. *Fusudium terricola* отмечен также впервые для микобиоты ольшаника.

Как свидетельствуют полученные результаты (табл. 16), в органогенном горизонте почвы ольшаника бактерии, усваивающие органический азот, достаточно активны и составляют 96.2 млн. КОЕ на грамм воздушно-сухой почвы, нитрофилы, использующие для своего развития неорганический азот, – 72 млн. КОЕ.

Коэффициент минерализации ниже 1, что свидетельствует о неполной минерализации растительного опада. Сахаролитики на среде Чапека представлены главным образом дрожжами и мицелиальными грибами. Количество олигонитрофилов и условных азотфиксаторов на среде Эшби в ольшанике в несколько раз больше их аналогов в других исследуемых экосистемах, что согласуется с азотфиксирующей активностью симбиотических микроорганизмов в ризосфере ольхи.

Биомасса бактерий и актиномицетов в ольшанике составляет 1.0-1.3% от общей биомассы микроорганизмов. На долю микромицетов приходится подавляющая часть общей микробной биомассы (более 99%), из которой 97 – мицелий. Соотношение мас-

Таблица 16

Количественная характеристика основных трофических групп почвенных микроорганизмов в почве ольшаника

Глубина взятия образца, см	Количество микроорганизмов в млн. КОЕ на г в.с.п.					
	на питательных средах					
	МПА	КАА	Виноградского	Эшби	Гетчинсона	Чапека
0-2	96.2	72.0	2.1	30.3	0.08	12.9

сы мицелия и спор в ольшанике составляет (%) 98.1/1.9, что свидетельствует об активном состоянии микромицетов в биогео-аккумулятивном слое. Напомним, что в почве под травами (пл. 1) соотношение мицелия и спор (%) – 86.2/3.8, доля бактерий в микробной массе – 3-6%. Таким образом, бактерии в трансформации растительных остатков в травянистом сообществе играют большую роль по сравнению с ольшаником.

Следовательно, количественно-качественная характеристика пула микроорганизмов имеет свои особенности в соответствии с типом растительности, определяющим тип экосистемы.

На основании анализа рассмотренных материалов можно сделать заключение, что самовосстановление экосистемы на техногенной пустоши может происходить, начиная как с пионерных травянистых группировок (пл. 1), так и непосредственно с листовых древесных растений (пл. 2), характеризующихся довольно высокой скоростью роста.

1.2. САМОВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СУКЦЕССИЯ ПОСЛЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РУБОК

Две стационарные площадки 3 и 4 расположены в лиственном лесу возраста примерно 100 лет, представляющего стадию самовосстановительной сукцессии, которая после нарушения елового леса характеризуется довольно длительным периодом господства лиственных пород.

В березняке (площадка 3) (рис. 7) преобладает береза пушистая (8 единиц) с небольшой примесью ели сибирской.

Общая сомкнутость крон достигает 0.7, хотя имеются и более открытые участки – «окна» (ясно выражена парцеллярность). Подлесок разреженный, сформирован кустарниками: волчье лыко (*Daphne mezereum*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*). Травяно-кустарничковый покров хорошо развит, в нем отмечено 29 видов сосудистых растений (табл. 17), что заметно меньше, чем 10 лет назад. Общее проективное покрытие составляет 95%. Ведущую роль в нем играют травы – ве́йник тростниковый (*Calamagrostis arundinacea*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), костяника обыкновенная. Отмечены также перловник поникший, купальница европейская (*Trollius europaeus*), звездчатка ланцетолистная, бор развесистый (*Milium effusum*) и другие, характерные для неморальных лесов. Их присутствие обеспечивается достаточно высокой степенью освещенности, в то время как таежные виды – черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*V. vitis-idaea*), майник двулист-



Рис. 7. Березняк, площадка 3. Почва слабодерновая слабоподзолистая суглинистая.

ный (*Majanthemum bifolium*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*) малообильны и приурочены к более затененным еловым парцеллам.

Древостой осинника (пл. 4) (рис. 8) сложен осинкой (5 единиц), со значительной примесью ели сибирской (3 единицы) и березы пушистой (2 единицы). Высота деревьев достигает 20-23 м, диаметр стволов – 15-17 см, сомкнутость крон 0.7. Обращает на себя внимание второй полог, в котором представлена ель сибирская как и в березняке. В составе подроста имеются некоторые различия – в березняке встречается в основном ольха серая, в осиннике – ольха серая и ель сибирская.

Всего в травяно-кустарничковом ярусе отмечено 27 видов сосудистых растений (табл. 17), что меньше по сравнению с начальным периодом наблюдений (34 вида). Ведущее положение занимают: вейник тростниковый, дудник лесной, бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum*), герань лесная (*Geranium sylvaticum*), заметного обилия достигают голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium dryopteris*), костяника обыкновенная. В осиннике выше, чем в березняке участие видов еловых лесов: черники, брусники. Несколько меньше по сравнению с начальным периодом наблюдений стало обилие видов, требовательных к освещенности, однако, в целом, значительных изменений в раститель-

Таблица 17

**Характеристика состава растительности
на участках стационарных наблюдений в послерубочном лиственном лесу**

Вид растений	Объекты наблюдений			
	Березняк (пл. 3)		Осинник (пл. 4)	
	Год наблюдений			
	2001	2008	2001	2008
Древостой, состав				
I полог				
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.			ед	ед
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	8	8	2	2
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	2	2	3	3
<i>Pinus sylvestris</i> L.	+	+	ед	ед
<i>Populus tremula</i> L.	+	+	5	5
Число видов	4	4	5	5
Сомкнутость	0.7	0.7	0.7	0.7
Высота, м	15-17	15-17	15-17	15-17
Диаметр ствола, см	14-20	14-20		14-17
II полог				
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.				ед
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.	ед	ед		
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	10	10	10	10
<i>Salix caprea</i> L.	ед	ед		
Высота, м	До 12	До 12	До 12	До 12
Диаметр ствола, см	14-18	14-18	14-18	14-18
Класс возраста	XI	XI	XI	XI
Подрост, состав				
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.	9	9	6	6
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.		ед		
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	1	1	4	4
Число видов	2	3	2	2
Высота, м	До 3	До 3	До 3	До 3
Диаметр ствола, см	До 3	До 3	До 3	До 3
Подлесок				
<i>Daphne mezereum</i> L.		ед		ед
<i>Lonicera pallasii</i> Ledeb.	ед	ед	ед	ед
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	ед	ед	ед	ед
<i>Salix caprea</i> L.		ед		
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	ед	ед	ед	ед
Число видов	3	5	3	4
Сомкнутость	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Высота, м	До 3	До 3	До 3	До 3

Продолжение табл. 17

Вид растений	Объекты наблюдений			
	Березняк (пл. 3)		Осинник (пл. 4)	
	Год наблюдений			
	2001	2008	2001	2008
Травяно-кустарничковый ярус, удельное обилие				
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	ед	ед		ед
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	р	ед		
<i>Ajuga reptans</i> L.	ед		ед	ед
<i>Alchemilla</i> sp.	ед			
<i>Angelica sylvestris</i> L.	ед	ед	ед-р	р-н
<i>Atragene sibirica</i> L.	ед	ед	р-н	р
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	р	н	с	с
<i>C. purpurea</i> (Trin.) Trin.		р		
<i>Carex digitata</i> L.	ед			
<i>C. globularis</i> L.			ед	ед
<i>Centaurea phrygia</i> L.	ед	ед		ед
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	р-н			
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	ед	ед	ед	н
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartm.			ед	
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel.			ед	
<i>Dactylorhiza</i> sp.	ед		ед	
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	ед			
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	ед	ед	ед	ед
<i>Fragaria vesca</i> L.	ед	ед	ед	р
<i>Galium mollugo</i> L.	ед	ед		
<i>Geranium sylvaticum</i> L.	ед	ед	р-н	р-н
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) New m.			н	р-н
<i>Hieracium altipes</i> (Lindb. fil. ex Zahn) Juxip	ед		ед	ед
<i>H. umbellatum</i> L.	ед		ед	ед
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	ед	р	р	р
<i>Linnaea borealis</i> L.			ед	ед
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.		ед	ед	ед
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	ед	ед	ед-р	ед
<i>Melampyrum pratense</i> L.		ед		
<i>Melica nutans</i> L.	р	р	р	
<i>Milium effusum</i> L.	р	р		ед
<i>Oxalis acetosella</i> L.	р-н	р-н	ед	ед-р
<i>Paris quadrifolia</i> L.	ед	ед		
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.			ед	
<i>Poa nemoralis</i> L.	ед			

Окончание табл. 17

Вид растений	Объекты наблюдений			
	Березняк (пл. 3)		Осинник (пл. 4)	
	Год наблюдений			
	2001	2008	2001	2008
<i>Prunella vulgaris</i> L.	ед			
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort	ед			
<i>Pyrola media</i> Sw.	ед	ед	ед	ед
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.			ед	ед
<i>Ranunculus propinquus</i> C.A.Mey	ед		ед	
<i>Rubus saxatilis</i> L.	ед	р-н	н	н
<i>Solidago virgaurea</i> L.	ед	ед	ед	ед
<i>Stellaria holostea</i> L.	н	р	ед	
<i>Thalictrum minus</i> L.	ед			
<i>Trientalis europaea</i> L.	ед	ед	ед	ед
<i>Trollius europaeus</i> L.	р-н	р		
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	ед	ед	р-н	р
<i>V. vitis-idaea</i> L.	ед	ед	р	ед
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	ед-р	ед		
<i>Vicia sepium</i> L.	ед		ед	
<i>V. sylvatica</i> L.		ед	ед	ед
<i>Viola canina</i> L.	ед		ед	
<i>V. selkirkii</i> Pursh ex Goldie	ед			
Число видов	42	30	34	28
Общее проективное покрытие, %	95-98	95	70-90	70-90
Высота, см	7-100	10-100	7-100	7-100

ном сообществе осинника не выявлено, хотя имеется тенденция, выражающаяся в усилении роли компонентов еловых лесов, чего не зафиксировано в березняке. Таким образом, на обеих площадках в напочвенном покрове отмечено снижение количества видов, более требовательных к освещенности.

Масса живого растительного покрова, как и накопление подстилки, в среднем больше в березняке, чем в осиннике (табл. 18), что в общем согласуется с меньшим проективным покрытием в осиннике (табл. 17).

Обращаясь к данным таблиц 19 и 20, можно отметить заметно большее количество опада в березняке по сравнению с осинником. Как и следовало ожидать, основная масса опада поступает в осенний период массового листопада (доля листьев до 90%). В период покоя растений и в первую половину вегетационного периода в составе опада закономерно снижается доля листьев. На-

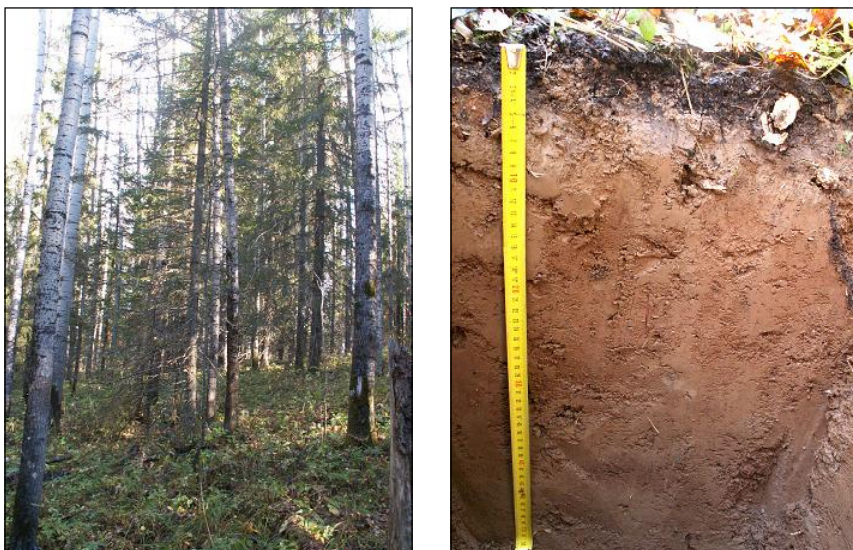


Рис. 8. Осинник, площадка 4. Почва слабодерновая слабоподзолистая суглинистая.

пример, в период покоя в березняке до 34% опада приходится на неактивную фракцию, в осиннике – до 40%, с чем связано сильное варьирование массы опада.

Таблица 18

**Количество фитомассы напочвенного покрова
на площадках 3 и 4 (2007 г.)**

Объект	Живая часть		Морт-масса (подстилка)	
	г/м ²	среднее	г/м ²	среднее
Березняк (пл. 3)				
Под березой	34.0		230.4	
-«-	151.2		437.6	
-«-	103.2	96.8	194.8	292.7
Под елью	83.2		192.0	
-«-	112.4		408.8	
Осинник (пл. 4)				
Под елью	37.6		340.8	
-«-	83.2		155.6	
Под осинной	50.0	76.8	152.8	227.3
-«-	106.4		254.4	
-«-	106.8		232.8	

Таблица 19

Количество опада в березняке (площадка 3)

Период накопления опада	Среднее, г/м ²	Минимальное, г/м ²	Максимальное, г/м ²	Активная фракция, %	Неактивная фракция, %
15.05.07–27.07.07	44.4	36.4	54.4	46.3	53.7
28.07.07–18.10.07	198.6	175.5	222.8	99.4	0.6
19.10.07–30.05.08	60.8	21.2	115.3	66.3	33.7
31.05.08–28.07.08	26.3	18.6	28.9	94.3	5.7
29.07.08–19.09.08	104.1	64.0	144.2	71.2	28.8
20.09.08–24.10.08	111.8	91.2	118.8	95.5	0.5

Таблица 20

Количество опада в осиннике (площадка 4)

Период накопления опада	Среднее, г/м ²	Минимальное, г/м ²	Максимальное, г/м ²	Активная фракция, %	Неактивная фракция, %
15.05.07–27.07.07	12.0	5.6	18.0	85.6	14.4
28.07.07–18.10.07	117.1	88.8	145.2	99.1	0.9
19.10.07–30.05.08	57.8	25.9	120.6	60.1	39.9
31.05.08–28.07.08	11.3	1.8	17.2	98.2	1.8
29.07.08–19.09.08	34.9	20.4	58.1	80.0	20.0
20.09.08–24.10.08	109.1	77.0	147.4	86.6	13.4

Листовой опад, заложенный 18 октября 2007 г., в березняке разлагался медленнее, чем в осиннике: за год 30 и 51% соответственно (рис. 9, 10). Травянистые остатки за год разлагаются более чем на 60% на обеих площадках.

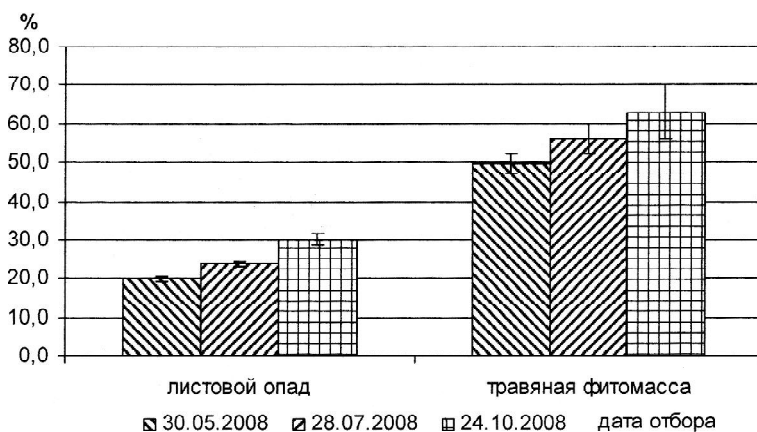


Рис. 9. Динамика разложения листового опада и травяной фитомассы напочвенного покрова в березняке.

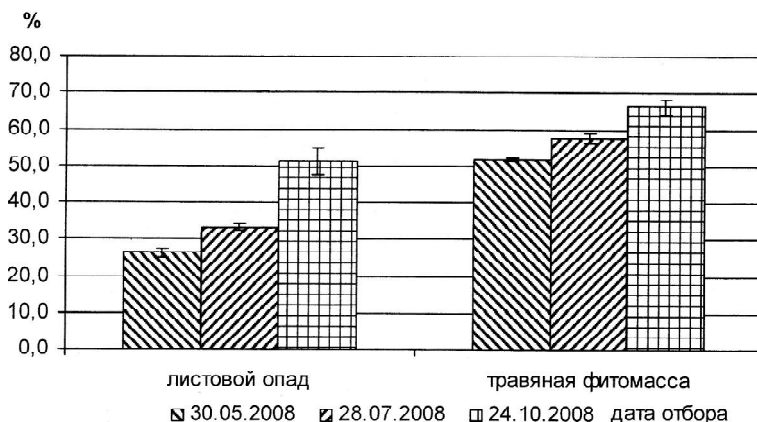


Рис. 10. Динамика разложения листового опада и травяной фитомассы напочвенного покрова в осиннике.

В березняке на поверхности почвы травяно-лиственный опад, под которым мхи. Почва имеет следующее строение (рис. 7):

A0	0-1.5(2) см	Рыхлая среднеразложившаяся подстилка, переходящая в гумусовый слой
A1	1.5(2)-5(7) см	Суглинистый, черного цвета, рыхлый, комковатой структуры, много корней, ясная граница с нижележащим слоем по цвету и сложению
A2B	5(7)-10(15) см	Суглинистый светло-коричневый с серым оттенком, глыбисто- крупнореховатой структуры, переход в гор. В по цвету и сложению

Почва слабодерновая слабоподзолистая суглинистая.

Почва в осиннике характеризуется следующим строением (рис. 8):

A0	0-2(3) см	Рыхлая травянисто-моховая подстилка, слабо разложившаяся в верхней части, среднеразложившаяся в нижней
A1	2(3)-8(9) см	Суглинистый, коричнево-темносерый, рыхлый, легко рассыпается, комковатой структуры, много корней, переход в гор. A2B по цвету и сложению
A2B	8(9)-10(12) см	Суглинистый, коричневый, рыхлый, рассыпается на крупно-ореховатые отдельные, переход в гор. В по цвету и плотности

Почва слабодерновая слабоподзолистая суглинистая.

Почва в березняке и осиннике имеет практически одинаковое строение, главной особенностью которого является четко

выраженный гумусовый горизонт мощностью до 5-6 см под среднеразложившейся травянисто-лиственной подстилкой малой мощности (около 2 см). Оподзоленный горизонт слабо выделяется в виде перехода к горизонту В. Почвы слабогумусовые, слабо- или остаточного подзолистые, суглинистые. Результаты химического анализа (табл. 21) согласуются с морфологическим строением. Содержание органического углерода, азота, кальция, фосфора, калия повышено в горизонтах А0 и А1, довольно резко убывая под ними.

Хотя в составе гумуса органогенного слоя (табл. 22) преобладают фульвокислоты, отношение Сгк/Сфк близко к единице, что определяется составом и количеством поступающего на поверхность почвы растительного материала, а также условиями его трансформации. Об изменении состава органического вещества свидетельствуют повышение растворимости, снижение доли нерастворимого остатка до 37-44% (Посттехногенные экосистемы..., 2002).

Следует отметить, что в составе органогенного слоя (гор А0) рассматриваемых почв преобладают в основном фракции 1 и 3 как гуминовых кислот (ГК), так и фульвокислот (ФК), т.е. новообразованные соединения ГК и ФК (фр. 1) и комплекс гумусовых веществ фракции 3, более прочно связанных с трансформируемыми растительными остатками. В горизонте А1 в составе ГК представлены 1 и 2 фракции, при этом в комплексе ГК и ФК 1 фракции преобладают ФК, а во 2 фракции – ГК, что характерно для состава гумусового горизонта А1.

Таблица 21

Химические свойства почв в березняке и осиннике

Местоположение	Горизонт, глубина, см	рН водн.	Сорг., %	Nгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					мг/100г				ммоль/100г
Березняк (площадка 3)	A0 0-5(7)	5.4	8.1	7.8	4.3	22.4	16.9	2.5
	A1 7-10	5.4	3.1	3.5	6.6	11.3	6.2	1.1
	A2B 10-20	5.3	0.3	2.2	1.7	1.6	0.7	0.0
	B1 20-30(33)	5.3	0.3	1.8	4.6	7.14	1.6	0.2
	B2 33-50	5.3	0.1	1.5	15.0	1.6	2.3	0.3
Осинник (площадка 4)	A0 0-6	5.6	8.0	9.5	5.8	18.2	16.0	1.6
	A1 6-8	4.8	2.3	4.6	4.4	1.6	1.7	0.0
	A2B 8-19	5.2	0.4	1.8	9.2	0.5	1.0	0.0
	B1 19-30	5.3	0.3	1.5	11.0	1.1	3.0	0.8
	B2 30-52	5.4	0.3	1.3	9.6	1.3	2.7	0.6

Таблица 22

Состав гумуса в почвах березняка и осинника

Место-положение	Горизонт, глубина, см	С орг., %	Гуминовые кислоты					Фульвокислоты					Нерастворимый остаток	Стк/Сфк		
			1		2		3		1a		2				3	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			1	2
Березняк	A0A1 0-5(7)	8.1	9.6	6.9	9.3	25.4	3.3	17.4	5.2	11.2	37.1	37.1	0.7			
	A1 7-10	3.1	9.8	9.4	7.2	26.4	3.9	14.0	3.6	8.5	30.0	43.6	0.9			
Осинник	A0A1 0-6	8.0	6.8	7.8	9.5	24.1	3.4	13.8	5.5	11.3	34.0	41.9	0.7			
	A1 6-8	2.3	7.3	15.1	3.4	25.8	4.7	15.9	2.1	9.9	32.6	41.6	0.7			

Почвы березняка и осинника характеризуются высокой численностью бактерий (табл. 23), причем большей в березняке. Вместе с тем, в обеих почвах высока длина мицелия грибов.

Органо-аккумулятивный слой отмечается в почве обоих сообществ максимальной биомассой грибов (табл. 24). Биомасса бактерий и актиномицетов находится в пределах 1.0-1.3% от общей биомассы микроорганизмов. Невысокая доля спор свидетельствует об активном состоянии микромицетов. В биомассе грибов соотношение мицелия и спор (%) составило 98.1-98.7/1.3-1.9 и 98.0-98.2/1.8-2.0, в березняке и осиннике соответственно.

В березняке из органогенно-аккумулятивного слоя выделено 23 вида микромицетов, относящихся к восьми родам из трех отделов, а также три формы стерильного мицелия (табл. 25). Подавляющее число видов принадлежит к несовершенным грибам – 19 видов из семи родов; зигомицеты представлены семью видами родов *Mucor*, *Mortierella*, сумчатые грибы – одним видом рода *Chaetomium*. В целом в почве березняка по видовому разнообразию преобладают представители родов *Mortierella* и *Penicillium* (шесть и три вида соответственно). Комплекс типичных видов грибов в органогенном слое почвы березняка включает два доминирующих вида (*Mortierella ramanniana* и светлоокрашенные формы стерильного мицелия *Mycelia sterilia*). Среди типичных в основном представлены те же виды, которые были выделены из этих почв ранее (Постехногенные экосистемы..., 2002), такие как *Mucor* sp., *Geomyces panorum*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium camemberti*, *Trichoderma koningii*, *T. lignorum*.

Из аккумулятивного слоя почвы осинника в 2008 г. было выделено 19 видов микромицетов, принадлежащих к 10 родам из трех отделов, и две формы стериль-

Таблица 23
Количественная характеристика почвенной микробиоты
в березняке и осиннике

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов, м/г	Споры грибов, млн. спор/г	Мицелий актиномицетов, м/г	Бактерии, млрд. клеток/г
Березняк				
A0A1 0-5(6)	<u>839.6</u> 612-1216	<u>6.6</u> 6.3-6.9	<u>134.8</u> 130-146	<u>2.2</u> 1.7-2.3
A1 5(6)-8(10)	<u>1112</u> 550-1560	<u>5.7</u> 4.8-7.2	<u>101</u> 80-110	<u>2.5</u> 2.4-2.9
Осинник				
A0A1 0-6	<u>829.2</u> 528-1110	<u>6.5</u> 5.9-7.1	<u>129.8</u> 122-151	<u>1.7</u> 1.6-1.9
A1 6-8(9)	<u>840</u> 520-1060	<u>6.1</u> 5.6-7.0	<u>106.2</u> 81-120	<u>1.52</u> 1.0-1.7

Примечание. Здесь и в табл. 24: над чертой – среднее значение, под чертой – крайние значения.

ного мицелия. Основные типичные виды грибов выявлены в 2008 г., как и в предшествующий период исследований. В число доминантов, как и в предыдущие годы, входят *Mortierella ramaniana*, светлоокрашенные формы стерильного мицелия *Mycelia sterilia*.

Таким образом, в почвах березняка и осинника преобладают практически одни и те же виды грибов, относящиеся к доминантам и часто встречающимся. О сходстве комплексов микромицетов можно судить по довольно высокому коэффициенту Жаккара – 63.2%. Для микобиоты почв березняка и осинника характерны черты, свойственные почвам таежной зоны. Это – домини-

Таблица 24
Биомасса микроорганизмов в почвах березняка и осинника, мг/г

Горизонт, глубина, см	Мицелий грибов	Споры грибов	Мицелий актиномицетов	Бактерии
Березняк				
A0A1 0-5(6)	<u>3.27</u> 2.38-4.74	<u>0.065</u> 0.063-0.069	<u>0.005</u> 0.005-0.006	<u>0.04</u> 0.03-0.05
A1 5(6)-8(10)	<u>4.34</u> 2.15-6.08	<u>0.057</u> 0.048-0.072	<u>0.004</u> 0.003-0.005	<u>0.05</u> 0.05-0.06
Осинник				
A0A1 0-6	<u>3.23</u> 2.06-4.32	<u>0.065</u> 0.059-0.071	<u>0.005</u> 0.005-0.006	<u>0.03</u> 0.03-0.04
A1 6-8(9)	<u>3.28</u> 2.03-4.13	<u>0.061</u> 0.056-0.07	<u>0.004</u> 0.003-0.005	<u>0.03</u> 0.02-0.03

Таблица 25

Видовой состав микромицетов в почвах березняка и осинника

Виды грибов	Березняк	Осинник
<i>Zygomycota</i>		
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel.	Р	Ч
<i>M. candelabrum</i> v. <i>minor</i> Grove	Р	Р
<i>M. humicola</i> Oudemans	Р	.
<i>M. ramanniana</i> (Moller) Linnem.	Д	Д
<i>M. vinacea</i> Dixon-Stewart	Р	.
<i>M. marburgensis</i> Linnem.	Р	.
<i>Mucor</i> sp.	Ч	Ч
<i>Deuteromycota</i>		
<i>Acremonium</i> sp.	Р	Р
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Hugkes	Ч	Ч
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers) Link ex Fries	Р	Р
<i>Monocillium</i> sp.	Ч	Ч
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson	Р	.
<i>P. variotii</i> Bainier	Р	Р
<i>Penicillium camemberti</i> Thom	Ч	Ч
<i>Penicillium kursanovii</i> Chalabuda	Р	.
<i>Penicillium</i> sp.	Р	Р
<i>Phoma</i> sp.	.	Р
<i>Trichoderma koningii</i> Oudemans	Р	Р
<i>T. lignorum</i> (Tode) Harz	Р	Р
<i>Verticillium</i> sp.	.	Р
<i>Zygodemus fuscus</i> Corda	.	Р
<i>Mycelia sterilia</i>		
<i>Mycelia sterilia</i> (Basidiomyc.)	Р	Р
<i>Mycelia sterilia</i> (Moniliaceae)	Д	Д
<i>Mycelia sterilia</i> (Dematiaceae)	Ч	Ч
<i>Ascomycota</i>		
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze et Fr.	Р	
Всего видов	23	19

Примечание. Д – доминирующий вид, Ч – частый, Р – редкий, С – случайный.

рование *Mycelia sterilia* и частая встречаемость *Geomyces pannorum*.

В органогенном горизонте исследуемых почв преобладают аммонификаторы, усваивающие органический азот (МПА) (табл. 26). Их количество достигает в березняке и осиннике 363.1 и 170.0 млн. КОЕ на грамм почвы соответственно, а микроорганизмы, исполь-

Таблица 26

Количественная характеристика основных трофических групп почвенных микроорганизмов в почвах березняка и осинника

Глубина взятия образца, см	Количество микроорганизмов в млн. КОЕ на г почвы					
	на питательных средах					
	МПА	КАА	Виноградского	Эшби	Гетчинсона	Чапека
	Березняк					
0-2	363.1	345.1	7.8	16.0	0.14	20.7
	Осинник					
0-2(3)	170.0	28.4	1.7	8.7	0.13	3.1

зующие минеральный источник азота (КАА), составляют 345.1 млн. КОЕ на грамм почвы в березняке, в осиннике – всего 28.4 млн. КОЕ на грамм почвы. Коэффициент минерализации, т.е. соотношение бактерий, выросших на КАА и МПА, в органогенном горизонте в березняке – 0.9, в осиннике – 0.2. Сахаролитики (среда Чапека) и целлюлозолитики (среда Гетчинсона) в почве осинника, главным образом, представлены микромицетами и актиномицетами рода *Streptomyces*, тогда как в почве березняка, кроме этих микроорганизмов, доминируют и бактерии, образующие на средах желтые колонии.

Таким образом, несмотря на значительное сходство видового состава микромицетов в почвах березняка и осинника, количество микробиоты и соотношение различных физиологических групп микроорганизмов различны, что обусловлено качеством и количеством поступающего опада.

На основании анализа полученных результатов можно сделать вывод о том, что лиственный лес как промежуточный этап самовосстановительной сукцессии зонального типа хвойного леса представляет собой довольно стабильную, длительно функционирующую экосистему.

Сопоставление объектов наших исследований позволяет сделать заключение о ясно выраженной функциональной связи развития (преобразования) почвы с закономерным изменением видового разнообразия растительного сообщества в ходе сукцессии.

1.3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОНОВЫХ И ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОД

В комплексе исследований на стационарных площадках особое место занимало изучение состава атмосферных осадков, проходящих через растительный покров. Изменяя свой состав вы-

мыванием разнообразных продуктов жизнедеятельности растений и техногенного воздействия, атмосферные осадки влияют на круговорот веществ в экосистемах, на процесс почвообразования. Результаты изучения состава кроновых вод в разных типах экосистем содержатся в ряде публикаций (Поздняков, 1956; Мина, 1965; Родин, Базилевич 1965; Куликова, 1968; Морозова, Куликова, 1974; Стрелкова, 1974; Карпачевский и др., 1998; Никонов, Лукина, 2000; Пристова, 2000 и др.). Установлено, что в лесных экосистемах трансформация состава атмосферных осадков кронами деревьев зависит от биологического фактора – типа леса, а также от метеоусловий (частоты и интенсивности осадков, сезона и других факторов).

Наши наблюдения за кроновыми водами на стационарных участках начаты в 1999 г. (Посттехногенные экосистемы..., 2002). На каждом из выбранных участков для сбора воды были установлены в трех повторностях сосуды под кронами березы и ели в березняке (пл. 3), осины и ели в осиннике (пл. 4), ольхи в ольшанике (пл. 2) и в многолетнем разнотравно-злаковом сообществе (пл. 1), где в травянистое сообщество активно внедряются древесные растения – сосна, береза, ивы. На площадке 1 сосуды для сбора кроновых вод также были установлены под кронами сосны, березы и ивы (высота деревьев 3-8 м, возраст 5-10 лет). На всех четырех площадках под биогенно-аккумулятивный слой почвы заложили в трех повторностях лизиметры – сосуды с водосборной площадью каждого 50 см².

Сбор кроновых и лизиметрических вод проводили в начале вегетации (конец мая – начало июня) и в конце (сентябрь) и, кроме того, кроновые воды отбирали в течение лета после сильных дождей (преимущественно в июле).

В водах определяли: рН, NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, PO₄³⁻, C_{орг.}, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺.

1.3.1. Состав вод в экосистемах на техногенном наносе

Атмосферные осадки, собранные под пологом трав (разнотравно-злаковое высокотравье), характеризовались сезонным изменением содержания элементов биогенного происхождения (табл. 27). Так, от весеннего к осеннему срокам возрастает концентрация органического углерода (рис. 11), кальция (рис. 12), магния, азота, что связано с этапами вегетации растений. Содержание сульфат-иона в водах также характеризуется сезонным изменением его концентрации, как и элементов-биогенов. Вместе с тем, обращает на себя внимание весьма высокое содержание этого иона во все сроки в водах в 2006 г. (особенно в осенний период) и резкое

Таблица 27

**Химический состав атмосферных осадков в экосистемах
на техногенном наносе (средние значения), мг/л**

Дата отбора проб воды	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	Сорг.	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Травянистое сообщество, (пл. 1)										
25.05.2006 г.	6.2	0.40	0.15	7.30	1.00	0.061	7.30	2.73	1.87	0.49
19.07.2006 г.	7.1	0.64	0.53	20.77	1.24	0.01	12.00	не опр.	2.62	0.95
27.09.2006 г.	6.8	1.46	1.14	24.04	0.63	н/о	14.93	7.70	4.80	2.00
15.05.2007 г.	6.5	0.11	0.04	0.76	0.75	0.002	14.72	2.00	2.00	0.57
13.07.2007 г.	7.0	н/о	0.01	0.11	0.43	0.09	19.12	0.89	3.07	0.93
02.10.2007 г.	6.8	3.60	0.96	0.19	10.8	0.20	25.30	8.58	5.38	2.54
30.05.2008 г.	6.8	н/о	4.11	1.30	9.30	0.48	11.20	2.43	5.91	1.43
29.07.2008 г.	7.4	0.16	0.68	5.77	1.21	0.47	10.86	3.22	5.78	2.10
19.09.2008 г.	7.1	н/о	0.06	2.88	1.93	1.30	11.84	2.97	3.19	1.15
Сосна (травянистое сообщество, пл. 1)										
25.05.2006 г.	6.2	0.11	0.62	9.50	2.10	0.872	15.90	5.50	1.27	0.50
19.07.2006 г.	7.3	0.82	0.68	6.92	3.73	3.09	27.00	3.35	6.45	1.60
27.09.2006 г.	5.8	2.69	2.15	16.83	0.79	н/о	33.62	6.00	5.40	2.60
15.05.2007 г.	6.9	0.04	н/о	0.15	4.60	0.002	13.27	6.02	6.00	1.79
13.07.2007 г.	6.8	н/о	н/о	0.11	1.20	0.71	29.41	3.35	6.45	1.60
02.10.2007 г.	5.3	н/о	н/о	5.17	3.80	0.44	36.41	7.48	8.35	3.50
30.05.2008 г.	7.0	0.01	0.02	2.10	16.2	0.08	16.32	2.52	8.88	2.66
29.07.2008 г.	8.2	н/о	0.85	10.58	2.02	0.04	23.08	2.54	8.03	2.53
19.09.2008 г.	7.3	н/о	0.89	3.37	3.45	1.08	29.96	11.0	8.90	3.70
Береза (травянистое сообщество, пл. 1)										
25.05.2006 г.	6.1	н/о	0.03	5.46	1.24	0.238	13.40	3.90	1.28	0.81
19.07.2006 г.	7.2	0.86	0.81	10.39	1.24	0.18	12.75	1.06	3.25	1.04
27.09.2006 г.	7.4	0.86	1.35	9.62	0.95	1.19	14.93	8.80	3.80	2.50
15.05.2007 г.	7.0	0.95	0.02	0.15	1.22	2.85	9.75	2.46	2.46	1.22
13.07.2007 г.	6.6	н/о	н/о	0.10	0.57	0.07	33.04	1.06	3.25	1.04
02.10.2007 г.	6.2	0.30	н/о	0.17	1.70	0.40	21.02	2.78	5.85	2.78
30.05.2008 г.	7.5	н/о	0.11	н/о	2.43	0.12	14.30	1.91	4.88	1.14
29.07.2008 г.	8.3	2.22	1.17	6.73	2.83	2.05	19.0	4.00	6.23	2.10
19.09.2008 г.	7.1	0.04	0.75	2.16	2.30	1.85	15.62	6.36	5.15	2.20
Ива (травянистое сообщество, пл. 1)										
25.05.2006 г.	6.0	н/о	0.12	8.00	2.10	0.237	14.7	6.10	1.45	0.56
27.09.2006 г.	7.3	1.05	1.73	21.64	0.47	6.25	18.47	18.9	7.18	4.0
15.05.2007 г.	6.7	0.01	н/о	0.38	1.39	0.715	9.00	1.16	5.13	1.48
13.07.2007 г.	6.9	0.31	н/о	н/о	0.99	1.37	29.28	10.03	4.82	1.69
02.10.2007 г.	5.8	н/о	н/о	0.34	1.56	3.73	33.21	22.68	11.0	4.23
30.05.2008 г.	6.4	0.37	0.35	6.01	13.3	0.1	22.3	3.13	5.07	1.64
29.07.2008 г.	9.3	н/о	0.95	2.88	3.24	0.61	29.87	11.95	5.63	1.65
19.09.2008 г.	8.1	н/о	н/о	0.48	1.34	1.76	18.65	11.35	5.44	2.02

Окончание табл. 27

Дата отбора проб воды	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	Сорг.	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Ольха (ольшаник, пл. 2)										
25.05.2006 г.	6.0	н/о	0.10	8.6	1.9	0.234	12.8	4.40	1.17	0.62
19.07.2006 г.	7.4	1.20	5.62	4.62	4.97	0.10	20.62	6.27	2.97	1.31
27.09.2006 г.	6.9	10.64	н/о	0.76	14.3	0.18	12.00	не опр.	3.91	1.40
15.05.2007 г.	7.3	1.05	1.34	14.42	0.79	0.29	10.61	17.0	5.97	2.50
13.07.2007 г.	6.6	0.96	н/о	0.11	1.38	0.95	18.45	6.27	2.97	1.31
02.10.2007 г.	6.5	0.03	н/о	0.17	2.6	0.03	30.39	17.32	5.92	2.61
30.05.2008 г.	7.1	0.04	0.33	0.96	4.45	0.13	17.10	5.19	4.21	1.38
29.07.2008 г.	7.3	н/о	1.15	16.83	1.82	0.41	14.93	12.4	5.87	2.67
19.09.2008 г.	7.0	0.04	0.47	8.65	1.73	0.21	13.10	15.15	5.10	1.86

Примечание: н/о – не обнаружено, не опр. – не определено.

снижение его количества в 2007 г. Наличие в водах (под травами) высокой концентрации сульфат-иона связано, по-видимому, не только с вегетацией растений, но и в значительно большей мере с загрязняющим влиянием ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК». Проведенные природоохранные мероприятия на этом предприятии в 2007 г. уменьшили его негативное воздействие на атмосферный воздух, что привело к резкому снижению загрязнения атмосферных осадков сульфатами (табл. 27).

В связи с внедрением древесных растений в травянистое сообщество на площадке 1 сбор проб воды осуществляли под кронами деревьев.

Атмосферные воды, проникающие под кроны сосны, березы и ивы на площадке 1, отличаются по химическому составу от вод, собранных под травами, повышенным содержанием прежде всего органического углерода (рис. 11), а также элементов-биогенов – калия, кальция и магния (табл. 27). Кроновые воды сосны характеризуются более высоким количеством органического углерода и кальция, в водах под ивой содержится больше калия.

При этом в изменении состава кроновых вод так же, как и под травами, хорошо выражена связь с этапами вегетации – увеличение концентрации органического углерода, кальция, магния, азота происходит с середины лета (рис. 11-12). Кроновые воды сосны выделялись не только более четким сезонным изменением концентрации органического углерода, но и понижением величины pH осенью в связи с увеличением его содержания в этот период.

В кроновых водах древесных растений, как и в водах под травами, было отмечено высокое количество сульфат-иона в 2006 г.

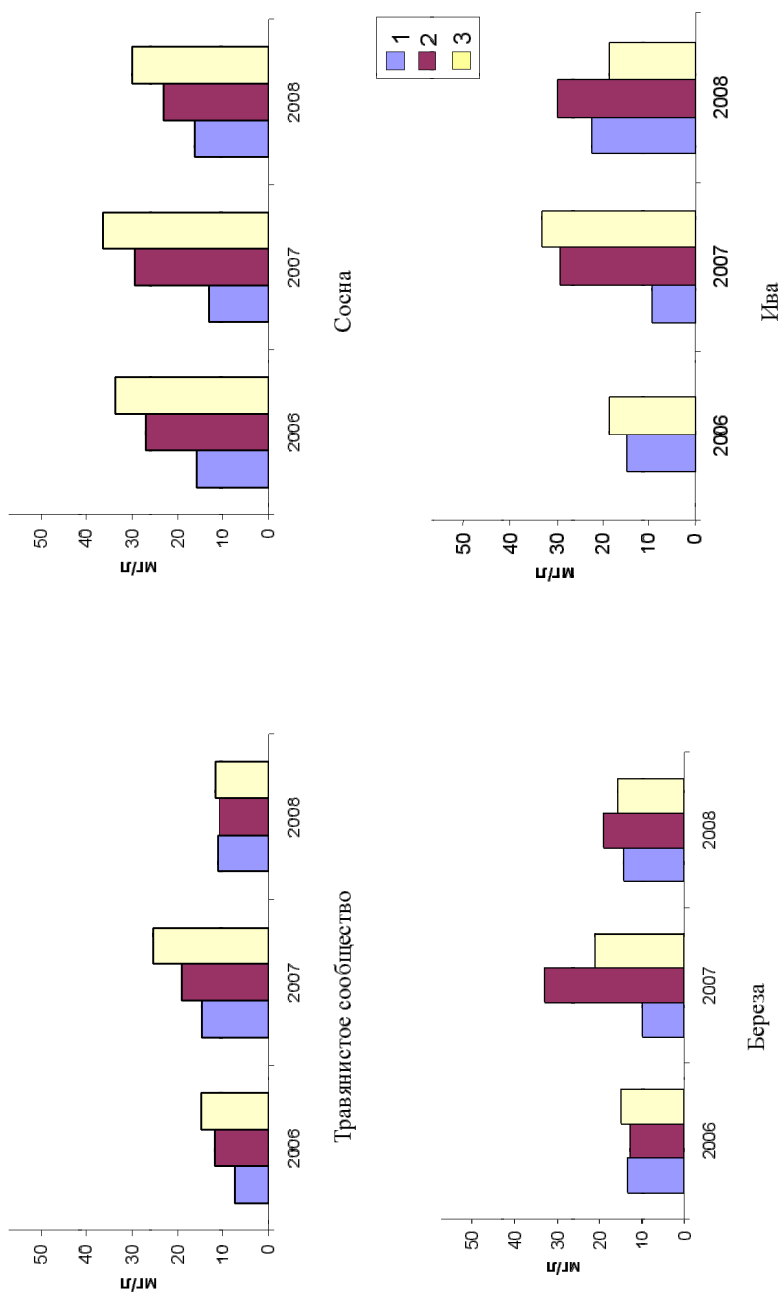
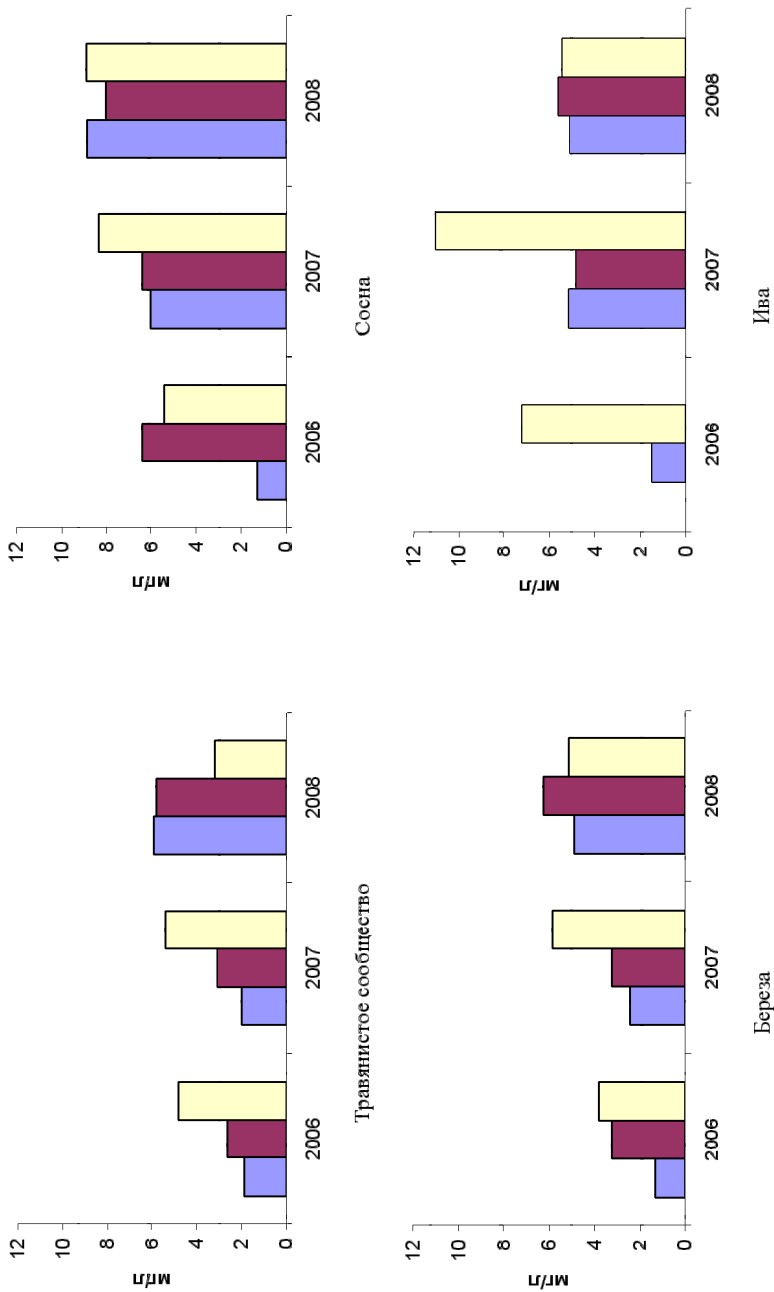


Рис. 11. Содержание C_{org} в атмосферных осадках на площадке 1. Здесь и далее на рисунках 12-14: 1 – весна, 2 – лето, 3 – осень.

Рис. 12. Содержание Ca^{2+} в атмосферных осадках на площадке 1.

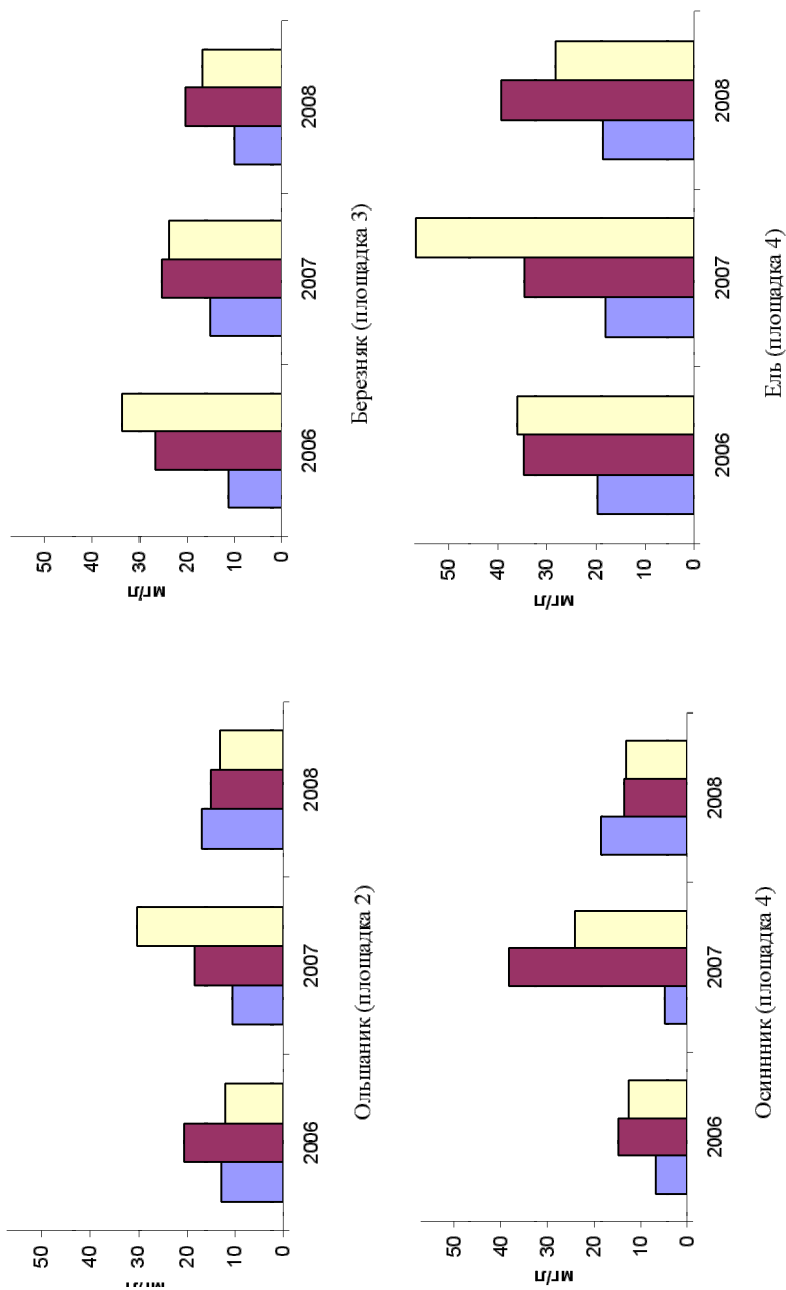
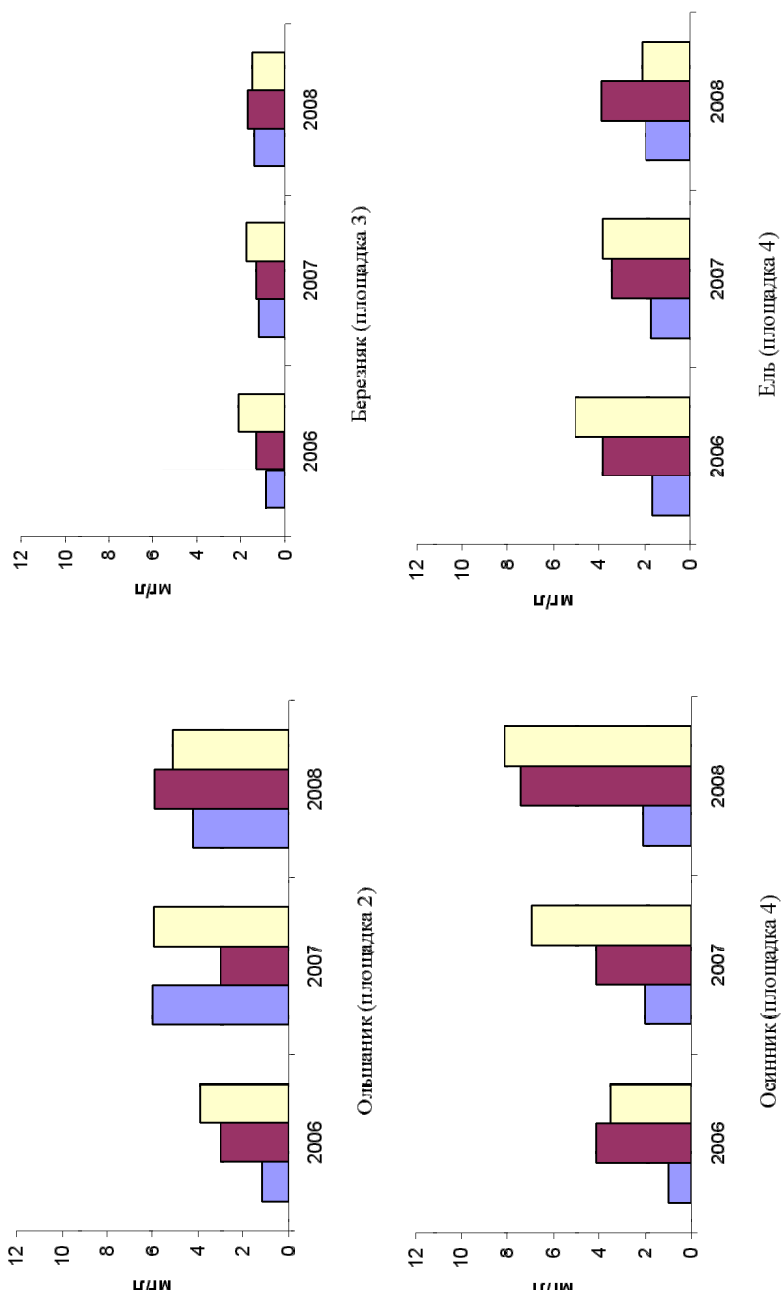


Рис. 13. Содержание $C_{орг}$ в кроновых водах на площадках 2-4.

Рис. 14. Содержание Ca^{2+} в кроновых водах на площадках 2-4.

и его снижение в 2007 г. (табл. 27). Связано это, как уже было отмечено, с проведением на лесопромышленном комплексе мероприятий по охране окружающей среды.

Таким образом, при развитии внедряющихся древесных растений, в оформляющихся группах древесно-кустарниковых растений на почву оказывает влияние комплекс новых факторов, в результате чего формируется характерная для лесных экосистем парцеллярность растительного сообщества и почвы.

На площадке 2 (ольшаник) воды, прошедшие через крону ольхи, существенно не отличаются от вод под травянистой растительностью и кроновых вод, собранных на площадке 1 под листовыми древесными растениями, по содержанию веществ не только биогенного происхождения (органического углерода, калия, кальция, азота), но и загрязнителей – сульфатов и хлоридов (табл. 27, рис. 13-14).

Прослеживаются сезонные изменения содержания элементов биогенного происхождения – увеличение их концентрации, особенно органического углерода, калия и кальция в конце вегетации.

Итак, с кроновыми водами в почву в заметных количествах привносятся водорастворимое органическое вещество, элементы-биогены (особенно кальций, калий), а также элементы, отражающие загрязнения, связанные с деятельностью промышленных предприятий, что было отмечено выше (площадка 1).

1.3.2. Состав кроновых вод в березняке и осиннике

Результаты химического анализа состава кроновых вод в зрелом листовом травяном лесу (пл. 3 и 4), характеризующем этап самовосстановительной сукцессии после рубок, приведены в табл. 28. Кроновые воды березы и осины имели практически нейтральную реакцию. Существенных отличий по химическому составу не зафиксировано, можно лишь отметить тенденцию к меньшему содержанию органического углерода (рис. 13), но большему калия и кальция (рис. 14) в водах под кроной осины по сравнению с кроновыми водами березы. Количество NH_4^+ и NO_3^- в целом небольшое и значительно колебалось по сезонам и годам наблюдений под кронами обоих древесных растений.

Заслуживают внимания данные по составу приствольных вод березы и осины за весенний и осенний сроки 2008 г. (табл. 28). Эти воды характеризуются высокими концентрациями всех определяемых элементов. Однако концентрации Сорг., K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} в приствольных водах осины значительно выше по сравнению с березой. Это отмечалось нами и в более ранних исследованиях (Посттехногенные экосистемы..., 2002).

Таблица 28

**Химический состав кроновых вод в березняке и осиннике
(средние значения), мг/л**

Дата отбора проб воды	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	Сорг.	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Береза (березняк, пл. 3)										
25.05.2006 г.	6.5	0.39	0.21	10.8	6.65	1.07	11.3	2.60	0.91	0.38
19.07.2006 г.	6.8	1.31	1.53	2.31	11.18	1.17	26.62	3.40	1.29	0.61
27.09.2006 г.	6.9	1.01	1.97	12.02	0.63	0.20	33.80	7.60	2.08	1.20
15.05.2007 г.	6.6	1.24	0.01	0.29	1.50	1.82	15.00	1.32	1.16	1.02
13.07.2007 г.	6.0	0.06	н/о	0.90	0.78	0.71	25.28	3.40	1.29	0.61
02.10.2007 г.	5.5	н/о	н/о	0.17	1.70	0.43	23.86	7.53	1.72	1.15
30.05.2008 г.	6.9	н/о	0.06	1.20	0.61	0.46	9.98	0.97	1.38	0.46
29.07.2008 г.	7.3	0.04	0.73	0.96	1.82	0.20	20.36	5.78	1.69	0.60
19.09.2008 г.	6.1	н/о	1.09	1.68	1.15	0.42	16.88	7.11	1.48	0.56
30.05.2008 г. (приств. воды)	5.9	2.13	1.22	4.81	5.10	0.82	5.94	8.53	7.02	0.95
19.09.2008 г. (приств. воды)	6.1	0.16	1.54	0.96	0.38	0.06	24.4	0.88	2.48	0.29
Ель, >120 лет (березняк, пл. 3)										
25.05.2006 г.	6.3	0.018	0.13	18.0	2.10	0.032	17.9	2.69	3.00	1.53
19.07.2006 г.	6.3	3.93	4.33	1.15	4.97	1.51	34.50	12.45	2.92	1.47
27.09.2006 г.	6.5	4.34	5.70	14.42	0.63	н/о	38.12	12.6	1.99	0.97
15.05.2007 г.	5.9	0.03	н/о	0.26	0.99	0.77	21.38	1.70	1.51	0.96
13.07.2007 г.	6.3	10.2	0.14	0.27	3.10	3.39	56.75	12.45	2.92	1.47
02.10.2007 г.	5.7	16.98	10.0	0.46	3.30	1.46	76.04	17.47	2.28	1.36
30.05.2008 г.	6.7	0.58	0.53	2.40	3.04	0.18	22.80	4.81	2.92	1.31
29.07.2008 г.	7.3	1.68	1.93	не опр.	1.21	1.01	48.87	1.95	3.95	1.70
19.09.2008 г.	6.5	0.94	3.49	8.4	1.34	1.23	3.83	1.20	2.10	0.79
Ель, 80 лет (березняк, пл. 3)										
25.05.2006 г.	6.9	0.27	0.86	13.7	5.90	0.671	9.34	5.50	2.79	1.32
19.07.2006 г.	6.3	3.22	3.33	3.46	6.21	0.35	31.11	8.53	2.07	1.11
27.09.2006 г.	6.4	3.18	3.32	14.31	0.79	1.16	35.37	12.3	3.33	1.29
15.05.2007 г.	5.8	0.01	н/о	0.12	1.04	1.35	9.00	1.51	1.32	0.61
13.07.2007 г.	6.0	0.78	н/о	0.10	2.19	2.50	50.00	8.53	2.07	1.11
02.10.2007 г.	6.8	11.24	н/о	0.10	6.0	0.45	51.83	9.91	2.41	2.45
30.05.2008 г.	6.8	0.27	0.31	0.72	2.63	0.23	21.4	5.19	2.68	1.29
29.07.2008 г.	7.2	2.54	1.54	н/о	2.43	0.94	42.08	1.33	3.68	1.30
19.09.2008 г.	6.3	0.25	2.57	0.48	1.92	0.49	30.70	6.39	1.90	0.57
«Окно» (березняк, пл. 3)										
13.07.2007 г.	6.0	н/о	н/о	0.44	0.21	0.79	18.25	1.25	0.93	0.35
02.10.2007 г.	6.6	2.75	0.15	0.19	0.99	0.50	25.31	10.24	1.77	1.02
30.05.2008 г.	7.0	0.39	0.19	6.73	0.61	0.56	14.3	2.5	1.93	0.94
29.07.2008 г.	6.7	0.23	0.28	2.40	0.61	0.17	10.86	1.7	1.07	0.35
19.09.2008 г.	6.3	н/о	0.2	33.7	0.38	0.3	8.10	3.57	1.17	0.4

Окончание табл. 28

Дата отбора проб воды	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	Сорг.	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Осина (осинник, пл. 4)										
25.05.2006 г.	6.3	0.87	0.09	10.7	1.24	0.122	6.81	1.85	0.97	0.46
19.07.2006 г.	7.2	1.68	0.92	6.92	2.48	0.09	14.76	5.74	4.11	1.05
27.09.2006 г.	6.7	0.49	1.11	12.0	0.47	0.05	12.58	6.9	3.50	1.01
15.05.2007 г.	6.1	0.04	н/о	2.20	0.76	0.60	4.87	3.91	2.03	0.67
13.07.2007 г.	6.8	0.03	0.05	0.19	0.92	0.87	38.29	5.74	4.11	1.05
02.10.2007 г.	6.2	0.73	н/о	0.27	2.34	0.02	24.12	8.25	6.92	1.61
30.05.2008 г.	7.0	н/о	0.06	2.40	1.01	0.26	1.85	3.19	2.12	0.64
29.07.2008 г.	7.4	н/о	0.53	10.1	1.42	0.32	13.57	6.54	7.40	1.63
19.09.2008 г.	6.8	н/о	0.70	3.61	1.53	0.13	13.1	5.96	8.1	1.53
30.05.2008 г. (приств. воды)	4.9	2.07	1.12	7.21	1.02	0.13	92.1	15.0	25.9	5.23
19.09.2008 г. (приств. воды)	7.3	2.26	2.91	н/о	3.07	0.76	58.97	8.29	13.7	1.98
Ель (осинник, пл. 4)										
25.05.2006 г.	6.4	2.70	0.12	9.40	2.40	0.998	19.7	7.50	1.65	1.00
19.07.2006 г.	6.9	2.81	3.69	5.77	3.73	1.23	34.75	11.86	3.82	1.49
27.09.2006 г.	6.6	2.88	10.1	11.92	1.11	1.79	36.16	16.6	5.03	1.52
15.05.2007 г.	6.5	0.10	0.02	1.80	1.94	2.01	18.00	1.95	1.70	0.70
13.07.2007 г.	5.6	н/о	1.00	0.06	4.0	1.65	34.61	11.57	3.43	1.15
02.10.2007 г.	6.3	0.79	0.01	0.42	0.84	2.57	56.74	11.86	3.82	1.49
30.05.2008 г.	6.1	0.21	0.45	1.68	2.23	0.16	18.5	4.54	1.95	0.66
29.07.2008 г.	7.2	н/о	0.85	4.81	1.42	0.98	39.37	6.39	3.89	1.20
19.09.2008 г.	6.7	2.34	2.46	1.20	2.88	1.21	28.2	8.6	2.11	0.57
«Окно» (осинник, пл. 4)										
13.07.2007 г.	6.5	0.76	н/о	0.04	1.56	0.02	23.00	2.84	2.33	0.49
02.10.2007 г.	6.2	0.08	н/о	0.86	2.20	2.15	21.97	11.55	5.68	1.58
30.05.2008 г.	6.4	н/о	0.03	0.48	0.61	0.10	8.55	0.71	1.33	0.30
29.07.2008 г.	7.3	0.94	0.6	10.58	0.81	0.14	12.76	1.75	2.21	0.51
19.09.2008 г.	6.7	н/о	0.64	3.37	0.77	0.47	8.10	3.0	1.93	0.50

Примечание: н/о – не обнаружено, не опр. – не определено.

Воды, собранные в «окнах», закономерно характеризуются несколько меньшей концентрацией как органического углерода, так и минеральных элементов по сравнению с кроновыми водами, причем на состав вод в «окнах» оказывают влияние древесные растения.

Выше было отмечено присутствие на обеих площадках елей, выходящих в первый ярус. Атмосферные осадки, прошедшие через кроны хвойных деревьев (рис. 13, 14), отличались от кроновых

вод лиственных деревьев более высокой концентрацией не только Сорг., K^+ , Ca^{2+} , но и других ионов, что, по-видимому, связано с разным типом крон этих растений.

В кроновых водах ясно выражена динамика содержания определяемых элементов в соответствии с вегетацией растений, особенно Сорг. Поскольку рассматриваемая территория испытывает влияние загрязнения со стороны лесопромышленного комплекса, то количество SO_4^{2-} зависит прежде всего от интенсивности загрязнения.

Таким образом, на всех рассматриваемых площадках были зафиксированы сходные тенденции по влиянию древесных пород на состав атмосферных осадков. Тип растительности обуславливает характер трансформации атмосферных осадков, проникающих через растительный покров. Установлено, что кроновые воды, собранные на площадке 1 под древесными растениями, характеризуются в общем меньшей концентрацией большинства определяемых ионов по сравнению со зрелой лесной экосистемой (пл. 3 и 4), что связано со слабым еще развитием крон внедрившихся древесных растений на площадку 1, их молодостью и малой сомкнутостью древесного яруса. Растительный покров, задерживая переносимые воздушным путем поллютанты, способствует загрязнению почвы.

Вместе с тем, следует отметить, что вымываемые из крон древесных растений органическое вещество и минеральные элементы-биогены попадают в органогенный слой и используются самими же растениями, микробиотой как «дополнительный» источник питательных веществ. Это особенно важно в весенний период до формирования лиственной массы.

1.3.3. Состав лизиметрических вод

Поступающие с кроновыми водами вещества мигрируют в лесную подстилку, включаясь в процессы трансформации растительной морт-массы, т.е. по сути в процесс почвообразования. Под влиянием его формируется собственно биогенный органо-аккумулятивный слой, в рамках которого осуществляется биологический круговорот органического вещества.

Однако природная экосистема характеризуется как поступлением (входом), так и выносом (выходом) веществ (и энергии), т.е. является открытой системой, что в условиях гумидного климата сопровождается выносом (потерей) веществ за пределы биогенно-аккумулятивного слоя.

Изучение химического состава жидкой фазы почвы с помощью лизиметрического метода позволяет оценить миграцию ве-

ществ в экосистеме. Ранее в подзоне средней тайги Республики Коми состав лизиметрических вод исследовался И.Б. Арчеговой в ельнике зеленомошном (почва типичная подзолистая) (Продуктивность и круговорот..., 1975), а в последние годы Т.А. Пристовой (2005) – в хвойно-лиственном насаждении. Было установлено, что состав атмосферных вод преобразуется, главным образом, в верхнем слое почвы (до глубины около 20-30 см), где проявляется наибольшая биологическая активность, аккумулируются элементы-биогены (Продуктивность и круговорот..., 1975). Поэтому лизиметры на всех стационарных площадках были установлены под органогенный горизонт.

По результатам химического анализа выявлено, что из органогенного слоя почв в минеральные горизонты поступают воды, имеющие слабокислую реакцию (табл. 29). По сравнению с ольшаником и травянистой экосистемой величины рН в лизиметрических водах, собранных в лиственном спелом лесу (березняке и осиннике), несколько ниже. Следует отметить тенденцию к подкислению лизиметрических вод осенью в березняке и осиннике.

Состав лизиметрических вод характеризуется в общем сезонной динамикой – увеличением концентрации органического вещества и минеральных элементов (кальция, калия) осенью (рис. 15, 16). Динамика более выражена в ольшанике, а также в зрелом лиственном лесу. Соотношение органического углерода и кальция в зрелом лиственном лесу (пл. 3 и 4) осенью расширяется, тогда как в травянистой экосистеме (пл. 1) и ольшанике (пл. 2) это соотношение остается в основном узким и сохраняется в одних и тех же пределах весной и осенью. Лизиметрические воды характеризуются низкой концентрацией ионов аммония, в большем количестве присутствуют нитрат-ионы, особенно в водах, собранных в ольшанике. Количество сульфат-иона повышено в водах, собранных осенью 2007 г., что хорошо согласуется с его содержанием в кроновых водах, обусловленным загрязнением атмосферных осадков, и свидетельствует о загрязнении органогенного горизонта почв.

Таким образом, в течение весеннего и осеннего периодов в минеральные слои мигрируют воды, отличающиеся не только по количеству, но и по составу, оказывая разное воздействие на минеральную массу слоев под биогенно-аккумулятивным слоем. Отмеченное согласуется с динамикой процесса разложения растительной морт-массы с выраженным осенним максимумом (рис. 3, 6, 9, 10).

Под органо-аккумулятивным слоем содержание всех рассматриваемых элементов довольно резко снижается, что позволяет судить о преимущественном закреплении растворимых продук-

Таблица 29

Химический анализ лизиметрических вод (средние значения), мг/л

Дата отбора проб воды	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	Сорг.	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Травянистое сообщество (пл. 1)										
25.05.2006 г.	6.5	н/о	0.042	н/о	2.40	0.10	18.50	2.92	3.77	1.19
27.09.2006 г.	6.3	3.37	1.63	9.62	0.32	0.24	18.86	1.33	5.51	1.33
15.05.2007 г.	4.9	0.11	2.70	0.35	3.30	0.66	9.75	3.22	4.22	1.41
18.10.2007 г.	5.6	н/о	1.37	0.29	0.57	0.10	21.69	0.17	3.47	1.40
30.05.2008 г.	5.4	0.68	0.47	4.81	6.73	0.23	13.40	3.37	6.67	4.02
19.09.2008 г.	6.2	0.04	1.12	2.88	1.15	1.27	18.10	7.14	7.81	4.18
Ольшаник (пл. 2)										
25.05.2006 г.	6.6	0.24	0.033	2.40	2.60	0.37	25.7	4.20	3.04	1.15
27.09.2006 г.	6.0	2.02	24.06	12.00	0.63	0.93	23.19	11.42	7.75	3.12
15.05.2007 г.	5.9	0.02	5.32	5.00	2.60	0.10	21.69	4.17	3.47	1.40
18.10.2007 г.	6.2	н/о	18.64	1.24	7.0	2.70	41.41	24.38	11.0	4.26
30.05.2008 г.	5.9	0.7	11.72	2.40	6.33	1.3	23.80	17.45	8.87	3.28
19.09.2008 г.	6.1	0.12	31.47	2.40	5.75	3.65	40.80	35.00	11.9	4.17
Березняк (пл. 3)										
25.05.2006 г.	6.5	н/о	0.016	0.40	2.70	0.017	26.10	3.40	2.62	0.95
27.09.2006 г.	5.2	2.66	14.06	12.02	0.79	1.61	36.16	13.00	4.88	1.56
15.05.2007 г.	4.7	0.05	н/о	0.20	3.80	0.96	10.05	4.50	5.84	4.30
18.10.2007 г.	5.0	н/о	6.65	0.36	1.20	0.10	48.97	4.80	5.06	1.28
30.05.2008 г.	5.2	0.62	1.17	4.81	2.04	0.33	28.20	3.62	3.0	0.90
19.09.2008 г.	4.9	2.69	10.87	0.72	0.96	0.47	33.30	5.60	5.44	1.36
Осинник (пл. 4)										
25.05.2006 г.	6.8	н/о	0.033	1.40	1.00	0.40	15.80	2.42	2.34	0.79
27.09.2006 г.	5.3	1.61	7.99	11.92	0.32	0.33	15.72	2.56	3.63	1.03
15.05.2007 г.	4.7	0.08	н/о	0.18	1.55	0.62	8.62	4.22	3.03	0.64
18.10.2007 г.	4.7	0.01	0.04	0.27	2.03	0.02	31.17	2.57	3.05	0.74
30.05.2008 г.	5.1	0.76	0.84	6.01	2.45	0.26	20.80	3.62	2.85	0.83
19.09.2008 г.	5.0	0.04	4.08	2.40	1.73	0.55	25.20	5.92	2.87	0.65

Примечание: н/о – не обнаружено.

тов разложения растительных остатков в органогенном слое. Можно полагать, что оседают из мигрирующих вод большей частью органо-минеральные соединения с выраженными коллоидными свойствами. Дифференциация состава мигрирующих вод способствует преобразованию свойств субстрата, осваиваемого растительным сообществом, формированию органо-аккумулятивного слоя (гор. Адер., Адер.А1, А0А1, А1) в почвах стационарных площадок в соответствии с типом растительного сообщества.

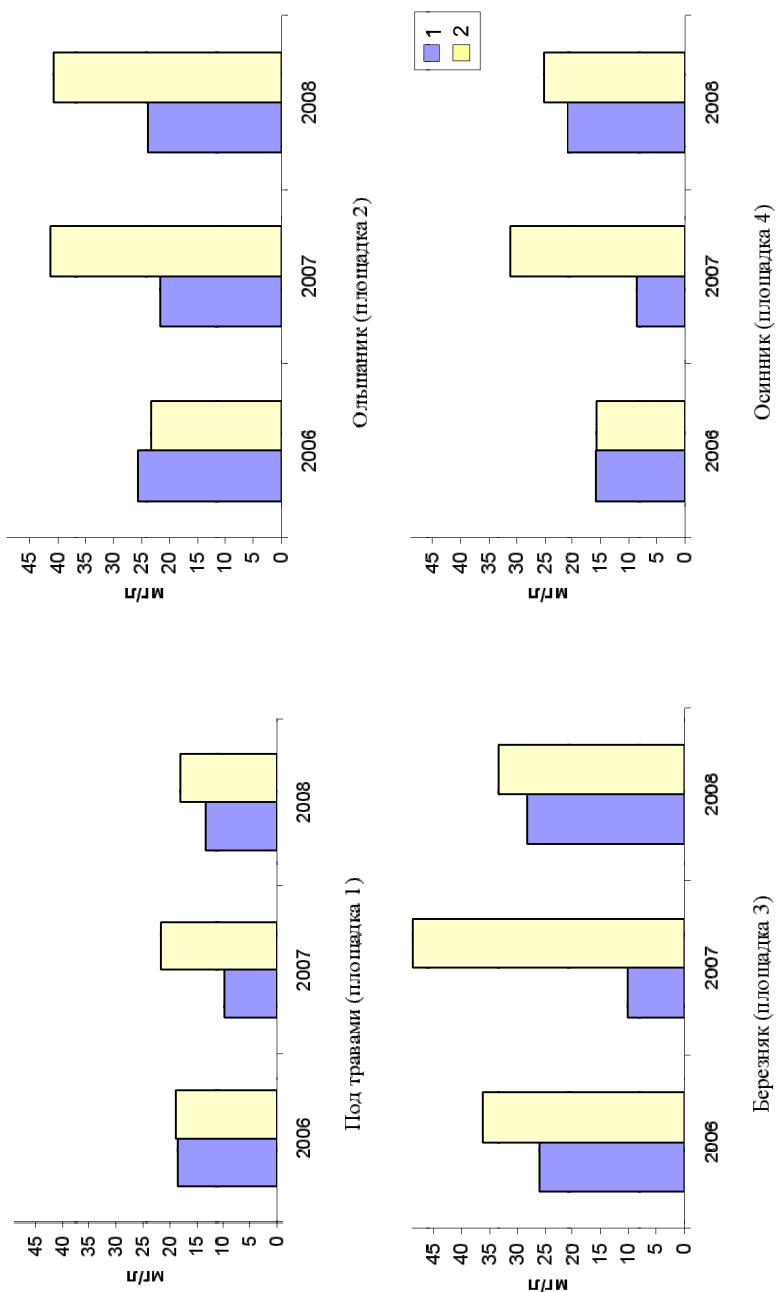
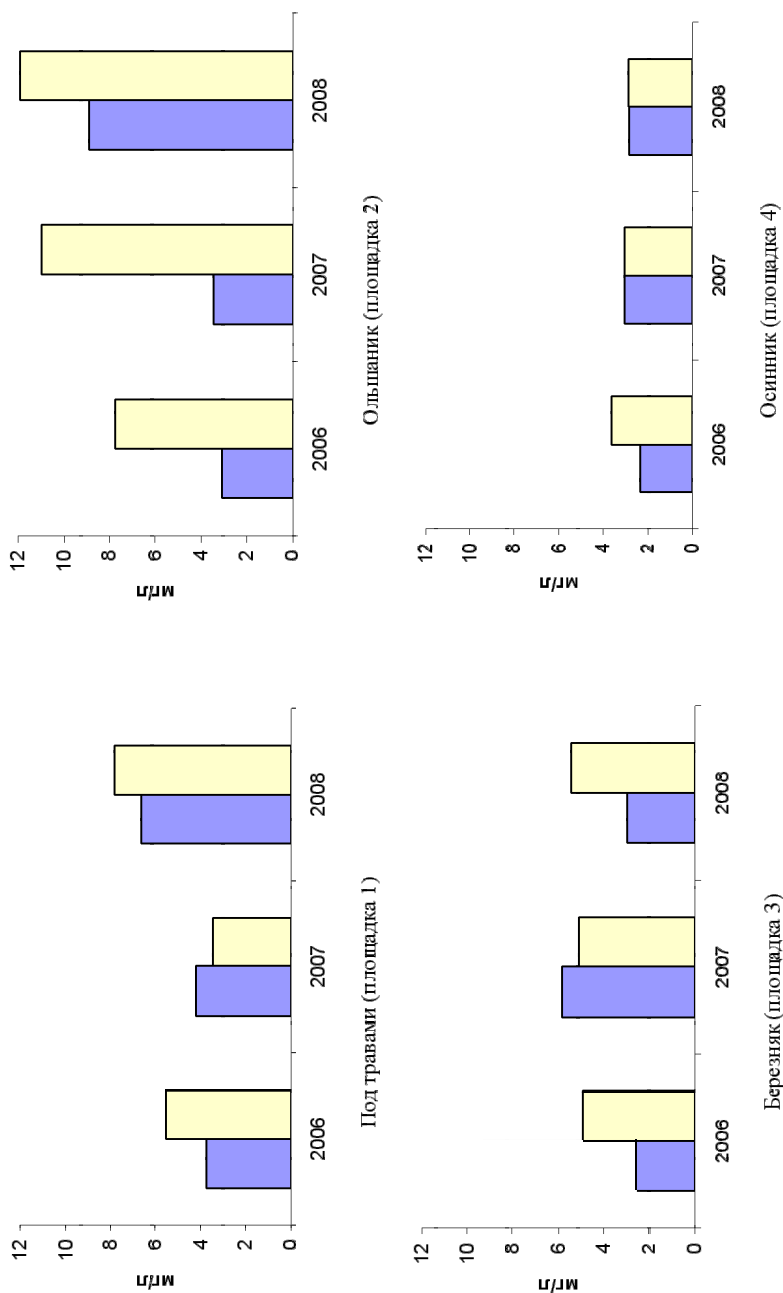


Рис. 15. Содержание $C_{\text{орг}}$ в лизиметрических водах на стационарных площадках. Здесь и на рис. 16: 1 – весна, 2 – осень.

Рис. 16. Содержание Ca^{2+} в лизиметрических водах на стационарных площадках.

Таким образом, комплексное изучение формирования почвы (пл. 1 и 2) или ее преобразования (пл. 3 и 4) в процессе самовосстановительной сукцессии под влиянием разных типов биоты позволяет рассматривать почвообразование как процесс формирования биогенного органо-аккумулятивного образования, что согласуется с ранее высказанной гипотезой, что почвообразование – это по существу гумусообразование (Пономарева, 1980). Будучи открытой, любая экосистема принимает и теряет с мигрирующей влагой органические и минеральные элементы, в том числе образующиеся при трансформации растительных остатков, в результате чего определенным образом преобразуется подпочвенная минеральная толща на глубину промачивания субстрата. Иными словами, выпадающие из биологического круговорота элементы взаимодействуют с подпочвенным слоем, формируя сложное по генезису тело. Почва как компонент экосистемы характеризуется нижней границей по резкому снижению содержания органического углерода и элементов-биогенов (Арчегова, Федорович, 2003). Экосистемный подход к пониманию почвы позволяет определить статус почвы, ее пространственное положение. Как показали рассмотренные в настоящей главе результаты исследований, тип почвы определяется типом растительного сообщества, с изменением (или уничтожением) которого преобразуется или разрушается почва.

Глава 2

ПРИЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОДЗОНЕ КРАЙНЕСЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

В связи с активным нарастанием со второй половины XX в. темпов добычи минерального сырья на севере европейской части России неуклонно увеличивается площадь разрушенных лесных экосистем. Известно, что уничтожение лесных экосистем ведет к нарушению стабильности окружающей среды, сокращению биоразнообразия. Важно отметить негативное влияние уничтожения леса на традиционный образ жизни местного населения, основанный на использовании ресурсов леса.

Таяжные лесные экосистемы при техногенных воздействиях легко разрушаются и медленно самовосстанавливаются. Причину этого весьма обстоятельно рассмотрела В.В. Пономарева (1970, 1980). Она отмечала, что леса приспособлены к сильно выраженным элювиальным условиям: «... леса сводят до минимума вымывание из почвы элементов-биофилов, накапливая их не в почве, а в своей огромной вечно живой фитомассе, и живут за счет автономного, надпочвенного круговорота элементов между живыми организмами и их отмирающими остатками, поступающими в леса на поверхность почвы» (Пономарева, Плотникова, 1980, с. 188). Таким образом, в таяжных лесах в условиях промыслового режима почв биологический круговорот приближается к автономному, замкнутому типу. Древесные растения в своей огромной многолетней фитомассе удерживают усвоенные из верхнего слоя земной коры запасы элементов-органогенов и возвращают их частично с опадом, при его разложении питательные элементы усваиваются основной массой корней из подстилки, вовлекая их в новый биологический цикл. Для почвы лесов характерен малой мощности органогенный горизонт, под которым образуются почти бесплодные минеральные горизонты с низкой поглотительной способностью, практически лишенные элементов питания растений. В ходе техногенного воздействия маломощный органогенный слой легко разрушается и обнажаются минеральные горизонты – биологически инертные и практически непригодные для произрастания растений. Восстановление уничтожен-

ных лесов на истощенном, сильно промываемом субстрате крайне затруднено. Вследствие этого земли, на которых произрастали в прошлом леса, подвергаются ускоренной эрозии, что еще более замедляет самовосстановительный процесс.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости содействия восстановлению экосистем на посттехногенных территориях. Однако практические приемы восстановления лесных экосистем на нарушенных северных территориях разработаны еще слабо.

Нами проведены исследования возможности и способов восстановления лесных экосистем в Усинском районе Республики Коми. Основа экономики района – нефтедобывающая промышленность, развитие которой обуславливает увеличение площади нарушенных земель, в том числе уничтожение значительных по площади лесных экосистем.

Район характеризуется суровыми климатическими условиями. Среднегодовая температура воздуха составляет -3.2°C . Наиболее холодный месяц – январь со среднемесячной температурой -18.4°C (табл. 30). Снежный покров залегает 200 дней, средняя высота его 48 см. Длительность периода со среднесуточной температурой выше $+5^{\circ}\text{C}$ 110 дней. Среднемесячная температура воздуха в июле, самом теплом месяце, $+13.8^{\circ}\text{C}$. За год выпадает

Таблица 30
Температура воздуха в годы наблюдений, $^{\circ}\text{C}$ (по данным МС «Усть-Уса»)

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2002	–	–	–	<u>-1.6</u> 2.5	<u>1.8</u> 0.4	<u>8.6</u> -1	<u>14.6</u> 0.8	<u>8.5</u> -3.1	<u>3</u> -2.8	<u>-1.4</u> 0.5	–	–
2003	<u>-23.2</u> -4.8	<u>-17.6</u> 0	<u>-10.9</u> 2	<u>-4.1</u> -0.2	<u>5.3</u> 3.9	<u>9.1</u> -0.5	<u>15</u> 1.2	<u>16.8</u> 5.2	<u>6.4</u> 0.6	<u>2.0</u> 3.9	<u>-8.4</u> 1.4	<u>-10.1</u> 5.8
2004	<u>-13.6</u> 4.8	<u>-15.5</u> 2.1	<u>-13.8</u> -0.9	<u>-8.7</u> -4.4	<u>2.8</u> 1.4	<u>10.2</u> 0.6	<u>19.2</u> 5.4	<u>10.7</u> -0.9	<u>5.6</u> -0.2	<u>-1.3</u> 0.6	<u>-8.4</u> 1.4	<u>-15.4</u> 0.5
2005	<u>-11.0</u> 7.4	<u>-14.6</u> 3	<u>-15.3</u> -2.4	<u>-6.3</u> -2	<u>6.7</u> 5.3	<u>10.7</u> 1.1	<u>15.3</u> 1.5	<u>13.3</u> 1.7	<u>8.2</u> 2.4	<u>3.2</u> 5.1	<u>-1.1</u> 8.7	<u>-10.1</u> 5.8
2006	<u>-23.5</u> -5.1	<u>-18.3</u> -0.7	<u>-11.7</u> 1.2	<u>-4.6</u> -0.3	<u>2.3</u> 2.1	<u>13.6</u> 4	<u>12.3</u> -1.5	<u>10.4</u> -1.2	<u>6.4</u> 0.6	<u>-3.4</u> -1.5	<u>-14.1</u> -4.3	<u>-11.3</u> 4.6
2007	<u>-10.3</u> 8.1	–	<u>-5.3</u> 7.6	<u>-0.7</u> 3.6	<u>2.4</u> 1	<u>9.5</u> -0.1	<u>19</u> 5.2	<u>12.9</u> 1.3	<u>7.3</u> 1.5	<u>2.5</u> 4.4	<u>-8.7</u> 1.1	<u>-9.5</u> 6.4
2008	<u>-11.2</u> 7.2	<u>-15.2</u> 2.4	<u>-11.2</u> 1.7	<u>-6.1</u> -1.8	<u>0.2</u> -1.2	<u>11</u> 1.4	<u>17.9</u> 4.1	<u>10.1</u> -1.5	<u>5.8</u> 0.1	–	<u>-5.9</u> 3.9	–
Норма	-18.4	-17.6	-12.9	-4.3	1.4	9.6	13.8	11.6	5.8	-1.9	-9.8	-15.9

Примечание: над чертой – среднее значение, под чертой – отклонение от нормы (средние многолетние значения); прочерк – нет данных.

в среднем 474 мм осадков (табл. 31), из них за вегетационный период (июнь-август) – 159 мм (Научно-прикладной справочник..., 1989). Данные по температуре воздуха и количеству осадков в годы наших наблюдений за восстановлением лесных экосистем в Усинском районе приведены в табл. 30 и 31.

Для растительности рассматриваемого района, расположенного в подзоне крайнесеверной тайги, характерно господство лесов, перемежающихся с крупными болотными массивами, 10% площади занято тундровой растительностью (Юдин, 1954). Преобладают редкостойные еловые, елово-березовые леса с сомкнутостью крон 0.3-0.5, высотой древесных растений 8-15 м, бонитет V-Va. В составе древостоев значительно участие сосны и лиственницы. Наиболее широко распространены леса долгомошной группы типов, менее всего – зеленомошной и сфагновой групп.

В районе исследований распространены болотно-подзолистые, глееподзолистые, тундрово-болотные и болотные торфяные почвы (Подзолистые почвы..., 1981). Почвообразующие породы представлены моренными суглинками и песчаными отложениями водно-ледникового происхождения. На песчаных породах образуются сочетания почв по степени увлажнения – подзолы иллювиально-гумусово-железистые и торфянисто-подзолисто-глееватые

Таблица 31

Количество осадков в годы наблюдений, мм (по данным МС «Усть-Уса»)

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2002	–	–	–	<u>17</u> 71	<u>80</u> 222	<u>47</u> 100	<u>48</u> 92	<u>116</u> 193	<u>58</u> 104	<u>72</u> 136	–	–
2003	<u>44</u> 147	<u>46</u> 219	<u>39</u> 177	<u>23</u> 85	<u>31</u> 86	<u>64</u> 136	<u>36</u> 69	<u>79</u> 132	<u>87</u> 155	<u>48</u> 91	<u>41</u> 108	<u>57</u> 178
2004	<u>29</u> 97	<u>34</u> 162	<u>28</u> 127	<u>12</u> 44	<u>51</u> 142	<u>75</u> 160	<u>48</u> 92	<u>34</u> 57	<u>77</u> 138	<u>45</u> 85	<u>31</u> 82	<u>23</u> 72
2005	<u>24</u> 80	<u>18</u> 86	<u>24</u> 109	<u>49</u> 181	<u>30</u> 83	<u>31</u> 66	<u>68</u> 131	<u>20</u> 33	<u>80</u> 143	<u>60</u> 115	<u>90</u> 237	<u>47</u> 147
2006	<u>25</u> 83	<u>19</u> 90	<u>20</u> 91	<u>22</u> 81	<u>28</u> 78	<u>60</u> 128	<u>81</u> 156	<u>42</u> 70	<u>85</u> 152	<u>62</u> 117	<u>29</u> 76	<u>50</u> 156
2007	<u>42</u> 140	–	<u>18</u> 82	<u>43</u> 159	<u>31</u> 86	<u>112</u> 238	<u>123</u> 237	<u>122</u> 203	<u>99</u> 177	<u>49</u> 92	<u>42</u> 111	<u>73</u> 228
2008	<u>27</u> 90	<u>37</u> 176	<u>28</u> 127	<u>21</u> 78	<u>19</u> 53	<u>26</u> 55	<u>54</u> 104	<u>53</u> 88	<u>66</u> 118	–	<u>84</u> 221	–
Норма	30	21	22	27	36	47	52	60	56	53	38	32

Примечание: над чертой – сумма осадков, мм; под чертой – в % к норме; прочерк – нет данных.

иллювиально-гумусовые почвы; на тяжелых суглинках – сочетания глееподзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почв.

Одними из самых распространенных техногенных объектов Усинского района являются песчаные карьеры. Песчаный материал, добытый из карьеров, используется при строительстве дорог, отсыпках буровых площадок и скважин и т.п. Восстановление растительного покрова в суровых климатических условиях на песчаных техногенных субстратах, бедных элементами питания, происходит крайне замедленно. Поэтому актуальной становится разработка технологии восстановления лесных экосистем на данном типе нарушений.

В настоящей главе представлены результаты исследований посадок лесных культур, созданных Усинским лесхозом на нарушенных землях. Приведен сравнительный анализ эффективности восстановления лесных экосистем на посттехногенных территориях в зависимости от применения различных приемов восстановительных работ. Описана предлагаемая нами оптимизированная технология создания лесных экосистем на нарушенных землях.

2.1. СОСТОЯНИЕ ПОСАДОК ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ УСИНСКОГО ЛЕСХОЗА

Созданием лесных культур с целью лесовосстановления на территории Усинского лесхоза стали заниматься с 1958 г. С 1991 по 2007 г. Усинским лесхозом создано лесных культур на общей площади 1020.8 га (рис. 17). Основная площадь посадок (44.8%) приходится на карьеры.

Создание лесных культур в Усинском районе обычно велось посадкой без предварительной подготовки техногенного субстрата. Посадочный материал – семена сосны и ели с открытой корневой системой – поступал в основном из Ертомского, Ижемского, Печорского, Удорского, Ухтинского и Сыктывкарского питомников обычно в возрасте двух-трех лет. Кроме того, при создании культур использовали дички сосны, черенки ивы. Доля культур сосны составляла 53.6%, ели – 27.6, ивы – 17.3, кедра – 1.5. Из созданных за данный период культур 10.6% общей площади переведены в лесопокрытую площадь.

Для оценки состояния культур сосны на территории Усинского лесхоза были обследованы посадки на шести карьерах с песчаным, супесчаным и гравийно-песчаным субстратами (табл. 32). В ходе исследования выполняли описание растительности по общепринятым в геоботанике методам (Полевая геоботаника, 1964). Характеризовали морфологическое строение субстратов,

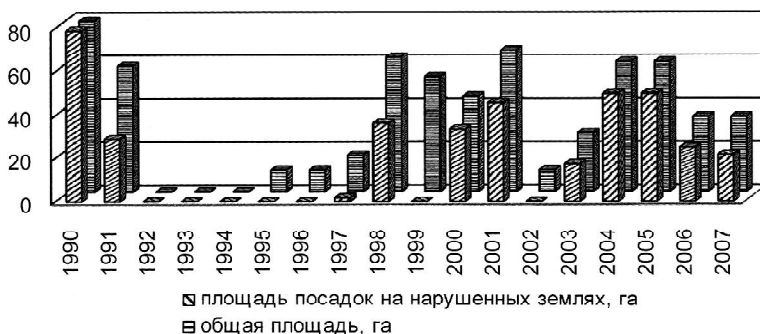


Рис. 17. Площади посадок сосны, выполненных Усинским лесхозом в период с 1990 по 2007 г.

химический анализ образцов проводили по общепринятым в почвоведении методам (Агрохимические методы..., 1960).

Технология посадки на участках 1-4 включала посадку одно-трехлетних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) на территории спланированных карьеров без улучшения субстрата. В зависимости от возраста посадки, гранулометрического состава субстрата, микрорельефа отмечаются вариации в показателях, характеризующих состояние культур сосны (табл. 33). Как видно из данных табл. 33, на «молодой» посадке (уч. 1) зарегистрирована высокая приживаемость саженцев, на участках 2 и 4 на седьмой год сохранность составила около 50%, на участке 3 (18-летнего возраста) – 60%. Биометрические параметры характери-

Таблица 32

Объекты исследований

Участок, №	Год посадки культур	Местонахождение участка (лесничество, квартал, выдел)	Характеристика субстрата в карьере, площадь посадки, га	Характеристика посадочного материала	
				Возраст саженцев в годах	Питомник
1	2001	Усинское; 634; 20	Супесчаный; 10	3	Удорский
2	1998	Усинское; 609; 30	Супесчаный; 18	2	Ертомский
3	1985	Усинское; 440; 21, 76	Песчаный; 20	1	Левобережный
4	2001	Усть-Усинское; 137; 10	Песчаный; 2	3	Удорский
5	2003	Усинское; 374; 21, 23	Гравийно-песчаный; 3	2	Удорский
6	1997	Усинское; 493; 20	Песчаный; 0.2	3	Сыктывкарский

Таблица 33

Характеристика посадок сосны

Участок, №	Год, сезон обследования	Возраст посадки, лет	Возраст сосны, лет	Сохранность, %	Высота, см	Диаметр кроны, см	Прирост в высоту к моменту обследований (за последние три года, см)		
1	2005, осень	5	8	87	24.7±2.6	17.0±2.2	2003 3.4±0.4	2004 6.8±1.0	2005 5.1±0.7
2	2005, осень	7	10	51	142.0±16.5	85.9±7.7	2003	2004	2005
3	2002, осень	18	19	60	175.6±9.1	95.5±5.9	14.6±1.2	21.9±2.6	16.6±1.5
	осень						2000	2001	2002
4	2008, весна	7	10	50	52.6±6.9	42.8±6.6	9.1±0.9	14.8±1.3	12.7±1.3
							2005	2006	2007
5	2008, осень	6	8	89	74.9±3.5	59.6±3.2	7.9±1.4	11.5±1.6	9.8±1.6
							2006	2007	2008
6*	2008, весна	11	14	84	254±13.1	178±7.9	16.7±0.9	17.4±1.0	22.2±1.1
							2005	2006	2007
6**				52	87.9±8.1	59.6±4.1	42.0±3.2	41.2±2.7	37±2.7
							11.6±1.5	11.0±1.7	11.5±1.4

Примечание. Здесь и в табл. 34: * – подветренная часть склона; ** – дно карьера.

зуются более высокими значениями с увеличением возраста посадок. Обращает особое внимание на участках 3 и 4 поражение сосны грибными заболеваниями типа шютте. На участке 3 распространенность болезней достигает 100%, однако патогенные грибы уже не так сильно влияют на рост и развитие 18-летней сосны, как на молодняки в возрасте до 7-10 лет. Хвоя в основном поражена только на нижних мутовках веток. Максимальная же интенсивность (степень поражения) болезней типа шютте – 55% с распространенностью 60% имеется на участке 4, где наиболее сильное поражение саженцев отмечено грибом *Phacidium infestans* Karst., очень опасным для молодой сосны, высота которой ниже мощности снежного покрова.

Весной 2008 г. на участке зафиксировано сильное поражение мутовок, находившихся под снегом. Хвоя имела коричневую окраску, были видны зачатки апотециев в виде беспорядочно расположенных черных точек. На хвое еще имелись остатки пленки светло-серого мицелия. К осени хвоя стала пепельно-серой. Низкие растения, полностью пораженные шютте, погибли. Более высокие сосны за вегетационный сезон дали прирост на верхних, менее пораженных болезнью мутовках. Осенние месяцы 2007 г. в районе исследований характеризовались повышенными значениями температур (табл. 30, 31). В сентябре отмечено отклонение от нормы на 1.5 °С, октябре – на 4.4 °С, ноябре – на 1.1 °С, что, по-видимому, благоприятствовало рассеиванию аскоспор, а более длительное таяние снега весной 2008 г. (по сравнению с многолетними значениями) способствовало развитию гриба.

На поверхности субстрата участков 1-4 травянистый покров слабо развит и в большей степени образован видами, характерными для начальных стадий зарастания нарушенных субстратов (табл. 34). Проективное покрытие колебалось от 1 до 15-20%. В зарастании участвуют пионерные виды – корневищно-корнеотпрысковый иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*), корневищный хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и овсяница овечья (*Festuca ovina*) – вид олиготрофных субстратов, появляются полевика тонкая (*Agrostis tenuis*), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*). В микропонижениях пятнами развиты влаголюбивые виды: пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), осоки, ситники, характерные для зарастания сырых нарушенных субстратов. Наряду с травянистой растительностью развиваются мхи родов *Polytrichum*, *Ceratodon*, *Pohlia*, *Bryum*. В зависимости от микроусловий на участках покрытие мхами варьировало от 15 до 50%. На местах с большим покрытием мхами верхний слой (до 1 см) субстрата уплотняется. На участке 4 при практическом отсутствии травяного и мохового покровов развита ускоренная эрозия.

Таблица 34

Структура и состав травяно-кустарничкового яруса на участках

Вид	Участок, №	Проективное покрытие, %						
		1	2	3	4	5	6*	6**
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.			4					5
<i>Alchemilla</i> sp.								>1
<i>Amoria hybrida</i> (L.) C. Presl.						1		
<i>A. repens</i> (L.) C. Presl.							>1	
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.			>1				>1	>1
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.			>1					>1
<i>Arctous alpina</i> (L.) Niedz.								>1
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drey.		1		1				
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub						3		20
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth			>1	>1			>1	
<i>C. lapponica</i> (Wahl.) Hartm.			4	1			>1	>1
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.					>1	>1		>1
<i>C. cinerea</i> Poll.		3						
<i>Carex</i> sp.1								>1
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.				>1	>1	6		1
<i>Crepis tectorum</i> L.							>1	
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.		>1				1		
<i>Empetrum hermaphroditum</i> (Lange) Hagerup		>1		>1				
<i>Equisetum arvense</i> L.		>1	>1	1	>1	1		>1
<i>E. sylvaticum</i> L.			>1				>1	>1
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.		4						
<i>Euphrasia frigida</i> Pugsl.				>1				
<i>Festuca ovina</i> L.		>1	5	1	>1	40	20	>1
<i>F. pratensis</i> Huds.								1
<i>F. rubra</i> L.								1
<i>Galium</i> sp.							>1	
<i>Geranium pratense</i> L.								>1
<i>Hieracium altipes</i> (Lindb. fil. ex Zahn) Juxip			>1					
<i>H. umbellatum</i> L.		>1	>1		>1	>1		>1
<i>Juncus filiformis</i> L.				>1				
<i>J. nodulosus</i> Wahlenb.		>1						
<i>Juncus</i> sp.		>1						
<i>Ledum palustre</i> L.				>1				
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.							>1	
<i>Linnaea borealis</i> L.							>1	
<i>Lycopodium annotinum</i> L.		1	1	>1				
<i>Medicago falcata</i> L.							>1	

Окончание табл. 34

Вид	Участок, №	1	2	3	4	5	6*	6**
		Проективное покрытие, %						
<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch.Bip.						>1	>1	
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.							>1	
<i>Phleum pratense</i> L.						3	25	>1
<i>Poa pratensis</i> L.						3	3	
<i>Pyrola minor</i> L.							>1	
<i>Rumex acetosella</i> L.					>1			
<i>R. crispus</i> L.						>1		
<i>Solidago virgaurea</i> L.					>1	>1	>1	
<i>Trifolium pratense</i> L.						>1		
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat.) M.Lainz					>1			
<i>Tussilago farfara</i> L.						1	>1	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.			>1				>1	
<i>V. vitis-idaea</i> L.			>1	>1				
<i>Veronica longifolia</i> L.							>1	

На участках отмечены всходы и подрост разных видов ив (отдельные экземпляры имели высоту 1-2 м), заселяющих техногенно-нарушенные земли, а также единичные экземпляры мелкого подраста древесных растений (березы пушистой (*Betula pubescens*), осины (*Populus tremula*), лиственницы (*Larix sibirica*).

В целом, можно отметить слабое развитие напочвенного покрова на участках 1-4, что обуславливает замедленное преобразование субстрата (табл. 35). Субстраты бесструктурные, однородного коричневатого цвета. Только верхний слой, мощностью не более 1 см, местами слабо уплотнен. На участках 1 и 2 зафиксировано несколько повышенное содержание органического углерода, что можно объяснить наличием фрагментов мохового покрова.

Таким образом, посадка хвойных пород двух-трехлетними сеянцами в посттехногенный минеральный субстрат без приемов его улучшения малоперспективна для целей восстановления полноценной лесной экосистемы. Такие посадки характеризуются невысокой сохранностью высаженных древесных растений, низкими темпами их роста.

Технология проведения рекультивационных работ на участках 5 и 6 включала одновременное с посадкой лесных культур внесение комплексного удобрения (нитроаммофоска из расчета 60 кг действующего вещества на гектар) и посев многолетних трав (норма высева 30 кг/га). В дальнейшем уход за посадками не проводили.

Таблица 35

Агрохимические показатели субстратов исследованных участков

Участок, №	Глубина взятия образца, см	pHвод.	Сорг., %	Nгидр.	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
				мг/100 г в.с.п.			ммоль/100 г в.с.п.	
1	0.5-10	4.76	2.04	3.78	1.96	7.31	0.70	0.07
	10-30	5.05	0.73	2.10	1.05	6.89	1.26	0.21
2	0-10	4.71	1.75	3.36	1.32	8.52	0.77	0.07
	0-5	5.84	0.40	0.70	1.84	10.63	1.49	0.41
3	10-22	5.93	0.79	0.42	1.78	9.04	1.13	0.33
	22-30	6.04	0.12	0.42	1.84	15.11	1.58	0.33
	0-10	5.87	0.33	0.14	2.33	9.38	0.25	0.19
4	10-20	5.91	0.40	0.36	3.09	7.84	0.16	0.22
	0-10	5.50	0.49	3.92	1.43	15.87	1.80	0.37
5	10-20	5.71	0.40	1.68	1.13	17.39	2.03	0.59
	0-7	5.35	0.80	1.68	2.31	11.9	2.25	0.40
6 (подветренная часть склона)	7-10	5.16	0.50	1.43	4.34	12.1	1.17	0.29
	10-20	5.25	0.70	1.96	3.02	15.3	1.68	0.47
6 (дно карьера)	0-0.5	5.11	0.66	1.60	4.39	4.83	0.52	0.15
	0.5-10	5.96	0.40	0.42	2.49	9.28	0.47	0.24
	10-20	6.09	0.37	0.62	3.25	9.08	1.08	0.34

На участке 5 сосна отличалась сравнительно высокими биометрическими параметрами (табл. 33). Прирост в высоту у сосны имеет тенденцию к увеличению при сохранности около 90% высаженных растений.

На участке 6, который характеризовался различными микроусловиями, соответственно, отличались показатели роста высаженных одновременно древесных растений. Посадка сосны на пологом подветренном склоне, возраст которой 14 лет, имеет довольно высокие биометрические параметры (табл. 33). Сохранность около 80%, прирост в высоту около 40 см. Однако, чем дальше расположена посадка от борта по склону – тем хуже состояние сосны. На дне карьера сохранность падает до 52%, высота сосны уменьшается практически в три раза (до 88 см). На участке обнаружено поражение сосен патогенными грибами, вызывающими болезни, – обыкновенное и снежное шютте. Распространение болезней типа шютте – 100%, однако на склоновой части участка их интенсивность низкая (10%), на дне же карьера – более высокая (30%), что свидетельствует о низкой устойчивости сосны в менее благоприятных условиях роста.

На участках 5, 6 проективное покрытие напочвенного покрова сильно колебалось в зависимости от микро (мезо-)рельефа.

На рассматриваемых участках напочвенный растительный покров состоит из высеянных видов (костреца безостого (*Bromopsis inermis*) и тимopheевки (*Phleum pratense*)) и внедрившихся злаков (овсяницы овечьей, полевицы тонкой, вейника лапландского), а также лугового разнотравья (герани луговой (*Geranium pratense*), ястребинки зонтичной (*Hieracium umbellatum*), сушеницы лесной (*Omalotheca sylvatica*) и др.) (табл. 34). Из видов, характерных для зарастания нарушенных земель, отмечены иван-чай, мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), хвощ полевой и др. Травянистый покров задерживает семена древесных и кустарниковых видов, поэтому на участках имеется внедрение древесных растений (всходов березы, лиственницы) и кустарников – в основном разных видов ив. К площадкам, расположенным в наиболее благоприятных условиях, обусловленных микрорельефом, приурочены мхи, характерные для начальных стадий зарастания песчаных субстратов – *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Polytrichum piliferum* Hedw., виды рода *Bryum*, с общим проективным покрытием мохового яруса до 30%.

Как видно из данных агрохимического анализа, в год наблюдений содержание азота, калия и фосфора на участке было низким при отсутствии аккумуляции органического углерода (табл. 35). Морфологическое изменение техногенного субстрата не отмечено. Субстраты бесструктурные, светло-коричневого цвета. В местах с развитым травянистым покровом начинает формироваться слой ветоши.

Таким образом, на участках 5 и 6 посев многолетних трав и внесение удобрений обеспечили на начальном этапе улучшение роста сосны и формирование напочвенного покрова. Там, где растительный покров образовался, происходит закрепление субстрата и начало накопления органического вещества на поверхности субстрата.

Результаты обследования выполненных Усинским лесхозом посадок позволяют заключить, что приживаемость сосны, ее рост и развитие на техногенном субстрате, активизация восстановления напочвенного покрова и почвы связаны с технологией проводимых работ. Неблагоприятные субстратные условия обуславливают ослабление развития сосны и тем самым легкую их подверженность грибным заболеваниям. Состояние напочвенного растительного покрова и формирование продуктивного слоя почвы десятилетия будут находиться на начальной стадии восстановительной сукцессии. Однако посадка лесных культур при одновременном внесении удобрений и посеве многолетних трав, но

без последующего ухода, не является достаточным условием для ускорения восстановительной сукцессии.

Становится очевидной необходимость разработки специальных приемов, способствующих ускорению восстановления лесных экосистем. При этом следует отметить, что общепринятый методологический (ресурсный) подход и практические приемы, направленные на создание лесных (хвойных) культур в таежной зоне, не обеспечивают эффективного восстановления лесных экосистем.

2.2. РАЗРАБОТКА ПРИЕМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Наши исследования по разработке приемов восстановления лесных экосистем проводятся на территории Усинского нефтяного месторождения.

Опытные участки расположены на наиболее распространенных типах техногенных нарушений – песчаных карьерах и песчаных отсыпках буровых площадок. Описание опытов приведено в табл. 36.

Гранулометрический состав техногенного субстрата характеризуется низким содержанием физической глины (сумма частиц <0.01) – менее 6%, преобладанием фракции тонкого песка (частицы диаметром от 0.25 до 0.05 мм) – около 82% (табл. 37), что

Таблица 36

Характеристика объектов исследования

Участок, №	Местоположение объекта	Год закладки опыта	Варианты опыта
1*	Карьер***	1991	Посадка черенков ивы
2**	Карьер***	1991	Поверхностное внесение торфа (20т/га), БАГ (2.5т/га), комплексного минерального удобрения (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀); посев <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Poa pratensis</i> (20 кг/га)
3*	Песчаная отсыпка буровой площадки	1991	Посадка 7-10-летних дичков сосны без улучшения субстрата

Примечание: * – опытные участки заложены под руководством начальника службы экологии ОАО «Северная нефть» В.И. Парфенюка;

** – опыт заложен сотрудниками Института биологии; БАГ – патент № 2099917;

*** – по данным В.И. Парфенюка начало разработки карьера лето 1980 г., окончание – лето 1984 г.

Таблица 37

**Гранулометрический состав техногенного субстрата в карьере № 8
(глубина взятия образца 0-5 см)**

Год	Гигроскопическая влага, %	Потеря от обработки HCl, %	Количество частиц диаметром (мм), %						Сумма частиц >0.01	Сумма частиц <0.01
			1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001		
2001	0.39	0.00	11.35	81.88	0.66	1.47	0.30	4.34	93.89	6.11
2006	0.43	0.37	11.94	80.59	2.11	0.04	0.64	4.67	94.64	5.36

обуславливает низкие поглотительную способность и влагоемкость, легкую подверженность водной и ветровой эрозии субстрата.

Рассмотрим восстановление почв на участках, различающихся между собой приемами природовосстановительных работ.

Одним из наиболее распространенных приемов закрепления песчаных субстратов является посадка черенков ивы без внесения удобрений (опыт 1). Эффективность посадки ивы была исследована нами на участке 1. На 12-й год после посадки черенков (наблюдения 2002 г.) сохранность ив составила лишь 20%, высота кустов около метра. Между рядами кустов были отмечены лишь единичные экземпляры травянистых растений: овсяница овечьей, иван-чая узколистного, ястребинки зонтичной, хвоща полевого – видов, характерных для начальной стадии самовосстановительной сукцессии (табл. 38). Проективное покрытие травянистого яруса составляло 1-2%.

Таблица 38

Видовой состав напочвенного покрова на опытном участке 1

Вид	Встречаемость, %		Проективное покрытие, %		Высота, см
	2002 г.	2006 г.	2002 г.	2006 г.	
Травянистые растения					
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.		7		>1	
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	16	29	>1	>1	20-30
<i>Equisetum arvense</i> L.	48	56	1	>1	10
<i>Festuca ovina</i> L.	25	53	>1	>1	10-25
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	24	29	>1	>1	20-30
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	4	–	>1	–	10
<i>Rumex acetosella</i> L.	36	14	>1	>1	15-20
<i>Solidago virgaurea</i> L.		17		>1	
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat.) M.Lainz	8	7	>1	>1	10
Мхи					
<i>Bryum</i> sp.		7		>1	1
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.		7		>1	1
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.		7		>1	1
Лишайники					
<i>Stereocaulon paschale</i> (L.) Hoffm.		7		>1	1-2

На 16-й год (наблюдения 2006 г.) состояние кустарникового яруса практически не изменилось, напочвенный покров остается неразвитым (табл. 38, рис. 18). Количество фитомассы травянистых растений увеличилось незначительно: 6.4 г/м² – в 2002 г., 7.6 г/м² – в 2006 г. Впервые зафиксированы два новых вида травянистых растений – осока арктикосибирская (*Carex arctisibirica*), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*) (табл. 38). На поверхности субстрата местами отмечены пленка водорослей и протонема мхов, редко в микропонижениях – мхи рода *Polytrichum* и *Ceratodon purpureus*. Всего на 16-й год после посадки черенков ивы зарегистрированы девять видов травянистых растений, три вида мхов, один вид лишайников.

По нашим наблюдениям, на расположенной вблизи части карьера, где не проводились восстановительные работы, через 28 лет в условиях самозарастания проективное покрытие напочвенного покрова не превышает 1-2% , песчаный субстрат легко переносится воздушными и водными потоками, отмечен овраг длиной 60 м, глубиной – 3 м, шириной – до 10 м (рис. 19).

При отсутствии растительного покрова почвообразование на нерекультивированных участках практически не развивается. Изменения техногенного субстрата ни по морфологическому строению, ни по агрохимическим показателям за годы наблюдений не отмечены (табл. 39).



Рис 18. Посадка ивы на территории песчаного карьера.



Рис. 19. Усинское месторождение нефти. Нерекультивированный участок песчаного карьера (на 28-й год).

Таблица 39

**Агрохимические показатели субстрата
на нерекультивированных участках**

Год наблюдений	Глубина образца, см	рН водн.	Сорг., %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
				мг/100 г в.с.п.			ммоль/100 г в.с.п.	
Нерекультивированный участок на карьере № 8								
2002	0-3	5.7	0.2	0.14	6.7	2.0	0.1	0.2
	3-10	5.8	0.6	0.28	6.3	2.2	0.1	0.2
	10-20	5.7	н/а	0.14	6.8	2.0	0.4	0.2
	20-30	5.7	н/а	0.42	8.1	2.2	0.6	0.3
2006	0-5	5.7	0.2	н/а	6.6	2.1	0.6	0.1
2008	0-15	6.1	0.0	0.36	6.1	3.2	0.6	0.2
	15-30	6.2	0.1	0.03	5.6	2.9	0.4	0.1
Нерекультивированный участок на отсыпке буровой								
2002	0-10	6.1	0.2	н/а	8.7	3.7	0.2	0.1
2006	0-5	6.5	0.2	н/а	5.8	2.9	0.2	0.0

Примечание: н/а – не анализировали.

Крайне неблагоприятные свойства техногенного субстрата не способствуют активному самовосстановительному процессу, необходимо содействие со стороны человека для обеспечения ускоренного восстановления разрушенной лесной экосистемы.

На участке 1 был учтен опад кустарникового яруса, поступающий на поверхность субстрата. За год с весны 2007 г. по весну 2008 г. в опадоуловители поступило в среднем 34.7 г/м^2 опада, что незначительно превышает количество опада, собранного четыре года назад (29.6 г/м^2), косвенно подтверждая слабое развитие кустарникового яруса. Опад при отсутствии травянистого покрова не задерживается на поверхности субстрата, а сносится ветром за пределы участка.

Химический анализ образцов субстрата на 12-й год после посадки ив показал низкое содержание элементов-биогенов. На 16-й год агрохимические показатели практически не изменились (табл. 40). Полевая влажность субстрата в связи с низким содержанием глинистых частиц и органического вещества не превышала 8.0%. При очень слабом развитии травянистого покрова песчаный субстрат подвергается эрозии. На 12-й год после посадки отмечен эрозионный разрыв шириной 2.5 м, глубиной 1 м, длиной 5 м. На 16-й год он увеличился в размерах: глубина достигла 1.5 м, длина – свыше 10 м.

В 2006 г. было начато изучение состава кроновых вод, а также заложены лизиметры-сосуды. Сбор кроновых вод производился в сосуды объемом 1.5 л с пластмассовыми воронками. Для получения лизиметрических вод использовали лизиметры – сосуды объемом 1.5 л с воронками водосборной площадью 56 см^2 , устанавливаемые на глубине 10 см. Отбор вод проводили два раза в год – в начале июня и в середине сентября. Для химического анализа брали среднюю пробу. Определение химического состава вод проводили в аккредитованной лаборатории «Экоаналит» по гостированным методикам.

Таблица 40

Агрохимические показатели субстрата участка 1

Год	Глубина образца, см	pHводн.	Сорг., %	N, %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					мг/100 г в.с.п.			ммоль/100 г в.с.п.	
2002	0-10	5.9	0.2	н/а	0.1	9.4	2.3	0.3	0.2
	10-20	5.9	0.2	н/а	0.4	7.8	3.1	0.2	0.2
2005	0-2*	5.9	1.2	н/а	1.7	9.7	0.7	1.4	0.2
2006	0-5	5.8	0.2	0.03	н/а	7.9	6.5	0.8	0.6

Примечание: * – корочка из водорослей и протонемы у борта в небольшом понижении; н/а – не анализировали.

В водах, собранных на открытом месте, где воздействие кроны ив и растений напочвенного покрова отсутствовало, отмечено низкое содержание практически всех элементов, осадки слабокислые (табл. 41). Некоторое повышение Сорг. в 2008г., возможно, связано с атмосферным загрязнением.

Как и следовало ожидать, по сравнению с открытым участком осадки, проходящие через кроны ив, характеризуются некоторым обогащением органическим веществом, кальцием, магнием, калием, натрием – элементами-биогенами (табл. 41). Надо заметить, что не выявляется ясная связь состава кроновых вод с вегетацией растений. Это обусловлено низкими биометрическими показателями ив и кустарниковой формой их роста. По сравнению с водами, собранными на открытом месте, в водах под кронами снижается сумма азотсодержащих ионов. Многие исследователи отмечают, что иногда количество общего азота, поступающего с осадками, под кронами деревьев бывает меньше, чем на открытых местах, и кроновые воды не обогащаются азотом, а обедняются. Такое уменьшение происходит, главным образом, благодаря поглощению нитратов атмосферных осадков поверхностью листьев (Снакин и др., 1997). Кроновые воды характеризуются довольно высоким содержанием сульфат-иона и хлор-иона, причем не только под ивой, но и на открытом участке. По-видимому, присутствие этих ионов в водах связано с атмосферным загрязнением, обусловленным сжиганием попутного газа (факелы газовые) и другими источниками загрязнения атмосферы (табл. 41). Отметим, что оба эти компонента характеризуются повышенным содержанием и в лизиметрических водах, прошедших через верхний слой (10 см) субстрата как под ивой, так и на открытом участке, что согласуется с высказанным предположением и свидетельствует о загрязнении субстрата. Содержание элементов-биогенов в лизиметрических водах невелико в связи с малым накоплением растительных остатков и их слабым разложением (табл. 42). В условиях Севера, при коротком вегетационном периоде рекультивационный (восстановительный) эффект посадки ивы черенками без дополнительных агротехнических приемов практически не выявлен.

В соответствии со схемой «природовосстановления», разработанной специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Арчегова, 1998), весной 2001 г. нами был проведен опыт по улучшению субстрата на площади 150 м² (уч. 1-01).

Гранулометрический состав субстрата участка 1-01 характеризуется преобладанием фракции мелкого песка, содержание физической глины составляет всего 5-6% (табл. 43).

Таблица 41

Химический состав атмосферных вод на участке 1

Дата сбора	pH	Электропроводность, мкСм/см	мг/л										
			Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Открытое место													
26.08.06	5.9	н/а	0	н/а	0.9	0.1	0.2	0.7	0.1	0.0	0.0	н/а	0.6
08.06.07	6.1	11.6	1.7	5.1	0.6	1.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.0	1.3	0.4
12.09.07	6.6	19.0	5.8	7.8	1.4	0.3	0.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.7	1.0
10.06.08	6.5	19.1	13.1	7.3	0.6	0.3	0.4	0.1	0.1	0.3	0.1	10.8	1.2
10.09.08	6.6	18.0	13.5	7.9	0.8	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	6.7	0.6
Под ивой (повторность 1)													
26.08.06	6.2	н/а	5.8	н/а	0.0	0.5	0.4	0.1	0.8	0.1	0.0	н/а	0.8
08.06.07	5.2	51.7	13.0	6.7	0.6	1.1	2.7	1.5	5.1	2.8	1.4	5.0	5.9
12.09.07	5.9	20.0	6.5	6.3	0.2	1.2	0.4	0.1	4.7	0.1	0.1	1.2	0.5
10.06.08	6.5	29.1	11.6	8.5	0.2	0.2	0.9	0.3	5.8	0.6	0.1	7.2	2.0
10.09.08	6.1	25.5	28.3	4.3	0.3	0.5	1.4	0.4	4.8	0.6	0.1	4.8	1.5
Под ивой (повторность 2)													
08.06.07	6.1	45.8	13.0	23.4	0.3	0.6	2.4	1.1	10.1	1.0	0.1	2.5	2.0
12.09.07	6.3	20.0	11.2	7.0	0.2	0.1	0.9	0.3	3.6	0.3	0.0	2.3	0.7
10.06.08	6.7	38.8	13.1	14.6	0.1	0.4	2.1	0.6	4.8	0.7	0.1	6.0	2.0
10.09.08	6.6	46.3	25.8	17.7	0.1	0.4	1.7	0.5	13.8	0.6	0.0	5.0	1.7

Примечание: Здесь и в табл. 42: н/а – не анализировали.

Таблица 42

Химический состав лизиметрических вод на участке 1

Дата сбора	pH вод.	Электропроводность, мксм/см	мг/л											
			Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
			Открытый участок											
08.06.07	5.8	8.6	н/а	5.1	0.2	0.4	1.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.0	1.4	0.3
10.06.08	6.4	9.1	4.4	2.4	0.1	0.1	0.6	0.2	0.2	0.6	0.3	0.0	3.6	0.6
			Под кроной ивы											
12.09.07	6.3	22.5	10.0	6.6	н/а	н/а	0.9	0.2	0.2	3.4	0.2	н/а	2.0	1.3

Таблица 43

Гранулометрический состав субстрата на участке 1-01

Глубина взятия образца, см	Гигроскопическая влага, %	Потеря от обработки HCl, %	Количество частиц диаметром (мм), %					Сумма частиц >0.01	Сумма частиц <0.01	
			1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.0050.001			
0-8(10)	0.39	0.00	11.35	81.88	0.66	1.47	0.30	4.34	93.89	6.11
8(10)-15(20)	0.43	0.37	11.94	80.59	2.11	0.04	0.64	4.67	94.64	5.36

Между ивами были внесены комплексное удобрение (азофоска) из расчета 60 кг действующего вещества каждого компонента на гектар и органическое удобрение «БИАК» (Патент № 2094414) в дозе 1.7 т/га. Затем проведен посев многолетних трав. Состав травосмеси – полевица тонкая, ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), мятлик луговой (*Poa pratensis*) из расчета 8 кг/га. В течение трех лет проводили подкормку азотным удобрением (мочевина – 40 кг д.в./га). В дальнейшем подкормку трав прекратили.

На восьмой год после закладки опыта отмечено улучшение состояния высаженных ив. Так, высота древовидных ив достигла 3 м, а диаметр стволика 5 см, ивы филиколистной – до 1.2 м и 1.5-2 см, соответственно. Сомкнутость крон 0.2. Отмечены единичные всходы этих видов ив.

В травяном ярусе доминирует высеянный вид – полевица тонкая. Ее биоэкологические особенности (малая требовательность к плодородию почв, приуроченность к песчаным субстратам, зимостойкость) обусловили сравнительно успешный рост этого растения на опытной площадке. Проективное покрытие полевицы – 30-40%. Ее корневище скрепляет и уплотняет песчаный субстрат на участке. Остальные высеянные злаки, более требовательные к плодородию и увлажнению почвы, характеризуются низким проективным покрытием – до 1%.

Среди внедрившихся злаков – овсяница овечья, из разнотравья – хвощ полевой, щавелек (*Rumex acetosella*), ястребинка зонтичная, кошачья лапка (*Antennaria dioica*), мать-и-мачеха. Из этих растений только овсяница овечья имеет большее проективное покрытие – до 8%. Это плотнодерновинное, ксерофитное, олиготрофное растение приурочено к произрастанию на песчаных, пылевато-песчаных и супесчаных почвах. Проективное покрытие остальных видов незначительно. Общее проективное покрытие травяного яруса составляет 50%.

Моховой покров сосредоточен в основном пятнами, в местах, где отсутствует травяной покров. Отмечен в основном *Polytrichum piliferum*, высотой не превышающий 0.5 см. Примерно 30-40% участка покрыто протонемой мхов.

Развитие травяного покрова способствовало накоплению растительного опада как травянистых растений, так и опада ив, легко сдуваемого на участке с посадкой ив без посева трав.

Приведем описание прикормки на участке 1-01. На поверхности почвы слой слабо разложившихся травянистых остатков, опад ивы.

Адерн.	0-2(3) см	Сероватый, слабо гумусированный, уплотнен корнями, песчаный, желто-коричневый с сероватым оттенком, одернованный, влажный
слой II	2(3)-10 см	Песчаный, коричневатый, еще часто корни
слой III	10-15 см	Песчаный, коричневатый, единичные корни
слой IV	25-30см	Песчаный, сероватый с охристыми, голубоватыми, коричневыми прослойками и пятнами

Как можно судить по морфологическому описанию, субстрат преобразуется в слабо одернованную почву.

Накопление слабо разложенных растительных остатков обуславливает, хотя и слабое, накопление влаги. Так, полевая влажность верхнего одернованного слоя (0-10 см) составляла 6.7%, под ним до 5.2%, тогда как на нерекультивированном участке влажность верхнего слоя (0-10 см) – всего 3.1%. В одернованном слое отмечено увеличение биологической активности, о чем можно судить по интенсивности разложения льняного полотна. Если на участке 1 в слое 0-10 см степень разложения льняного полотна за вегетационный период составила 9.3%, то на участке 1-01 – 39.3.

Таким образом, наблюдения показывают благоприятное влияние посева трав на активизацию биологических процессов. Вместе с тем, аккумуляция гумусовых веществ и элементов-биогенов в песчаном субстрате еще слабо выражена (табл. 44). Слабое накопление гумуса связано с низкой поглотительной способностью песчаного субстрата. Отметим, что лизиметрическими водами выносятся водорастворимые органические вещества и элементы-биогены. Так, в лизиметрических водах, проходящих через одернованный слой, по сравнению с водами участка без трав, повышается содержание элементов-биогенов, что связано с активизацией процессов трансформации растительных остатков (табл. 45). Содержание сульфат-иона и хлор-иона обусловлено, по-видимому, загрязнением веществами, приносимыми воздушным путем.

В целом можно отметить, несомненно, положительное действие агротехнических приемов на рост кустарников и формирование напочвенного покрова.

Одним из приемов, направленных на ускорение восстановления лесных экосистем, является использование в качестве посадочного материала дичков древесных растений из естественных лесных экосистем, пересаженных с комом земли (уч. 3). Посадка дичков сосны 7-10-летнего возраста с комом земли 25×25 см осуществлялась без удобрения площади (см. табл. 36).

На 12-й год после посадки (наблюдения 2002 г.) сохранность высаженной сосны составила 67%. Высота древесного яруса достигала 3.4 м. Спустя еще шесть лет сохранность сосны в посадке

Таблица 44

Агрохимические показатели субстрата участка 1-01

Год	Глубина взятия образца, см	рНводн.	Сорг., %	мг/100 г в.с.п.				Ca ²⁺	Mg ²⁺
				Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺		
2002	0-10	6.1	0.2	1.1	11.2	1.1	0.5	0.2	
	10-20	6.2	0.6	0.7	8.2	0.8	1.0	0.2	
2006	0-8(10)	5.4	0.3	н/а	12.0	8.0	0.4	0.4	
	8(10)-15(20)	5.4	0.1	н/а	8.0	2.3	0.4	0.3	
2008	0-0.5	5.5	0.2	1.1	5.6	3.2	0.5	0.1	
	0.5-2(3)	5.8	0.2	0.6	7.4	3.8	0.4	0.1	
	2(3)-10	5.9	0.2	0.4	6.8	2.5	0.4	0.1	
	10-15	5.6	0.3	0.2	6.8	4.2	0.3	0.1	
	15-30	5.8	0.1	0.2	7.0	4.5	0.3	0.1	

Таблица 45

Химический состав лизиметрических вод на участке 1-01(под травами)

Дата сбора	рНводн.	Электропроводность, мкСм/см	мг/л										
			Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
08.06.07	5.7	36.0	16.6	10.3	н/а	н/а	0.9	0.4	11.2	0.4	1.6	0.5	2.3
10.06.08	6.3	23.2	10.2	н/а	0.1	0.6	0.7	0.2	4.7	0.4	0.1	9.6	2.0
10.09.08	4.8	38.9	9.8	н/а	0.0	5.0	2.2	0.4	5.4	0.4	0.1	9.6	1.9

Примечание: н/а – не анализировали.

остается такой же. Высота древесного яруса достигла более 5 м (табл. 46, рис. 20). В среднем за период с 2002 по 2008 г. прирост в высоту составлял 31 см, максимальным он был в 2005 г. – 37 см, минимальным в 2003 г. – 20 см (рис. 21). Колебания прироста в значительной степени были обусловлены погодными условиями вегетационных периодов (см. табл. 30, 31).

Таблица 46

Биометрические показатели сосны на участке 3

Год наблюдений	Высота, см	Диаметр корневой шейки, см	Диаметр на высоте груди, см	Радиус кроны, см	
				Поперек ряда	Вдоль ряда
2002	343.8±8.9	7.8±0.2	5.3±0.2	88.1±3.6	83.3±3.3
2006	422.4±17.7	8.8±0.5	6.0±0.4	100.8±5.5	93.4±9.0
2008	523.6±24.6	11.7±0.9	9.8±0.8	112.6±9.0	109.1±9.0

Была выявлена прямая связь ($r = 0.7$) между приростом в высоту и средней температурой вегетационного периода предыдущего года, когда закладываются величина апексов и количество зачатков побегов будущего года, определяющих потенциальные возможности прироста (Эколого-биологические основы..., 1981). Для расчета коэффициента корреляции использовались данные с 1998 по 2008 г. Считается, что при $r = 0.3-0.7$ корреляционная зависимость между признаками средняя (Доспехов, 1979).

В зоне проекции крон отмечены всходы и мелкий подрост (высота 20-40 см) древесных (сосна, ель (*Picea obovata*), береза, лиственница) и кустарниковых (ива шерстистопобеговая (*Salix dasyclados*), ива фиколистная (*Salix phylicifolia*), можжевельник) растений.

На 18-й год после посадки дичков кроны сосен смыкаются между собой, однако живой напочвенный покров на участке остается фрагментарным –



Рис. 20. Усинское месторождение нефти. Песчаная отсыпка буровой площадки. Участок без подготовки субстрата. Семт-десятилетние дички сосны на 16-й год после посадки.

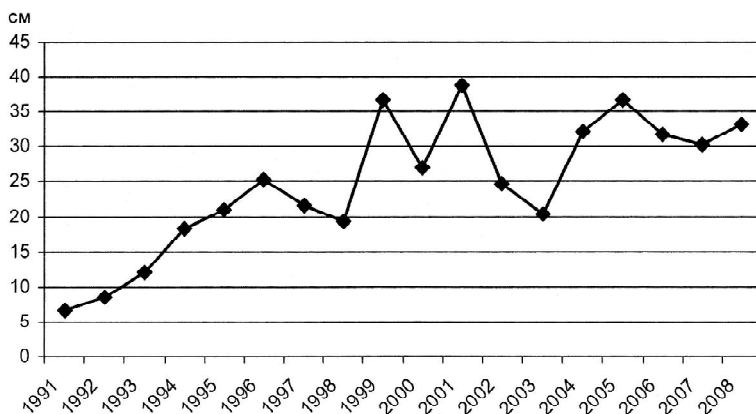


Рис. 21. Динамика изменения прироста сосны в высоту по годам на участке 3.

растения в основном сосредоточены под кронами деревьев на комьях земли, перенесенных из леса вместе с сосной (табл. 47).

Вне зоны кома земли отмечены виды-пионеры, характерные для начальных этапов самозарастания техногенных субстратов (иван-чай, хвощ полевой), а также злаки, способные успешно расти на сухих субстратах, – вейник лапландский, овсяница овечья. На наиболее благоприятных по микроусловиям участках отмечается зарастание межрядового пространства толокнянкой обыкновенной (*Arctostaphylos uva-ursi*) и вороникой гермафродитной (*Empetrum hermaphroditum*). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в пределах кома земли составляет 60-70 %, а вне зоны кома чаще всего – до 10 %.

Всего на 18-й год после посадки сосны в травяно-кустарничковом ярусе отмечено семь видов кустарничков и 14 – травянистых растений. За период с 2002 г. в основном выпали виды, не характерные для произрастания в данных экологических условиях, – кассандра болотная, осока шаровидная, а также виды случайные, единично встреченные ранее (табл. 47).

Мохообразные представлены видами, характерными для техногенно нарушенных территорий, – *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum piliferum*. Проективное покрытие мхов – 20%, лишайников – менее 1 (табл. 47).

Данные по учету фитомассы (учет проводили по Л.Е. Родину и др. (1967) на 16-й год после посадки подтверждают фрагментарность напочвенного покрова. Так, под кронами масса кустарничков составляет 41.3 г/м² (табл. 48), в межрядовых пространствах – 2 г/м². Под кронами накапливается значительное коли-

Таблица 47

Состав и структура напочвенного покрова на участке 3

Вид	Встречаемость по годам, %			Проективное покрытие по годам, %			Высота, см
	2002	2006	2008	2002	2006	2008	
Кустарнички							
<i>Andromeda polifolia</i> L.	13	11	10	>1	>1	>1	11
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	19	12	15	3	2	3	10-12
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	1	1	–	>1	>1	–	10
<i>Empetrum hermaphroditum</i> (Lange) Hagerup	34	30	35	8	12	11	8-10
<i>Ledum palustre</i> L.	16	28	20	1	1	1	30
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	32	17	20	3	1	1	10-15
<i>V. uliginosum</i> L.	33	30	30	2	5	6	10-15
<i>V. vitis-idaea</i> L.	15	28	25	1	1	1	9
Травянистые растения							
<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	4	4	4	>1	>1	>1	8
<i>Botrychium multifidum</i> (S.G.Gmel.) Rupr.	0	0	1	0	0	>1	15
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	4	4	5	>1	1	1	40
<i>C. lapponica</i> (Wahl.) Hartm.	26	15	15	5	5	6	40
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.	14	11	5	>1	>1	>1	15-20
<i>C. globularis</i> L.	1	–	–	>1	–	–	10
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	60	22	40	2	1	1	20-30
<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	1	4	5	>1	>1	>1	10
<i>Equisetum arvense</i> L.	26	28	30	>1	>1	>1	10
<i>E. pratense</i> Ehrh.	4	–	–	>1	–	–	10
<i>E. sylvaticum</i> L.	1	–	–	>1	–	–	15
<i>Festuca ovina</i> L.	91	67	80	6	10	11	20-30
<i>F. rubra</i> L.	1	1	1	>1	>1	>1	20-30
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	48	28	30	>1	>1	>1	10-20
<i>Phleum pratense</i> L.	8	3	–	>1	>1	–	30
<i>Poa pratensis</i> L.	1	1	5	>1	>1	>1	30
<i>Rumex acetosella</i> L.	2	1	5	>1	>1	>1	10
<i>Solidago virgaurea</i> L.	9	6	5	>1	>1	>1	10-20
Мхи							
<i>Bryum</i> sp.	6	7	6	>1	>1	>1	1
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	33	28	30	10	7	7	1-2
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	13	20	20	3	6	5	1-3
<i>P. piliferum</i> Hedw.	38	30	30	11	10	10	1-3
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	0	0	5	0	0	5	1

Таблица 48

Фитомасса напочвенного покрова на участке 3, г/м² (данные за 2006 г.)

Участок	Травянистые растения	Кустарнички	Мхи	Лишайники	Масса опада на поверхности субстрата
3, зона кома земли	<u>9.6</u> 1.2-25.6	<u>41.3</u> 14.2-104.7	<u>7.6</u> 0-23.7	<u>0.0</u> 0-0.1	<u>178.6</u> 104.1-231.8
3, между рядами	<u>14.5</u> 4.3-25.6	<u>2.0</u> 0-6.1	<u>6.5</u> 0.4-17.5	0	<u>44.1</u> 0-99.4

чество опада древесного яруса – 178.6 г/м². Фитомасса сосудистых растений незначительна – 10-14 г/м².

На 18-й год после посадки проведен учет фитомассы в растительных группировках со сравнительно большим проективным покрытием видов растений-олиготрофов – вороники гермафродитной, овсяницы овечьей, вейника лапландского. Масса травянистых растений колеблется от 2.1 до 10.5 г/м², в куртинке с вейником до 49.3 г/м², кустарничков – от 32.9 до 122.7 г/м². Сформирована подстилка, масса ее в среднем составляет 497.2 г/м² (от 296.2 до 708.2), доля шишек в подстилке – 30-47%, хвои – 44-63.

Значительная масса хвои на поверхности субстрата связана с высоким количеством хвойного опада, поступление которого резко возросло по сравнению с 2002 г. (табл. 49). Это, возможно, связано со смыканием крон сосны, ведущим к большему затенению нижней части кроны и в связи с этим ее отмиранием. В составе опада преобладает хвоя сосны – 93.7-97.4%. Отмечаются значительные колебания поступления опада на участке в зависимости от микроусловий.

Приведем описание прикопки, сделанной под кроной сосны (рис. 22). В напочвенном покрове протонема мхов, местами овсяница овечья. На поверхности опад сосны.

- | | | |
|-----|--------------|--|
| I | 0-0.5(1) см | Песчаный, темно-серый, слабо уплотнен протонемой мхов, корнями сосудистых растений, сырой, охристые включения, постепенный переход к следующему слою |
| II | 0.5(1)-17 см | Песок серо-коричневатый, бесструктурный, слабо уплотненный, есть корни, черные вкрапления разложившихся растительных остатков, рыхлый |
| III | 17-33 см | Песок светло-серый с линзами охристого песка |
- Субстрат характеризуется начальной стадией формирования лесной подстилки.

Данные по содержанию элементов-биогенов (табл. 50) в субстрате свидетельствуют о замедленности процесса его преобразования без агротехнических приемов даже при использовании качественного посадочного материала.

Низкая биологическая активность субстрата, определяемая по степени разложения целлюлозы (Аристовская, Худякова, 1977) в верхнем 10-сантиметровом слое, согласуется со слабым развитием почвообразовательного процесса. Степень разложения льняного полотна

за вегетационный период составляет 8.2%, немного превышая этот показатель на нерекультивированном участке – 4.8%.

Под соснами определяли состав кроновых и приствольных вод. Воды, собранные под кроной сосны, отличаются заметным увеличением содержания органического углерода, общей величины минерализации, в частности, более высоким количеством кальция, калия, по сравнению с водами, собранными на открытом месте (табл. 51). Воды характеризуются весьма высоким со-

Таблица 49
Количество опада древесного яруса
на участке 3
(воздушно-сухая масса, г/м²)

Период сбора опада	Количество опада
Июнь 2002 г. – сентябрь 2002 г.	21.6±4.4
Октябрь 2002 – май 2003 г.	20.2±4.2
Итого за год	41.8
Июнь 2007 г. – сентябрь 2007 г.	90.7±18.5
Октябрь 2007 г. – май 2008 г.	56.9±14.9
Итого за год	147.8



Рис 22. Техногенный субстрат на участке 3 на 18-й год после посадки дичков сосны (под сосной на границе кроны).

Таблица 50

Агрохимические показатели песчаного субстрата на участке 3

Год	Горизонт, глубина отбора образцов, см	рНводн.	С, %	N, %	Nгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					мг/100 г в.с.п.			ммоль/100 г в.с.п.	
2000	I 0-2*	6.2	0.1	н/а	1.0	4.9	7.8	1.3	0.2
	II 2-12*	6.5	0.4	н/а	0.4	5.2	6.9	1.4	0.2
	III 12-22*	5.5	0.4	н/а	0.7	5.7	6.8	0.8	0.2
2006	I 0-3*	5.6	0.3	0.03	н/а	3.6	2.5	0.7	0.2
	II 3-10*	5.9	0.3	0.03	н/а	6.2	2.2	1.7	0.5
	I 0-3**	5.5	0.3	0.03	н/а	5.9	2.5	0.7	0.2
2007	II 3-10**	5.5	0.2	0.02	н/а	5.9	3.7	1.1	0.5
	I 0-1*	5.6	0.3	н/а	н/а	7.4	4.9	1.0	0.2
	II 1-17*	6.4	0.2	н/а	1.0	8.9	4.3	0.8	0.2
2008	III 17-33*	5.5	0.1	н/а	н/а	9.0	4.4	0.8	0.1
	I 0-1*	5.6	0.3	н/а	1.0	3.5	7.4	0.9	0.2
	II 1-2*	5.8	0.2	н/а	0.9	3.7	3.0	0.6	0.2
	III 2-15*	6.4	0.2	н/а	0.5	6.3	2.2	1.4	0.2
	IV 15-30*	6.6	0.1	н/а	0.2	6.5	3.2	1.4	0.2

Примечание: * – под кроной; ** – в междурядье; н/а – не анализировали.

держанием сульфат-иона и хлор-иона, что связано, видимо, с атмосферным загрязнением. В целом можно отметить более высокую трансформацию атмосферных вод, стекающих по стволу, по сравнению с кроновыми. Воды, собранные ранним летом, более минерализованы, чем осенью.

Воды, мигрирующие через 10-сантиметровый слой субстрата на границе проекции кроны, характеризуются низким содержанием химических элементов (электропроводность – 9-17 мкСм/см), что обусловлено слабой преобразованностью песчаного субстрата (табл. 52). Однако обращает на себя внимание высокое содержание в лизиметрических водах сульфат- и хлор-ионов, что связано, как это ранее отмечено, с атмосферным загрязнением.

Результаты исследования показали, что даже при ускоренном развитии древесного яруса (участок 3) формирование напочвенного растительного покрова и почвы происходит без интенсивных агроприемов медленно, что тормозит восстановление лесной экосистемы в целом. Для оптимизации (ускорения) процесса формирования почвы необходимо использование комплекса приемов, направленных на стимулирование развития главного механизма развития биогеоценоза – биологического оборота органического (растительного) вещества, а это связано с созданием ус-

Таблица 51

Химический состав кроновых, приствольных вод на участке 3

Вид вод	Дата отбора проб	pH	Электропроводность, мкСм/см		мг/л										
			Сорг.	Нест.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Sa ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Воды, собранные на открытом месте, без влияния древесных пород															
	12.09.07	5.5	6.3	5.8	4.0	0.3	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.0	0.5	0.2	
	10.09.08	5.9	13.9	16	7.9	0.1	0.2	1.3	0.2	0.2	0.5	0.1	9.1	1.1	
Воды, собранные под сосной															
Приствольные Кроновые	26.08.06	5.3	н/а	11.6	н/а	0.4	0.7	1.0	0.3	0.9	0.5	0.0	4.81	0.5	
Приствольные Кроновые	26.08.06	5.4	н/а	5.8	н/а	1.3	0.7	1.2	0.3	1.7	0.6	0.0	2.40	0.2	
Приствольные Кроновые	08.06.07	4.9	47.2	23.7	4.9	0.3	0.3	2.2	0.8	2.5	3.8	0.0	5.72	8.8	
Приствольные Кроновые	08.06.07	5.4	27.0	н/а	5.2	0.2	0.1	1.5	0.4	1.9	1.6	0.52	3.78	3.6	
Приствольные Кроновые	12.09.07	4.6	18.6	16.2	н/а	0.2	0.2	1.2	0.3	1.3	1.3	0.02	3.66	1.6	
Приствольные Кроновые	10.06.08	5.1	94.2	44.2	н/а	1.5	0.4	4.8	1.4	3.4	н/а	0.05	15.60	13.2	
Приствольные Кроновые	10.06.08	5.9	49.8	18.9	7.3	0.0	0.2	3.0	0.8	2.4	3.3	0.06	9.62	4.0	
Приствольные Кроновые	10.09.08	4.4	50.8	70.1	4.3	2.7	2.0	3.5	0.8	4.6	2.1	0.11	7.45	3.3	
Приствольные Кроновые	10.09.08	5.6	24.6	19.7	17.7	0.2	0.3	1.6	0.4	3.3	0.8	0.05	9.62	1.5	

Примечание: н/а – не анализировали.

Таблица 52

Химический состав лизиметрических вод на участке 3

Дата отбора	pH	Электропроводность, мкСм/см		мг/л									
		Сорг.	Нест.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Sa ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
12.09.07	5.7	9.3	14.7	7.7	0.0	1.0	1.2	0.3	0.3	0.5	0.0	0.1	0.1
10.06.08	6.2	16.6	8.7	0.0	0.1	0.0	1.3	0.4	0.3	0.6	0.1	8.4	1.2
10.09.08	6.2	8.9	8.6	0.0	0.0	0.1	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1	5.1	0.4

Примечание: н/а – не анализировали.

ловий для интенсивного развития на поверхности субстрата растительного покрова, аккумуляцией органического вещества в субстрате. Иными словами, при восстановлении в условиях Севера техногенно нарушенной экосистемы необходимо стимулирование развития основных компонентов системы и в первую очередь растительного сообщества в его возможно полном разнообразии, т.е. не только древесного яруса, но и напочвенного покрова с помощью интенсивных (агротехнических) приемов, создавая тем самым условия для функционирования субстратного (микробно-фаунистического) биокомплекса, трансформирующего растительные остатки.

Комплексный подход к восстановлению лесной экосистемы. Интенсивные приемы природовосстановления на участке 2 включали посев трав: лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis*) и мятлика лугового в дозе 20 кг семян/га, внесение торфа (20 т/га) и минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$).

Наши ранние наблюдения показали, что после интенсивных агротехнических приемов уже в первом 10-летии формируются древесно-кустарниковый ярус и напочвенный покров. Древесно-кустарниковый ярус с сомкнутостью крон 0.1 образуют береза, лиственница, ивы (рис. 23). Образован биогенно активный органико-аккумулятивный слой почвы (Лиханова и др., 2006). На 18-й год сформировался древесно-кустарниковый ярус из лиственницы и березы с практически одинаковым их участием. Примесь древовидных видов ив (ивы шерстистопобеговой, ивы козьей (*Salix caprea*) в древесно-кустарниковом ярусе незначительна.

За последние шесть лет количество подроста березы по сравнению с лиственницей увеличилось в большей степени. Так, в 2006 г. количество мелкого подроста березы пушистой составило 67 экз./100 м², лиственницы на порядок ниже – 7 экз./100 м².

На 12-13-й годы после проведения восстановительных работ высота формирующегося древесного яруса составляла около 2.5 м, на 16-й год увеличилась до 3-3.5 м, на 18-й – 3.5-4 м, отдельные экземпляры березы и лиственницы достигали 5 м в высоту (рис. 23, 24). Диаметр лиственницы – 6 см (максимальный – 10 см), березы – 5-7 см (максимальный – 12 см). На 12-й год сомкнутость крон составляла 0.1, на 18-й – достигла 0.3.

На 18-й год можно уже выделить ярус подростка, который образуют в основном кустарниковый вид ив – ива филиколистная (*Salix phylicifolia*) (9 экз./100 м², высота 1.5 м, диаметр кроны более 3 м), смородина красная (*Ribes rubrum*) (3 экз./100 м², высота 0.8 м) и береза карликовая (*Betula nana*) (2 экз./100 м²). Дальнейшее формирование подростка обеспечено мелким подростом ив – 47 экз./100 м².



Рис. 23. Усинское месторождение нефти. Песчаный карьер. Участок после интенсивной подготовки субстрата. Самовозобновление древесных растений на 13-й год после окончания трехлетнего интенсивного этапа (по схеме природовосстановления).



Рис. 24. Усинское месторождение нефти. Песчаный карьер. Участок после интенсивной подготовки субстрата. Самовозобновление древесных растений на 15-й год после окончания трехлетнего интенсивного этапа (по схеме природовосстановления), весенний период.

Об активном развитии древесного яруса свидетельствует и динамика возрастания количества опада (табл. 53).

На 18-й год после проведения восстановительных работ сформировавшееся сообщество находится на характерной для самовосстановительной сукцессии в таежной зоне стадии быстрорастущих древесных растений. Под их пологом начинает возобновляться ель. Так, количество подроста ели на участке составляет 3 экз./100 м². Всего отмечено три вида деревьев, четыре вида кустарников.

На участке хорошо развит напочвенный покров из 21 вида травянистых растений и двух видов кустарничков. На 18-й год после восстановления, как и шесть лет назад, в травянистом покрове доминирует высеянный злак – лисохвост луговой, сравнительно высокое проективное покрытие у мятлика лугового и овсяницы овечьей (табл. 54). Следует отметить в составе травостоя луговые злаки – щучку дернистую (*Deschampsia cespitosa*), полевицу тонкую и овсяницу красную (*Festuca rubra*). По сравнению с данными, полученными шесть лет назад, в составе травостоя уменьшается число синантропных видов. Проективное покрытие травяного покрова – 75%.

В местах с ослабленным травостоем развивается моховой покров с преобладанием политриховых мхов, под травами – мхов рода *Brachythecium*. Общее проективное покрытие мохового покрова возросло до 60%. Появляются лишайники, но проективное покрытие их незначительно.

Данные по фитомассе напочвенного покрова позволили отметить динамику ее увеличения. На 12-й год после посева трав живая фитомасса составляла 196 г/м², в 2006 г. – 262, в 2008 г. – 275, причем возрастание фитомассы происходило за счет увеличения массы мхов, разрастающихся под травами. Так, масса мхов рода *Brachythecium* за последние шесть лет увеличилась в 3.5 раза.

Фитомасса травянистых растений имела пик на 16-й год после посева (в 2006 г.), на 12-й и 18-й годы была примерно одинаковой, но в составе фитомассы произошли некоторые изменения (рис. 25). На 12-й год 60% от фитомассы травянистых растений составлял лисохвост, 20% – иван-чай, 15 – овсяница овечья, 3 –

Таблица 53
Количество опада на опытном участке 2
(воздушно-сухая масса, г/м²)

Период сбора опада	Количество опада
Июнь 2002 г. – сентябрь 2002 г.	8.5±1.7
Октябрь 2002 – май 2003 г.	27.5±2.0
Итого за год	36.1
Июнь 2007 г. – сентябрь 2007 г.	15.0±6.5
Октябрь 2007 г. – май 2008 г.	52.2±8.6
Итого за год	67.2

Таблица 54

Состав и структура напочвенного растительного покрова (уч. 2)

Вид	Встречаемость, %			Проективное покрытие, %			Высота, см
	2002 г.	2006 г.	2008 г.	2002 г.	2006 г.	2008 г.	
Кустарнички							
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	5	7	6	>1	>1	>1	10
<i>Empetrum hermaphroditum</i> (Lange) Hagerup	5	7	6	>1	>1	>1	10
Травянистые растения							
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	–	7	25	–	>1	6	60-100
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	100	80	88	44	46	29	70-120
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drey.	–	–	25	–	–	4	30
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	10	7	–	>1	>1	–	40
<i>C. lapponica</i> (Wahl.) Hartm.	–	–	13	–	–	1	100
<i>Carex brunnescens</i> (Pers.) Poir	5	–	–	>1	–	–	30
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	100	67	75	9	5	5	30-90
<i>Crepis tectorum</i> L.	5	7	–	>1	>1	–	30
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	30	7	25	2	1	2	50-80
<i>Epilobium palustre</i> L.	10	7	–	>1	>1	–	10
<i>Equisetum arvense</i> L.	10	7	18	>1	>1	>1	20
<i>E. sylvaticum</i> L.	5	–	6	>1	–	>1	20
<i>Erigeron acris</i> L.	70	40	25	4	>1	>1	30-45
<i>F. ovina</i> L.	100	67	60	23	18	12	20-30
<i>Festuca rubra</i> L.	–	7	6	–	>1	>1	60-100
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	40	33	23	1	1	1	30-50
<i>H. vulgatum</i> L.	10	20	13	>1	1	>1	20-30
<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch.Bip.	60	33	63	2	1	2	30-50
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	–	–	6	–	–	>1	120
<i>Poa pratensis</i> L.	30	20	38	1	4	12	50-65
<i>Rumex acetosella</i> L.	10	7	50	>1	>1	1	20
<i>Solidago virgaurea</i> L.	80	60	63	3	3	4	50
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	40	20	13	1	>1	>1	25
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat.) M.Lainz	5	7	–	>1	>1	–	20
<i>Tussilago farfara</i> L.	20	7	6	>1	>1	>1	9

Окончание табл. 54

Вид	Встречаемость, %			Проективное покрытие, %			Высота, см
	2002 г.	2006 г.	2008 г.	2002 г.	2006 г.	2008 г.	
Мхи							
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	20	20	13	>1	>1	>1	2-3
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	60	40	63	11	11	21	3
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	30	33	13	5	5	>1	3
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	20	20	–	2	1	–	3
<i>Brachythecium</i> sp.	20	20	88	1	15	41	1-2
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	–	20	6	–	1	>1	2

мятлик луговой, а на 18-й год доля лисохвоста снижается до 51%, иван-чая до 8%, возрастает доля мятлика лугового и овсяницы овечьей до 20%. Таким образом, сохраняются четыре преобладающих по фитомассе вида, однако доли их варьируют. Фитомасса кустарничков и лишайников на участке незначительна.

Сформированное растительное сообщество преобразует субстрат, что выражается в том числе и в изменении гранулометрического состава. По сравнению с первоначальным техногенным субстратом значительно увеличивается доля фракции частиц с диаметром меньше 0.01, видимо, за счет повышения органо-минеральных коллоидов (см. табл. 37, 55).

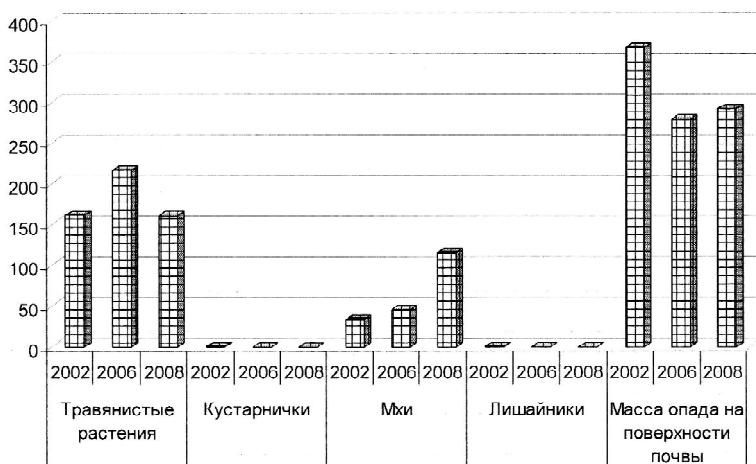


Рис. 25. Фитомасса напочвенного покрова на участке 2 по годам, г/м².

Таблица 55
Гранулометрический состав новообразованной почвы на участке 2

Год	Глубина взятия образца, см	Гигроскопи- ческая влага, %	Потеря от обработки HCl, %	Количество частиц диаметром (мм), %						Сумма частиц >0.01	Сумма частиц <0.01
				1.0- 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	<0.001		
2002	10-20	1.18	0.46	31.93	50.29	5.65	2.04	3.78	6.31	87.87	12.13
	20-30	0.57	0.28	16.18	76.07	0.97	0.45	2.10	4.23	93.22	6.78
2006	8-15	1.45	0.00	19.28	53.59	13.61	1.79	3.31	8.42	86.48	13.52
	15-20	0.94	0.79	8.18	75.99	4.89	0.06	0.46	10.42	89.06	10.94

Морфологическое строение новообразованной почвы на 18-й год охарактеризовано ниже (рис. 26).

Прикопка сделана под травянистой растительностью (лисохвост луговой, овсяница овечья). Напочвенный покров образуют мхи рода *Brachythecium*, *Polytrichum*. На поверхности слой слаборазложившейся травяной массы.

A0A1	0-3 см	Травяная подстилка с небольшой примесью мхов, в нижней части минеральная гумусированная масса, темно-серая, густо переплетенная корнями, переход к следующему слою ясный
A1(B)	3-13 см	Уплотненный корнями, темно-серый, гумусированный горизонт, включения сизой глины и охристого песка в нижней части, обогащен разложившейся органической массой
III	13-23 см	Песчаный с примесью хорошо разложившейся органики, придающей слою сероватый оттенок, бесструктурный, еще довольно много корней, слабо уплотнен
IV	23-28 см	Светло-коричневый, песчаный, минеральный, охристые пятна
V	28-45 см	Более светлый, чем предыдущий с более желтоватым оттенком слой, песчаный.

Почва слабоодернованная новообразованная (переходная) песчаная.

Новообразованная почва представляет собой сформированное биогенно-аккумулятивное образование. Особенности этой почвы определяются составом растительного напочвенного покрова – многолетним травянистым сообществом. Органо-аккумулятивный, продуктивный слой характеризуется значительным содержанием элементов-биогенов (табл. 56), довольно высокой биологической активностью. Разложение льняной ткани за вегетационный сезон 2002 г. (12-й год после посева) составило 76.4%. В 2007 г., характеризующимся более теплым вегетационным периодом,



Рис. 26. Новообразованная почва на участке с интенсивной подготовкой субстрата на 18-й год после начала «интенсивного» этапа.

Таблица 56

Агрохимические показатели новообразованной почвы на участке 2

Год	Горизонт, глубина, см	рНводн.	С, %	N, %	Nгидр.	мг/100 г в.с.п.			Ca ²⁺ ммоль/100 г в.с.п.	Mg ²⁺
						P ₂ O ₅	K ₂ O			
2002	A0A1'	0-10	5.0	n/a	2.9	8.5	7.9	7.1	1.1	
	A0A1''	10-20	3.3	n/a	1.6	10.1	4.3	5.9	0.8	
	III	20-30	1.6	n/a	0.8	9.9	3.8	1.7	0.5	
2006	A0A1'	0-8	3.8	0.23	n/a	7.5	7.4	7.5	1.1	
	A0A1''	8-15	2.9	0.17	n/a	6.9	5.0	6.1	0.7	
	III	15-20	0.2	0.03	n/a	10.6	4.5	2.9	0.8	
2007	A0A1'	0-3(4)	3.9	n/a	5.0	9.6	25.2	n/a	n/a	
	A0A1''	3(4)-13(18)	4.6	n/a	2.5	10.6	8.2	6.3	1.0	
	III	8(16)-22(26)	0.2	n/a	1.4	13.2	4.3	8.2	2.1	
2008	IV	22(26)-34	0.1	n/a	1.4	16.4	8.7	1.7	0.8	
	A0A1'	0-3	3.9	n/a	7.1	11.4	26.6	8.6	1.9	
	A0A1''	3-13	2.4	n/a	2.2	8.3	7.1	6.2	0.9	
III	13-23	1.4	n/a	1.5	6.0	4.3	3.3	0.4		
IV	23-28	0.3	n/a	1.0	9.7	2.3	1.25	0.2		
V	28-45	0.1	n/a	0.8	7.4	3.9	1.45	0.4		

Примечание: n/a – не анализировали.

Таблица 57

Фракционно-групповой состав гумуса органо-аккумулятивного слоя новообразованной почвы на участке 2 (% к валовому)

Глубина, см	Собщ, %	Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			Нерастворимый остаток	Сгк/Сфк			
		1	2	3	1а	1	2			3		
0-8	4.2	11.6	9.5	13.8	34.9	1.4	17.8	13.3	4.8	37.3	27.8	0.9

разложение льняного полотна за такой же по длительности период возросло до 92,3%. Частично повышение степени разложения льняного полотна может быть связано с возрастанием активности микробного комплекса.

Исследование фракционно-группового состава гумуса проводилось по И.В.Тюрину в модификации В.В.Пономаревой (Пономарева, Плотникова, 1980). Состав гумуса характеризуется практически одинаковым содержанием гуминовых и фульвокислот, высокой общей растворимостью новообразованного гумуса (табл. 57).

Полевая влажность дернового слоя составила 25%, минерального слоя, расположенного под органометным, – 8.

На участке 2 собирали кроновые и приствольные воды под ивой козьей, лиственницей и березой пушистой. Отмечено увеличение концентрации практически всех компонентов в осадках при прохождении через кроны и, стекающих по стволу, по сравнению с водами, собранными на открытом месте. В составе вод обнаруживаются тенденции, характерные для вод, собранных под древесными и кустарниковыми породами на других исследованных участках, – увеличение минерализации приствольных вод по сравнению с кроновыми и большее содержание практически всех ионов в водах, собранных ранним летом, по сравнению с осенними (табл. 58).

В водах зафиксирована максимальная концентрация гидрокарбонатного иона, иона калия, сульфат-иона, ионов кальция и хлора. Высокое содержание калия связано с интенсивным его вымыванием из растений, что отмечается многими исследователями (Гитлянова, 1974; Быстрицкая и др., 1981). Интересно, что в 2008 г. зарегистрировано значительное повышение содержания сульфат-ионов, что, по-видимому, обусловлено атмосферным загрязнением воздуха в районе исследования.

Необходимо отметить, что под ивой козьей воды менее кислые, чем под лиственницей и березой – рН вод не опускался ниже 6,0. Также воды, собранные под ивой, характеризуются более высоким содержанием ионов кальция.

Лизиметрические воды на участке 2 более минерализованы по сравнению с участками 1 и 3 (табл. 59). Преобладающие ионы в лизиметрических водах – гидрокарбонатный и ион кальция. Отмечается различие химического состава лизиметрических вод, полученных в одни и те же сроки, но в разные годы.

Проведенное исследование достаточно убедительно показало эффективность применения комплекса агроприемов с целью ускорения восстановительного процесса лесной экосистемы. Показано, что уже в первом десятилетии достигается наиболее продвинутая стадия восстановительной сукцессии – оформление тра-

Таблица 58

Химический состав кроновых и приствольных вод на участке 2

Вид вод	Дата отбора	рН	Электропроводность, мкСм/см	мг/л											
				Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	СГ	
	10.09.08	5.45	12.4	11.1	4.9	0.0	0.2	1.1	0.2	0.5	0.3	0.0	6.7	1.3	
				Открытое место с задернением											
				Под лиственницей сибирской											
Приствольные	26.08.06	6.1	н/а	23.3	н/а	0.9	1.1	0.8	0.3	3.0	0.2	0.1	н/а	1.4	
Кроновые	26.08.06	6.3	н/а	11.6	н/а	0.4	0.4	0.7	0.3	3.4	0.3	0.0	н/а	0.3	
Приствольные	08.06.07	5.8	28.2	11.4	11.4	0.4	0.3	1.4	1.5	4.9	0.6	0.3	0.3	1.9	
Кроновые	08.06.07	5.5	17.3	11.9	4.8	0.4	0.5	0.7	0.7	3.4	0.3	0.0	0.1	1.2	
Приствольные	12.09.07	6.0	25.5	19.1	5.5	0.2	0.3	0.7	0.5	5.1	0.2	0.1	0.0	1.5	
Кроновые	12.09.07	6.0	25.2	5.9	7.3	0.3	0.1	0.6	0.4	5.7	0.2	0.0	0.0	2.0	
Приствольные	10.06.08	5.8	21.2	16.0	н/а	0.4	0.3	1.3	0.4	2.6	0.4	0.0	3.6	1.2	
Кроновые	10.06.08	6.1	26.3	17.5	8.5	0.2	0.2	1.2	0.6	3.1	0.5	0.1	12.0	2.0	
Приствольные	10.09.08	5.3	36.6	44.3	8.5	2.1	1.4	2.0	0.9	7.4	0.5	0.1	1.7	2.9	
Кроновые	10.09.08	6.2	37.7	25.3	7.9	0.5	0.7	1.3	0.5	9.0	0.3	0.1	2.7	4.8	
				Под ивой козьей											
Кроновые	26.08.06	6.3	н/а	5.8	н/а	0.4	0.5	1.6	0.4	2.9	0.3	0.0	н/а	0.5	
Кроновые	08.06.07	6.0	26.6	н/а	13.6	0.2	0.1	3.0	0.7	3.6	0.4	0.1	0.2	0.6	
Приствольные	12.09.07	6.2	30.5	11.8	9.0	0.2	2.0	2.4	0.5	4.7	0.4	0.0	0.1	1.4	
Кроновые	12.09.07	6.6	17.5	н/а	10.9	0.2	1.0	1.4	0.3	3.3	0.1	0.0	0.1	0.2	
Приствольные	10.06.08	6.5	37.3	16.6	16.5	0.4	0.4	4.0	0.8	3.0	0.3	0.1	1.2	2.0	
Кроновые	10.06.08	6.6	27.3	15.4	11.6	0.4	0.1	1.8	0.5	2.6	0.5	0.1	18.0	1.2	
Приствольные	10.09.08	6.8	41.0	25.8	20.1	0.5	0.8	3.8	0.7	7.9	0.3	0.0	0.0	1.3	
Кроновые	10.09.08	6.1	18.3	20.9	7.3	0.2	0.5	1.0	0.2	4.2	0.2	0.0	2.4	1.1	

Окончание табл. 58

Вид вод	Дата отбора	pH	Электро-проводность, мкСм/см	мг/л										
				Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Под березой пушистой														
Приствольные	08.06.07	5.1	26.6	13.0	8.9	0.2	0.6	1.9	0.8	4.2	0.8	0.3	0.0	1.6
Кроновые	08.06.07	5.6	21.5	5.93	10.9	0.3	0.4	1.3	0.7	4.3	0.4	0.6	0.0	0.8
Приствольные	12.09.07	4.4	23.0	14.7	н/а	0.2	0.3	0.7	0.2	2.7	0.3	0.1	2.9	0.9
Кроновые	12.09.07	5.6	11.6	7.35	5.1	0.1	0.1	0.5	0.1	1.7	0.1	0.0	2.2	0.4
Приствольные	10.06.08	5.1	42.5	21.8	11.6	2.4	0.4	2.2	0.7	3.7	1.3	0.1	6.0	4.6
Кроновые	10.06.08	6.8	40.5	18.9	23.8	0.2	0.2	2.1	1.1	6.6	0.4	0.1	7.2	2.0
Приствольные	10.09.08	4.6	29.0	32.5	10.4	2.2	1.4	2.3	0.6	3.8	0.6	0.1	3.4	2.1
Кроновые	10.09.08	6.0	19.6	13	6.7	0.3	0.4	0.9	0.2	4.0	0.2	0.0	2.4	2.3

Примечание: Здесь и в табл. 59: н/а – не анализировали.

Таблица 59

Химический состав лизиметрических вод на участке 2

Дата отбора	pH	Электро-проводность, мкСм/см	мг/л											
			Сорг.	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
08.06.07	5.5	23.4	17.6	11.1	0.2	1.0	3.5	0.6	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8
12.09.07	5.3	70.0	н/а	5.9	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а
10.06.08	6.0	33.6	48.0	26.8	1.3	0.5	9.3	6.0	0.8	0.7	0.3	1.2	1.2	1.2
10.09.08	5.1	47.9	18.5	8.5	0.1	4.2	5.7	1.5	3.1	0.6	0.2	0.0	0.0	2.3

вянистого сообщества и его переход к лесному сообществу с формированием насаждения быстрорастущих пород, под пологом которых начинает возобновляться ель.

Смена травянистого сообщества и соответствующей ему почвы в ходе самовосстановительной сукцессии в таежной зоне на насаждение быстрорастущих древесных пород закономерна (Шенников, 1964).

Восстановление компонентов природной среды является сложным процессом, функционально объединяющим биоту и среду ее обитания. Почва развивается при накоплении в техногенном субстрате некоторой «критической» массы растительного материала для «запуска» биологического оборота веществ, сопровождающегося аккумуляцией гумуса. В условиях Севера этот процесс занимает длительный период времени. Для ускорения (управления) самовосстановительного процесса на посттехногенных пустошах необходим комплекс агроприемов – внесение удобрений, посев многолетних трав. Накопление органического вещества (растительные остатки многолетних трав и другие материалы) в субстрате, его трансформация (гумусообразование) с помощью зоомикробного биокомплекса для последующего использования элементов-биогенов растениями обуславливают, с прекращением ухода за посевом, начало самовосстановительного функционирования экосистемы, и дальнейшее активное развитие и усложнение состава и структуры составляющих экосистему компонентов. Интенсивность мероприятий ускорения (управления) процесса восстановления разрушенных лесных экосистем может варьироваться, но в любом случае необходимо использование органических удобрений, в том числе из трансформированных отходов (БАГ).

При восстановлении биологического оборота органического (растительного) вещества начинается активное восстановление почвы. Значение почвы определяется ее способностью удерживать и аккумулировать элементы питания растений, создавая стабильные условия для самовосстановления компонентов экосистемы и экосистемы в целом. Эти свойства формируются в процессе гумусообразования – основного почвообразовательного процесса (Пономарева, Плотнокова, 1980).

2.3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМОВ ПРИРОВОССТАНОВЛЕНИЯ

В соответствии с продолжением исследований по оптимизации приемов восстановления техногенно разрушенных лесных экосистем были заложены опыты с одновременным проведением интенсивных агротехнических приемов и посадки пяти-семилетних дичков древесных пород.

Весной 2005 г. на площадки опыта после посадки дичков сосны, лиственницы и березы высотой 50-80 см с комом земли размером 30×30 см были внесены минеральные удобрения (азофоска) из расчета 60 кг д.в./га и органические (торф) из расчета 0.5 т/га, и по удобренному фону высеяна смесь многолетних трав (табл. 60). В дальнейшем ежегодно проводили подкормку всей площади каждого участка минеральными удобрениями: на второй год после закладки опыта – мочевиной, на третий и четвертый годы – азофоской из расчета 45 кг д.в./га каждого компонента.

Площадка С-05. Средняя высота высаженных дичков сосны на четвертый год после посадки составила около 80 см (табл. 61, рис. 27).

За три года средняя высота сосны увеличилась на 19 см, диаметр стволика на 0.3 см, диаметр кроны более чем на 10 см. Линейный прирост сосны достиг на четвертый год после посадки 13.5 см (рис. 28).

Высокие сохранность и рост растений связаны с использованием достаточно развитых растений, перенесенных с комом земли. Вместе с тем, на растениях зафиксированы признаки пора-

Таблица 60

**Характеристика природовосстановительных работ
на площадках опыта I**

Площадка	Техногенный объект	Площадь участка, м ²	Посевной и посадочный материал	Способ улучшения субстрата
С-05	Песчаная отсыпка около скважины	100	Травосмесь (20 кг/га), дички сосны (2500 шт./га)	Торф – 0.5 т/га, N60P60K60
Л-05	Песчаный карьер	60	Травосмесь (20 кг/га), дички лиственницы (2500 шт./га)	Торф – 0.5 т/га, N60P60K60
Б-05	Песчаный карьер	60	Травосмесь (20 кг/га), дички березы (2500 шт./га)	Торф – 0.5 т/га, N60P60K60

Примечание: Состав травосмеси: *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Bromopsis inermis*, *Phleum pratense*, *Trifolium pratense* (в равных пропорциях).

Таблица 61

Биометрические показатели дичков сосны на опытной площадке С-05

Количество лет после посадки	Приживаемость, %	Высота, см	Диаметр стволика, см	Диаметр кроны, см
2	100	60.9±2.8	1.5±0.2	37.3±1.6
3	100	68.8±3.1	1.7±0.1	46.5±2.1
4	96	79.5±3.1	1.8±0.1	48.7±3.1

Рис. 27. Усинское месторождение нефти. Песчаная отсыпка буровой площадки. Посадка пяти-семилетних дичков сосны одновременно с проведением интенсивных приемов, улучшающих состояние техногенного субстрата. Четвертый год после посадки.



жения (особенно нижних ветвей) фитопатогенными грибами, вызывающими болезни снежное и обыкновенное шютте. С болезнями растений, возможно, связан на четвертый год после посадки отпад, составивший 4%, а также отмирание у 25% высаженных экземпляров верхушечной почки, вследствие чего происходило замещение центрального побега за счет живого побега нижней мутовки (многовершинность).

Травяной покров на рассматриваемом участке активно развивается. Общее проективное покрытие на второй год после посева составляло около 30%, к четвертому году увеличилось до 75. К четвертому году в травянистом ярусе из высеванных трав практически выпадают овсяница луговая (*Festuca pratensis*), требовательная к влажности почвы, и клевер (*Trifolium pratense*) (табл. 62). Остались корневищные кострец безостый и мятлик луговой, а

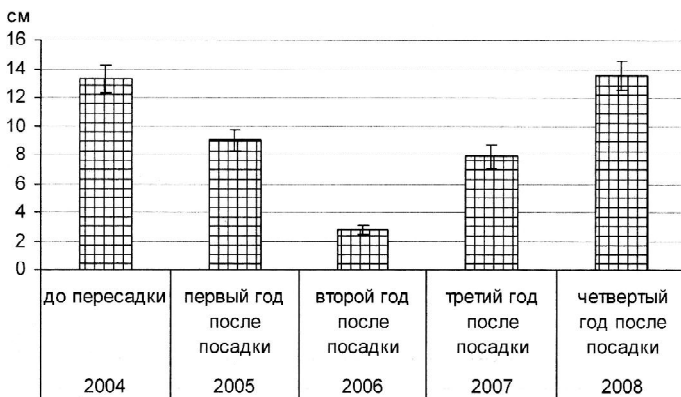


Рис. 28. Прирост в высоту дичков сосны по годам.

Таблица 62

Характеристика развития травяного покрова на площадках опыта

Площадка Вид	С-05 (сосна)			Л-05 (лиственница)			Б-05 (береза)		
	Проективное покрытие по годам, %								
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Высеянные травы									
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	2	6	10	2	1	1	2	2	2
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	1	3	>1	1	5	–	2	3	>1
<i>Festuca rubra</i> L.	2	3	7	2	7	8	2	5	10
<i>Phleum pratense</i> L.	4	7	5	4	6	5	4	7	2
<i>Poa pratensis</i> L.	2	5	8	3	7	3	3	4	15
<i>Trifolium pratense</i> L.	1	1	>1	1	>1	–	1	>1	–
Внедрившиеся виды									
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	>1	>1	–			1		1	3
<i>Calamagrostis lapponica</i> (Wahl.) Hartm.					>1	1			1
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.		>1	>1						
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	3	2	4	2	2	2	1	2	2
<i>Chenopodium album</i> L.		>1							
<i>Crepis tectorum</i> L.			1						>1
<i>Dactylis glomerata</i> L.			>1						
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.			>1		>1	>1		>1	>1
<i>Empetrum hermaphroditum</i> (Lange) Hagerup	>1	>1	>1						
<i>Equisetum arvense</i> L.	3	2	1	4	2	2	4	4	3
<i>Erigeron acris</i> L.				>1	>1	>1			
<i>Festuca ovina</i> L.	10	16	41	8	12	50	8	15	35
<i>Hieracium altipes</i> (Lindb. fil. ex Zahn) Juxip					>1				
<i>H. umbellatum</i> L.	1	3	>1	1	1	1	1	>1	1
<i>Rumex acetosella</i> L.				>1	>1	>1	1	1	>1
<i>Solidago virgaurea</i> L.	>1	>1	>1	>1	>1	>1			
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.						>1			
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat.) M.Lainz	>1	>1	–						
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.		>1	–						
<i>V. vitis-idaea</i> L.	>1	>1	>1						

Окончание табл. 62

Площадка \ Вид	С-05 (сосна)			Л-05 (лиственница)			Б-05 (береза)		
	Проективное покрытие по годам, %								
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Мхи									
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid	>1	>1	>1		>1	>1		>1	>1
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	>1	>1	1		>1	>1		>1	>1
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	>1	>1	1		>1	>1		>1	>1
Протонема мхов		21	32		9	15		14	20
Общее проективное покрытие	30	48	75	28	40	70	29	44	75
Число видов травянистых растений	18	18	17	13	16	15	11	13	14
Число видов мхов	3	3	3	0	3	3	0	3	3

также корневищно-рыхлокустовая овсяница красная, малотребовательная к плодородию почв и увлажнению. В целом проективное покрытие высеянных трав невысокое, причем основная их масса представлена вегетативными побегами. Доминирует же в травянистом покрове внедрившийся злак – овсяница овечья. Среди внедрившихся злаков отметим также щучку дернистую. Присутствует несколько экземпляров ежи сборной (*Dactylis glomerata*), по-видимому, попавшей на участок вместе с высеянными семенами как примесь. Из разнотравья большее проективное покрытие отмечено у иван-чая (табл. 62). Вместе с комом земли на участок привнесены лесные кустарнички: вороника и брусника (*Vaccinium vitis-idaea*). Начинает формироваться моховой покров (около трети поверхности участка покрыто протонемой мхов). Травянистый покров на участке со следами погрызов и на поверхности участка обилён помет зайцев, что характерно и для участков Л-05 и Б-05.

Приведенные данные показывают, что к четвертому году практически сформировался напочвенный покров, основную массу которого представляли травянистые растения. В среднем общая наземная фитомасса составляла 110.1 г/м², в ней 93% приходилось на злаки (43% – на овсяницу овечью, 16 – кострец, по 13% – овсяницу красную и мятлик луговой). Из разнотравья наибольшая доля в фитомассе отмечена у скерды кровельной (*Crepis tectorum*) – 3% и иван-чая узколистного – 2%. На поверхности отмершая растительная масса составила 8.2 г/м².

Итак, можно отметить, что при одновременной посадке дичков пяти-семилетней сосны на фоне интенсивных агроприемов с последующим уходом за растениями (не менее трех лет) к четвертому году после интенсивной стадии оформляются компоненты растительного сообщества с ярусом хвойных деревьев.

Площадка Л-05. За четыре года наблюдения отпад лиственницы не отмечен (табл. 63).

Таблица 63

Биометрические показатели дичков лиственницы на опытной площадке Л-05

Количество лет после посадки	Приживаемость, %	Высота, см	Диаметр стволика, см	Диаметр кроны, см
2	100	82.6±5.3	1.5±0.1	36.7±3.7
3	100	Не опр.	1.7±0.1	Не опр.
4	100	Не опр.	1.8±0.1	49.5±3.3

Индикационным признаком состояния древесных пород в посадке является прирост их в высоту. Как показывают данные (рис. 29), прирост заметно колебался по годам. На четвертый год средний прирост в высоту составил около 5 см, что несколько меньше по сравнению с предыдущим и, по-видимому, связано с поражением лиственницы ржавчинным грибом *Melampsorium betulirtum* (Fr.) Kleb. Отметим, что у экземпляров, не пораженных ржавчиной, прирост по сравнению с предыдущим годом возрос и составил в среднем 9 см, максимальный 18.5 см. Заражение могло произойти от расположенного вблизи участка с посадкой березы, пораженной ржавчиной.

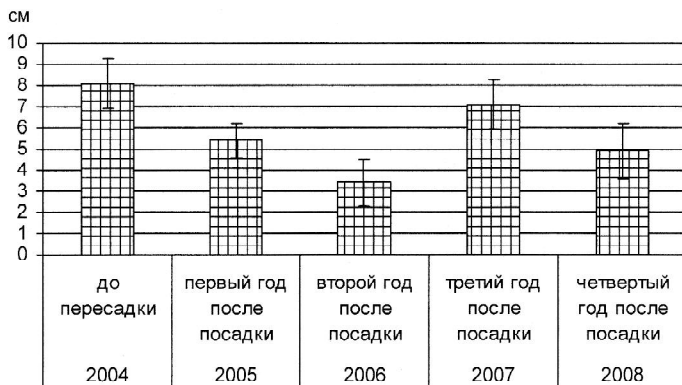


Рис. 29. Прирост в высоту дичков лиственницы по годам.

На участке Л-05 активно формируется травяной покров, проективное покрытие которого на четвертый год после начала опыта достигает 70%. Как и на участке С-05, проективное покрытие высеянных трав невысокое, из них наиболее распространены овсяница красная и тимopheевка. Отмечены пятна мятлика лугового. Овсяница луговая выпала. Доминирующий вид в травяном покрове – внедрившаяся овсяница овечья (табл. 62). Зафиксированы виды, характерные для зарастания антропогенно нарушенных земель, – иван-чай, ястребинка зонтичная, хвощ полевой. Внедряются виды, характерные для лесных и луговых экосистем – золотарник обыкновенный, мелколепестник острый (*Erigeron acris*), однако их участие мало.

На участке отмечены всходы и мелкий подрост (высотой до 20 см) березы пушистой и ивы шерстистопобеговой.

Площадка Б-05. Береза характеризовалась высокой приживаемостью (табл. 64). В связи с высокой экологической пластичностью береза выделялась наиболее высоким приростом по сравнению с другими высаженными породами – 21 см на четвертый год после посадки, также отмечены быстрые темпы увеличения размеров кроны и диаметра стволика (рис. 30, 31). Однако береза поражена ржавчинным грибом *Melampsorium betulinum*, развивающимся на листьях.

В травянистом покрове, как и на рассмотренных участках с сосной и лиственницей, доминирует овсяница овечья (табл. 62). Из высеянных злаков обильнее мятлик луговой и овсяница красная. Небольшое проективное покрытие отмечено у костреца и тимopheевки. Внедрились полевица тонкая, вейник лапландский, из разнотравья – иван-чай, ястребинки, хвощ полевой, скерда кровельная. Начинает формироваться моховой покров, около 20% участка покрыто зеленым налетом протонемы.

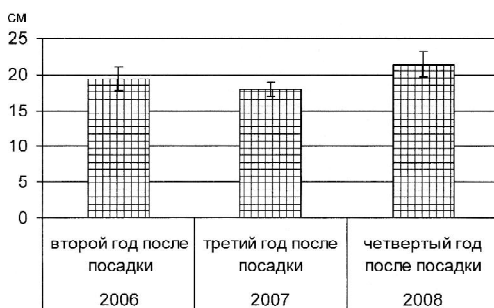
Необходимо отметить формирование на поверхности субстрата подстилки, в основном состоящей из отмершей травянистой массы. Формирование органо-аккумулятивного слоя в субстрате происходит медленно, что согласуется с заметным накоплением растительной морт-массы на четвертый год с установлением стабиль-

Таблица 64

Биометрические показатели дичков березы на опытной площадке Б-05

Количество лет после посадки	Приживаемость, %	Высота, см	Диаметр стволика, см	Диаметр кроны, см
2	100	80.7±3.9	1.1±0.1	40.9±3.6
3	100	95.4±4.3	Не опр.	52.7±3.2
4	100	116.2±4.8	2.0±0.1	70.5±4.1

Рис. 30. Прирост в высоту дичков березы по годам.



ного развития напочвенного растительного покрова, проективное покрытие которого достигает 70-75%. Однако при замедленном разложении растительной морт-массы аккумуляция органического углерода в субстрате идет медленно (табл. 65).

Как показали результаты рассмотренных опытов, сочетание интенсивных агроприемов с использованием качественного посадочного материала (саженцев пяти-семилетнего возраста) обеспечивает полную приживаемость древесных растений и активный их рост при одновременном развитии травяного покрова, что в дальнейшем обеспечит ускорение формирования лесной экосистемы. Уже на первом («интенсивном») этапе схемы природовос-



Рис. 31. Усинское месторождение нефти. Песчаный карьер. Посадка пяти-семилетних дичков березы одновременно с проведением интенсивных приемов, осень четвертого года после посадки.

Таблица 65

**Агрохимические показатели субстрата
на интенсивном этапе восстановительных работ**

Площадка	Глубина взятия образца, см	рНводн.	С, %	N, %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺
					мг/100 г в.с.п.			ммоль/100 г в.с.п.	
На второй год после посадки									
С-05	0-5	6.1	0.3	0.04	н/о	5.6	3.0	1.1	0.1
	5-10	6.1	0.2	0.02	н/о	3.4	1.8	1.0	0.4
Л-05	0-5	5.8	0.5	0.04	н/о	7.2	5.3	0.8	0.6
	5-10	5.7	0.2	0.02	н/о	8.6	3.5	1.1	0.7
Б-05	0-5	5.8	0.2	0.03	н/о	8.1	6.2	0.6	0.2
	5-10	5.8	0.2	0.02	н/о	9.2	4.8	1.2	0.2
На четвертый год после посадки									
С-05	0-3	6.1	0.3	н/о	1.0	16.2	7.4	0.8	0.1
	3-15	6.0	0.1	н/о	0.2	5.7	3.9	1.3	0.2
	15-30	6.4	0.1	н/о	0.5	5.6	2.5	1.3	0.4

становления возможно регулирование (ускорение) второго «ассимиляционного» этапа – формирования лесной экосистемы.

Во всех исследованных посадках отмечено поражение древесных пород патогенными грибами. В рассматриваемом районе складываются благоприятные условия для развития и распространения патогенных грибов, чему способствуют не только климатические условия, но и низкая устойчивость древесных пород на границе их ареала. При проведении восстановительных работ в крайнесеверной подзоне тайги необходимо учитывать значительное влияние на посадки грибных болезней.

При посадке древесных растений на «интенсивном» этапе при проведении подкормок удобрениями конкурентных отношений между древесными растениями и высеваемыми травами не возникает.

Глава 3.

АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В ТУНДРОВОЙ ЗОНЕ, ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ И ТРАНСФОРМАЦИЯ

В настоящей главе приведена характеристика восстановительной сукцессии в южной кустарниковой и типичной подзонах тундры европейского Северо-Востока России на втором («ассимиляционном») этапе в соответствии со схемой «природовосстановления».

Большеземельская тундра, к которой относится район исследований (Воркутинский р-н), занимает северную часть Печорской низменности. Для данной территории характерны суровые климатические условия. Длительная зима с низкими температурами воздуха (средняя для января $-20...-25$ °С) сменяется коротким прохладным летом со средней температурой июля $+12$ °С. Сумма температур воздуха здесь выше $+10$ °С составляет менее 600 . За год выпадает в среднем 500 мм осадков.

Распространение вечной мерзлоты усиливает суровость климатических условий. Район Воркуты относится к зоне географически сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Территория района исследования представляет собой полого-холмистую низменность, расчлененную гидрографической сетью.

Зональным типом растительных сообществ в этом районе являются кустарниковые тундры. Наибольшее распространение имеют различные варианты ерниковых, ивняковых и кустарничковых тундр, а также плоскобугристые болота (Хантимер, 1974; Ребристая, 1977). Несколько реже встречаются дриадовые, осоково- и разнотравно-моховые тундры, осоковые и пушицевые болота, а также травянистые тундры (тундровые луга).

Характерной чертой растительного покрова тундры является мозаичность, связанная с развитием криогенных процессов пучения и образованием морозобойных трещин.

Наиболее распространенные на рассматриваемой территории почвы относятся к типу тундровых глеевых, подтипу торфянисто-перегнойно-поверхностно-глеевых почв. Характерной чертой почвенного покрова тундры (как и растительного) является ясно выраженная микрокомплексность. На рассматриваемой террито-

рии наиболее широко распространены бугорковые и пятнисто-бугорковые типы тундр, занимающие вершины и верхние части склонов водораздельных увалов, т.е. плакорные местоположения.

Обобщенный профиль целинной торфянисто(торфяно)-поверхностно-глеевой почвы имеет строение $A_0A_1_{\text{криог}}-G_{\text{тх}}-Bg-BC$. Важной чертой строения профиля является его резкое разделение на надминеральную (грубогумусовую) и минеральную части. Органогенный слой легко отделяется от тяжелосуглинистого водонепроницаемого поверхностно-глеевого слоя, чему способствуют ледяные линзы, а также прослой, формирующиеся за счет вертикальной миграции влаги к замерзающей поверхности.

Два стационарных участка расположены близ промышленного центра г. Воркута в подзоне южной кустарниковой тундры (уч. 1 и 2), участок 3 – в 80 км к северу от г. Воркута (пос. Хальмер-Ю) в подзоне типичной тундры. На всех участках ежегодно выполнялись подробные фитоценологические наблюдения. Кроме того, проводился учет наземной и подземной фитомассы с площадок 25×25 см (Родин и др., 1968), учет подземной биомассы методом монолитов с этих же участков, но только с площадок $10 \times 10 \times 20$ см. Морфологическое описание почвы и отбор почвенных образцов выполняли по общепринятым в почвоведении методам. Анализ почвенных образцов выполняли общепринятыми методами (Агрохимические методы..., 1960).

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО СООБЩЕСТВА И ПОЧВЫ НА ВТОРОМ ЭТАПЕ СХЕМЫ ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ В ПОДЗОНЕ ТИПИЧНОЙ ТУНДРЫ

Опытный участок 3, находящийся близ пос. Хальмер-Ю, был заложен в начале 1990-х гг. на техногенно нарушенной (транспортное воздействие) территории с полным уничтожением растительности и органогенного слоя. На участке проведены работы «интенсивного» этапа схемы природовосстановления. Посев и внесение удобрений произвели в 1990 г. К третьему году жизни трав биогенно-аккумулятивный слой в целом оформился, хотя в количественном отношении он выражен еще не отчетливо. Заметим, что в опыте изучали влияние глубокого техногенного воздействия. На четвертый год после начала опыта уход за высеянными травами был прекращен, началась вторая «ассимиляционная» стадия.

По окончании «интенсивной» стадии схемы «природовосстановления» отмечено сформированное сомкнутое травянистое сообщество и соответствующая ему одернованная почва (Тетерук и

др., 1996). В течение первого десятилетия после окончания «интенсивной» стадии происходит изреживание высеянного злака. Однако еще и в начале второго десятилетия основу растительного сообщества составляет разреженный мятликовый травостой (табл. 66).

Таблица 66

Видовой состав и обилие растений на участке 3 (Хальмер-Ю)

Вид	Годы учета		
	1995*	2001	2006
	Годы по окончании «интенсивной» стадии		
	2-й	8-й	13-й
Высеянный злак			
<i>Poa pratensis</i> L.	4-5	1-2	1
Внедрившиеся виды			
<i>Achillea millefolium</i> L.	+	+	+
<i>Alchimilla</i> sp.	–	+	–
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	1	–	–
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	1	1	+
<i>Arctagrostis latifolia</i> (R.Br.) Griseb.	+	–	–
<i>Arctophila fulva</i> (Trin.) Anderss.	+	–	–
<i>Artemisia tilesii</i> Ledeb.	+	+	+
<i>Betula nana</i> L.	–	+	+
<i>Bistorta major</i> S.F.Gray	–	+	+
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S.F.Gray	–	–	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	–	–	+
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn.	1	1	+
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.	+	+	+
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	1	–	+
<i>Epilobium palustre</i> L.	1	+	–
<i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe	1	+	+
<i>Equisetum arvense</i> L.	+	–	1
<i>Festuca ovina</i> L.	1	1	+
<i>Festuca rubra</i> L.	–	1-2	–
<i>Luzula</i> sp.	1	+	+
<i>Minuartia rubella</i> (Wahlenb.) Hiern.	+	–	–
<i>Petasites frigidus</i> (L.) Fries	–	+	–
<i>Poa alpigena</i> subsp. <i>colpodea</i> (Th. Fries) Jurtz.	1	–	–
<i>Poa alpina</i> L.	–	+	1
<i>Poa supina</i> Schrad.	+	–	–

Окончание табл. 66

Вид	Годы учета		
	1995*	2001	2006
	Годы по окончании «интенсивной» стадии		
	2-й	8-й	13-й
<i>Polemonium acutiflorum</i> Willd. ex Roem. et Schult.	+	+	–
<i>Potentilla</i> sp.	–	+	+
<i>Ranunculus propinquus</i> C.A.Mey	+	1	+
<i>Ranunculus pygmaeus</i> Wahlenb.	+	–	–
<i>Rubus arcticus</i> L.	+	+	1
<i>Rumex lapponicus</i> (Hiit) Czernov	+	–	–
<i>Salix glauca</i> L.	–	+	+
<i>Salix phylicifolia</i> L.	+	+	1
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	+	–	–
<i>Tanacetum bipinnatum</i> (L.) Sch.Bip.	+	+	+
<i>Tripleurospermum hookeri</i> Sch.Bip.	+	–	–
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	–	–	+
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	–	–	+
Всего видов сосудистых	27	23	24

Примечание: прочерк – отсутствие вида; * – по: Тетерюк и др., 1996.

Активизируется внедрение видов тундровой флоры, при этом заметно возрастает видовое разнообразие растительного покрова, главным образом за счет разнотравья. Почти все внедряющиеся виды обычны для кустарниковых травянисто-моховых тундр (и тундровых луговин), которые окружают опытный участок. Несмотря на довольно высокое видовое разнообразие (23-24 вида), большинство видов, внедрившихся на опытный участок, встречаются единично. Степень покрытия даже наиболее активно внедряющихся на участок видов составляет 5-7%. Зарегистрировано внедрение ивы, карликовой березы. Подтверждается отмеченное ранее внедрение кустарников после 10-го года развития на втором этапе схемы «природовосстановления».

Во втором десятилетии общее проективное покрытие мохового покрова достигает 70%, что существенно больше по сравнению с 2001 г. (40%) (Панюков и др., 2005).

Поскольку не происходит отчуждения фитомассы, на поверхности почвы скапливается значительное количество травянистых остатков. На долю отмершей наземной фитомассы приходится более 90% общего ее количества. В силу зональных климатичес-

ких особенностей региона процесс разложения идет замедленно, и растительные остатки остаются слаборазложившимися долгое время, образуя на поверхности травянисто-моховую подстилку.

На контрольном участке, оставленном на самозаращение, поверхность субстрата даже во втором десятилетии после начала опыта покрыта лишь водорослевой коркой, протонемой мхов и единичными особями овсяницы овечьей (*Festuca ovina*). Такая поверхность крайне чувствительна к любым нарушениям и легко эродирована.

Как было отмечено ранее, смена сеяного травянистого сообщества обуславливает преобразование почвы. Почвенный профиль на восьмой год после начала второго («ассимиляционного») этапа имеет следующее строение:

Адерн.А1	0–1(4) см	На поверхности почвы уплотненный слой отмершей травы и мхов 0.5-2 см, минеральная масса темно-серой окраски, бесструктурная, уплотнена, имеются слаборазложившиеся растительные остатки
А1Вg	1(4)-3(10) см	Средний суглинок, слабо гумусирован, светло-серой (оглеение) окраски, бесструктурный, уплотнен, слабо увлажнен, редко тонкие корни растений
Вg	3(10-15(20) см	Суглинок светло-коричневый, мелкоореховатой структуры, корней нет, слабо влажный

Почва новообразованная тундровая слабоодернованная поверхностно-глеевая.

Несмотря на ослабление эдификаторной роли мятлика в растительном сообществе, почва (как более консервативная структура биогеоценоза) продолжает сохранять признаки одернованной луговоподобной почвы. На 13-й год после начала второго («ассимиляционного») этапа она имеет следующее строение.

На поверхности мхи, редко – травянистые растения.

А0А1	0-2(2.5) см	До 0.5 см живая часть мохового слоя и отмершие травянистые остатки, ниже – средний суглинок, гумусирован, тонкие корни, уплотненный.
А1Вg	2(2.5)-6(6.5) см	Суглинок средний, слабо гумусирован, ржавые пятна, есть серо-сизые пятна оглеения, уплотненный, слабо пористый, есть корни
G'tx	6(6.5)-9 см	Суглинок средний, серый, с ржаво-охристыми пятнами, морозной текстуры, есть редкие корни
G''tx	9-20 см	Суглинок средний, очень плотный, серый (оглеение) с ржавыми охристыми пятнами, корней нет.

Почва новообразованная тундровая поверхностно-глеевая.

На 13-й год после начала «ассимиляционной» стадии оформляются органогенный слой и ясно выделяющийся глеевый тиксотропный слой (Gtx) под ним, т.е. профиль приобретает ясные черты тундровой поверхностно-глеевой почвы. Органогенный слой еще небольшой мощности постепенно преобразуется в моховую подстилку. Следует отметить, что на контрольном участке – без самовосстановившегося растительного покрова – подобный почвенный профиль не формируется, т.е. нельзя выделить характерные горизонты, химические характеристики грунта близки к таковым в начале наблюдений.

Химическая характеристика почвы на разных этапах восстановительного процесса представлена в табл. 67.

Результаты химического анализа отражают процесс преобразования почвы в соответствии с оформлением на втором этапе схемы «природовосстановления» нового типа растительного сообщества, с постепенным увеличением органогенного слоя.

Итак, к началу второго десятилетия происходит изреживание сеяного травостоя с одновременным внедрением тундровых видов. Сохраняющаяся корневая система трав играет важнейшую роль в закреплении верхнего слоя почвы, предотвращая разви-

Таблица 67

Агрохимическая характеристика почвы восстанавливающегося участка (Хальмер-Ю)

Горизонт	Глубина, см	рН	Сорг., %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/100 г почвы		
1993 г. («интенсивная» стадия)						
АдерА1	0-5	4.92	1.7	2.13	4.74	9.48
Bg	5-10	5.13	1.25	2.1	2.78	6.03
Gtx	10-20	5.19	1.28	1.78	2.26	6.47
2001 г. («ассимиляционная» стадия, 8-й год)						
АдерА1	0-1(4)	5.04	5.4	6.44	50.5	21.71
А1Bg	1(4)-3(10)	5.22	2.21	3.25	9.72	14.18
Bg	3(10)-15(20)	5.4	1.76	2.3	7.67	7.2
2006 г. («ассимиляционная» стадия, 13-й год)						
А0А1g	0-2(2.5)	4.78	3.06	9.97	6.01	12.50
А1g	2(2.5)-6(6.5)	4.88	2.02	6.72	4.11	4.23
G'tx	6(6.5)-9	5.15	0.64	5.12	3.38	4.58
G'tx	9-20	5.34	0.52	1.90	4.34	3.75
2001 г., контрольный участок (самозарастание)						
Профиль не выражен	0-20	5.18	1.67	3.22	8.57	7.3

тие эрозионных процессов в переходный период замещения травянистого сообщества на зональный тип тундрового. «Интенсивный» этап в системе приемов восстановления является важным экологическим фактором, обеспечивающим улучшение почвенных условий, ускорение восстановления экосистемы зонального типа. В начале второго десятилетия черты зональной тундровой экосистемы проявляются достаточно четко в формирующихся основных ее компонентах – растительном сообществе и почве.

Участок 2, который является базовым (модельным) для наблюдений за полным циклом восстановления природной тундровой экосистемы, расположен на уплощенной вершине водораздельного увала близ г. Воркута. Восстановление тундрового биогеоценоза началось после трех лет выращивания многолетних трав. Мониторинг здесь проводится уже 43 года, что позволило наблюдать результат сукцессии и проследить этапы восстановления тундровой экосистемы. Детально процесс восстановления разрушенной экосистемы в соответствии со схемой «природовосстановления» рассмотрен ранее (Посттехногенные экосистемы..., 2002; Панюков и др., 2005). Здесь только кратко отметим основные моменты развития второго «ассимиляционного» этапа, в течение которого травянистая экосистема, сформированная на первом «интенсивном» этапе, замещается зональной тундровой экосистемой.

Сеяный травостой (мятлик, *Poa pratensis*) к 11-му году жизни сильно изредился, его обилие в последующие годы снизилось до минимального. Изреженный травянистый ярус представлен уже в основном видами, характерными для естественных тундровых сообществ – это овсяница овечья (*Festuca ovina*), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*), княженика (*Rubus arcticus*), ожика многоцветковая (*Luzula multiflora*) и др. Их присутствие в составе травостоя сохраняется в течение всех лет наблюдений при постепенном увеличении обилия (иногда до 3).

Формирование кустарникового яруса отмечено со второго десятилетия. Проективное покрытие кустарников на 11-й год составляло 5%, на 15-й – 20%. На 11-й год в составе формирующегося кустарникового яруса преобладали ивы филиколистная, шерстистая и сероголубая, и единичными особями встречалась карликовая береза. В сформировавшемся кустарниковом ярусе наибольшее проективное покрытие (60-70%) составляли ивы, до 30% – карликовая береза. Высота ив достигала 140-160 см, карликовой березы – 80-100. В связи с оформлением кустарникового яруса в травостое появляются виды, предпочитающие затененные участки – герань белоцветковая (*Geranium albiflorum*), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*) и др.

Кустарничковый ярус формировался медленнее, лишь на 30-й год его покрытие составило около 15%. Видовой состав кустарничкового яруса определялся типичными представителями ивняково-ерниковой моховой тундры. Наибольшим проективным покрытием выделялись: вороника (*Empetrum hermaphroditum*), багульник (*Ledum decumbens*), голубика (*Vaccinium uliginosum*).

Также постепенно формируется моховой покров. На начальных этапах сукцессии были отмечены всего два представителя мохообразных (пионерные виды родов *Bryum*, *Polytrichum*), в последующие годы покрытие и количество видов существенно возросли. К отмеченным добавляются виды рода *Brachythecium*, а также *Drepanocladus aduncus*, *Sanionia uncinata*, произрастающие на уплотненной почве и нижних частях стволов кустарников, появляются пионерные лишайники.

Итак, в конце третьего десятилетия на месте сеяного травянистого сообщества формируется близкая по типу к целинной тундре вторичная посттехногенная ивняково-ерниково-моховая экосистема (биогеоценоз), характерная для равнинных слабопониженных водораздельных территорий. К 30-му году проективное покрытие кустарников составило 95%. В сложении яруса практически равное участие принимают ивы и береза карликовая.

Мониторинг на протяжении четвертого и в начале пятого десятилетий существенных изменений в строении кустарничкового яруса не выявил (табл. 68).

Поскольку кустарничковый ярус формируется медленно, развитие его продолжается и в настоящее время, на 34-37-й годы его покрытие составило 30%, на 41-43-й – 45, видовой состав существенных изменений не претерпевает, оставаясь сходным с аналогичной ненарушенной экосистемой.

Необходимо отметить, что становление растительного сообщества – сложный процесс постепенного усложнения его видового состава, закономерно обусловленного функциональной связью различных систематических групп.

Травянистый ярус в четвертом десятилетии наблюдений характеризуется постепенным выпадением еще сохранившихся к этому времени луговых компонентов, таких как полевица Мертенза (*Agrostis mertensii*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), овсяница красная (*Festuca rubra*), клевер люпинолистный (*Lupinaster pentaphyllus*), а также некоторых видов, поселяющихся на переувлажненных местообитаниях, – лисохвоста равного (*Alopecurus aequalis*), осок арктосибирской, буроватой и пепельно-серой (*Carex arctisibirica*, *C. brunnescens*, *C. cinerea*).

Таблица 68

**Видовое разнообразие вторичного восстановленного
и ненарушенного зонального типа биогеоценозов**

Вид	Год жизни сообщества	1998	2006	2007	2008	Ненарушенный биогеоценоз
		34-й	42-й	43-й	44-й	
Кустарники						
<i>Betula nana</i> L.		3	3	3	3	3
<i>Juniperus communis</i> L.		–	–	–	–	1
<i>Salix dasyclados</i> Wimm.		г	г	г	г	–
<i>Salix glauca</i> L.		2	2	2	2	2
<i>Salix lanata</i> L.		3	2	2	2	2
<i>Salix phylicifolia</i> L.		2	2	2	2	2
Кустарнички						
<i>Arctous alpina</i> (L.) Niedz.		–	–	–	–	1
<i>Empetrum hermaphroditum</i> (Lange) Hagerup		1	1	1	2	2
<i>Ledum decumbens</i> (Ait.) Lodd. ex Staud.		1	1	1	1	1
<i>Salix reticulata</i> L.		–	1	1	1	–
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.		1	1	+	+	1
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.		1	1	1	2	2
Травянистые растения						
<i>Achillea millefolium</i> L.		1	1	1	+	1
<i>Agrostis mertensii</i> Trin.		1	–	–	–	1
<i>Alopecurus pratensis</i> L.		1	–	–	–	–
<i>Bistorta major</i> S.F.Gray		1	+	1	+	1
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S.F.Gray		–	+	+	+	1
<i>Calamagrostis lapponica</i> (Wahl.) Hartm.		1	–	+	+	–
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.		2	–	–	+	1
<i>Carex brunnescens</i> (Pers.) Poir		1	–	–	–	–
<i>Carex cinerea</i> Poll.		1	–	–	–	–
<i>Carex pallescens</i> L.		–	–	–	–	2
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop		2	1	2	1	1
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.		1	1	+	+	–
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill		–	–	–	–	1
<i>Equisetum arvense</i> L.		2	–	+	–	1
<i>Erigeron acris</i> L.		–	–	+	+	1
<i>Euphrasia frigida</i> Pugsl.		–	+	3	2	2
<i>Festuca ovina</i> L.		2	2	2	2	2
<i>Festuca rubra</i> L.		1	–	–	+	1
<i>Comastoma tenellum</i> (Rottb.) Toyokuni		–	–	–	+	–

Продолжение табл. 68

Вид	Год жизни сообщества	1998	2006	2007	2008	Ненарушенный биогеоценоз
		34-й	42-й	43-й	44-й	
<i>Geranium albiflorum</i> Ledeb.		1	–	+	+	1
<i>Hieracium alpinum</i> L.		1	–	–	–	1
<i>Hieracium caespitosum</i> Dumort.		–	–	–	–	1
<i>Lupinaster pentaphyllus</i> Moench		1	–	–	–	1
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.		1	–	+	+	1
<i>Pedicularis compacta</i> Steph.		–	–	–	–	1
<i>Pedicularis lapponica</i> L.		–	–	–	–	1
<i>Pedicularis oederi</i> Vahl		–	–	–	–	1
<i>Poa alpina</i> L.		–	1	+	+	–
<i>Poa pratensis</i> L.		1	1	1	+	1
<i>Pyrola grandiflora</i> Radius		1	1	1	1	1
<i>Pyrola minor</i> L.		–	–	–	–	1
<i>Ranunculus propinquus</i> C.A.Mey		–	+	–	+	–
<i>Rubus arcticus</i> L.		2	2	2	1	1
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.		–	–	–	–	1
<i>Solidago virgaurea</i> L.		2	2	1	1	2
<i>Tanacetum bipinnatum</i> (L.) Sch.Bip.		–	1	1	+	–
<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC		–	+	–	+	–
<i>Trientalis europaea</i> L.		1	1	+	+	1
<i>Tripleurospermum hookeri</i> Sch.Bip.		–	–	–	+	–
<i>Trollius europaeus</i> L.		–	+	+	+	–
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.		1	1	1	+	1
<i>Veronica longifolia</i> L.		–	+	+	+	–
<i>Viola</i> sp.		–	+	–	–	–
<i>Lathyrus pratensis</i> L.		–	–	+	+	–
<i>Potentilla gelida</i> C.A.Mey		–	–	+	–	–
<i>Vicia sepium</i> L.		–	+	–	–	–
<i>Hedysarum arcticum</i> B.Fedtsch.		–	–	+	–	–
Всего видов сосудистых		31	31	34	40	38
Мохообразные						
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw)		+	+	+	+	+
Schw aegr.						
<i>Brachythecium erythrorrhizon</i> (Starke)		+	–	–	–	+
B.S.G.						
<i>Brachythecium mildeanum</i> (Schimp.)		–	–	–	–	+
Schimp.						
<i>Brachythecium reflexum</i> (Starke) B.S.G.		–	+	–	–	+

Продолжение табл. 68

Вид	Год жизни сообщества				Ненарушенный биогеоценоз
	1998 34-й	2006 42-й	2007 43-й	2008 44-й	
<i>Brachythecium salebrosum</i> (Web. et Mohr) B.S.G.	–	+	+	+	+
<i>Brachythecium turgidum</i> (Hartm.) Kindb.	–	–	–	–	+
<i>Bryum</i> sp.	–	+	+	+	+
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	–	–	–	–	+
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Moenk.	–	–	–	–	+
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) B.S.G.	+	–	–	–	+
<i>Pleurozium schreberi</i> Mitt.	+	–	–	–	+
<i>Pogonatum urnigerum</i> (Hedw.) Beauv.	–	+	+	+	+
<i>(Polytrichastrum alpinum</i> (Hedw.) G.L.Sm.	–	–	+	+	–
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	+	+	–	–	+
<i>Polytrichum fragile</i> Bryhn	–	+	+	–	+
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	–	+	+	+	+
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	–	–	–	+	–
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw) Loeske	+	+	+	+	+
<i>Scapania</i> sp.	.	+	–	–	+
Всего видов мохообразных	6	9	8	8	17
Лишайники					
<i>Arctocetraria andrejevii</i> (Oxner) Karnefelt & Thell	–	–	–	–	+
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	+	–	–	–	+
<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouzar & Vezda	+	–	–	–	+
<i>Cladonia alpestris</i> (L.) Rabenh.	+	–	–	–	–
<i>Cladonia cariosa</i> (Ach.) Spreng.	–	+	+	+	+
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	–	+	+	+	+
<i>Cladonia macroceras</i> (Delise) Ahti.	–	–	–	–	+
<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) Grognot.	–	–	–	–	+
<i>Cladonia squamosa</i> var. <i>subsquamosa</i> (Nyl.) Th.Fr.	–	–	+	+	+
<i>Cladonia stricta</i> (Nyl.) Nyl.	–	–	–	–	+
<i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	–	–	–	+	+
<i>Peltigera degenii</i> Gyeln.	+	+	+	+	+
<i>Peltigera didactyla</i> (With.) J. R. Laundon	–	–	+	+	+
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	+	–	–	–	+
<i>Peltigera leucophlebia</i> (Nyl.) Gyeln.	+	–	–	–	+
<i>Peltigera neopolydactyla</i> (Gyeln.) Gyeln.	–	–	–	–	+

Окончание табл. 68

Вид	Год жизни сообщества	1998	2006	2007	2008	Ненарушенный биогеоценоз
		34-й	42-й	43-й	44-й	
<i>Peltigera ponojensis</i> Gyeln.		–	–	–	–	+
<i>Peltigera rufescens</i> (Weis.) Humb.		+	+	+	+	–
<i>Peltigera venosa</i> (L.) Baumg.		–	+	+	+	–
<i>Stereocaulon glareosum</i> (Savicz) H. Magn.		–	+	+	+	+
Всего лишайников		7	6	8	9	17
Всего видов		43	46	50	57	72

Примечание: мохообразные определены Г.В. Железновой, Т.П. Шубиной; названия мохообразных по: Ignatov, Afonina (1992); лишайники – Т.Н. Пыстиной; названия лишайников даны по: Santesson (1993).

За период стабильного функционирования восстановленной экосистемы сформирован устойчивый по составу моховой покров с участием лишайников. Число мохообразных достигло 13 видов, лишайников – девяти, из них два вида (*Peltigera venosa*, *Arctocetraria andrejevii*) занесены в «Красную книгу Республики Коми».

Сопоставление видового состава растительного сообщества восстановленного (вторичного) биогеоценоза с таким же типом ненарушенного показывает, что видовой состав и проективное покрытие кустарникового, травянисто-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов имеют большое сходство. Общее проективное покрытие кустарников в обоих сообществах составляет 70%. В напочвенном покрове ненарушенного участка нами отмечено девять видов сосудистых растений, не встреченных во вторичном биогеоценозе в ходе пятилетних наблюдений: можжевельник (*Juniperus communis*), ястребинка альпийская (*Hieracium alpinum*), толокнянка (*Arctous alpina*), осока бледноватая (*Carex pallescens*), бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum*), мытник лапландский, Эдера, плотный (*Pedicularis lapponica*, *P. oederi*, *P. compacta*), грушанка малая (*Pyrola minor*), сиббальдия распростертая (*Sibbaldia procumbens*). В видовом составе мхов и лишайников существенного различия не наблюдается. Большинство видов, присутствующих на восстанавливающихся участках, отмечены и в целинной тундре (табл. 68).

Основные различия в распределении видов связаны с происходящим периодически антропогенным воздействием (вытаптывание, проезд транспорта) и сохранением в связи с этим в составе

фитоценоза травянистых видов, характерных для нарушенных тундровых экосистем: щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa*), иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*), мелкопестника острого (*Erigeron acris*), пижмы дваждыперистой (*Tanacetum bipinnatum*) и некоторых других. В процессе стабильного функционирования восстановленной (вторичной) тундровой экосистемы за период наших наблюдений значительных изменений в видовом составе не происходит, а некоторые колебания, видимо, связаны с флуктуациями по годам. Изменения, в основном, будут иметь количественный характер, касаясь обилия и доли в общей продуктивности отдельных видов.

В связи с преобразованием растительного сообщества почва восстановленной (вторичной) экосистемы приобретает черты, свойственные тундровой поверхностно-глеевой почве, т.е. типичной тундровой экосистемы.

Почва целинной экосистемы характеризуется следующими морфологическими чертами (рис. 32):

A0	0-6(10) см	Политрихово-моховая подстилка оторфована в нижней части, слой рыхлый, влажный, слабо разложенный
A1 _{криог.}	6(10)-10(16) см	Минерализованный гумусовый слой, темно-серый, слабая мелко-комковатая структура, переход ясный по цвету
Bg	10(16)-26 см	Суглинок, светло-серый палевый, гумусовые пятна, уплотнен

Почва торфянисто-поверхностно-слабоглеевая суглинистая.



Рис. 32. Ненарушенная ивняково-ерниково-моховая экосистема. Почва торфянисто-поверхностно-слабоглеевая суглинистая.

Почва восстановленной (вторичной) тундровой экосистемы имеет следующее строение (рис. 33):



Рис. 33. Восстановленная (вторичная) ивняково-ерниково-моховая экосистема. Почва новообразованная тундровая торфянисто-поверхностно-слабо оглеенная суглинистая.

A0A1	0-3 см	Подстилка травянисто-моховая, рыхлая, темно-серая, многочисленные корни трав и кустарников, много слаборазложившихся растительных остатков
A1 _{криог.}	3-7(10) см	Суглинок темно-серо-коричневатый, уплотнен корнями растений, переход заметный по окраске
Bg	7(10)-40 см	Суглинок серо-светлокоричневый, влажный, с ржавыми пятнами, встречаются корни растений

Почва новообразованная тундровая торфянисто-поверхностно-слабо оглеенная суглинистая.

Сравнение показывает, что во вторичной экосистеме почва уже не имеет признаков одернения, свойственных ранее почве многолетнего травянистого сообщества, и характеризуется наличием подстилки еще небольшой мощности и гумусового слоя, сменяющегося оглеенным горизонтом, т.е. характеризуется, в общем, однотипным строением с профилем целинной почвы. Отличия имеют количественный характер (мощность слоев), что связано с «молодостью» вторичной экосистемы. Агрохимический анализ (табл. 69) новообразованной почвы подтверждает морфологическое строение нового биогенно-аккумулятивного слоя (сочетание горизонтов A0 и A1_{криог.}), что может служить свидетельством становления биологического оборота нового по качеству органического (растительного) вещества.

Итак, по нашим многолетним наблюдениям, на месте сеяного травянистого сообщества с конца третьего десятилетия достаточно устойчиво функционирует вторичная (восстановленная) ивняково-ерниково-моховая экосистема (биогеоценоз), близкая по

Таблица 69

**Агрохимическая характеристика почвы
вторичного (восстановленного) биогеоценоза и ненарушенной тундры**

Горизонт	Глубина, см	рН	С, %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/100 г почвы		
Восстановленная экосистема, 2005 г.						
A0A1	0-4	6.23	8.86	9.07	16.13	38.79
A1	4-17	5.9	3.79	4.2	3.75	4.22
Bg	17-27	5.19	2.62	3.58	5.85	3.77
Bg	27-35	5.15	2.4	2.52	10.28	5.2
Восстановленная экосистема, 2007 г.						
A0A1	0-3	5.7	16.92	17.92	8.15	40.83
A1 _{криог.}	3-7(10)	4.99	2.92	3.64	4.15	2.39
Bg	7-10(40)	4.86	1.95	2.24	8.27	1.48
Целинная тундра						
A0	0-6	5.24	13.69	12.32	14.92	41.92
A1 _{криог.}	6-10(16)	4.9	5.14	6.0	1.65	7.53
Bg	10(16-26)	4.73	4.02	7.62	5.32	3.77

типу к целинной, характерной для равнинных водораздельных территорий тундры. Однако, при этом нельзя ожидать ее полной адекватности целинному типу, поскольку при антропогенном воздействии нарушается ряд абиотических условий: микрорельеф, водный, температурный режимы.

Как показывают приведенные результаты, процесс восстановления (несмотря на неполный цикл) проходит согласно этапам схемы «природовосстановления». Дальнейшие наблюдения могут позволить сделать более полное сравнение.

3.2. ОСОБЕННОСТИ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ АГРОЭКОСИСТЕМ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Одним из распространенных типов антропогенных объектов являются культурные экосистемы, которые формируются и функционируют под сложным воздействием природных и антропогенных факторов. В разных географических условиях подходы к освоению и сельскохозяйственному использованию земель изменяются. Сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН была разработана и внедрена в практику заполярных совхозов система географически адаптированного земледелия и растениеводства кормового направления, сутью которого является залу-

жение, т.е. создание многолетних культурных экосистем – сеяных лугов (Система ведения..., 1983). Параллельно высевали однолетние культуры – овес в смеси с горохом, опыт выращивания которых был перенесен из таежной зоны, несмотря на биологическое несоответствие этих культур природным условиям тундровой зоны.

Методологически исследования опираются на принцип системности. С его позиций природная и культурная экосистемы рассматриваются как целостное образование, состоящее из функционально связанных компонентов – растительного сообщества, биокомплекса, трансформирующего растительную массу, и продуктивного слоя (почвы).

Системообразующей структурой любой экосистемы является растительное сообщество, поставляющее в осваиваемый им субстрат растительный материал и «запускающее» биологический оборот органического вещества и энергии – механизм, объединяющий в единство биотический комплекс и субстратную среду его обитания, т.е. в систему функционально связанных структур – экосистему.

3.2.1. Трансформация однолетних агроэкосистем

Вариантом культурных антропогенных экосистем являются посевы однолетних культур. Посевы овса (*Avena sativa*), овсяногороховой смеси, традиционно выращиваемые на корм в таежной зоне, были перенесены и в тундру, где эти культуры использовали для получения силоса. В тундре в первые годы освоения целины применяли технологию с полным уничтожением не только первичного растительного покрова, но и маломощного органогенного слоя (Хантимер, 1974). В дальнейшем технология освоения земель была усовершенствована (Ополовнин и др., 1976). Освоение целины проводили фрезерованием на глубину 15 см без предварительной уборки кустарниковой растительности высотой до 1 м. Измельченные растительные остатки заделывались в осваиваемый глеево-тиксотропный слой, на базе которого формируется пахотный слой. Заделанные в освоенный слой растительные остатки сохраняются до 40-50 лет. Ежегодная предпосевная обработка почвы проводится фрезерованием, вносится навоз, посев осуществляется сеялкой с прикатыванием катками. С посевом вносится комплексное или азотное удобрение. При такой ежегодно проводимой обработке формируются однородные участки «пашни» с популяциями культурных и сопутствующих сорных растений с ежегодным обновлением практически всей наземной и подземной фитомассы и перемешиванием пахотного слоя. Как позво-

ляют судить многолетние наблюдения, посев смеси однолетних культур оформляется в пахотную агроэкосистему, растительное сообщество которой характеризуется определенным разнообразием за счет сорных видов, семена которых поступают с внесением навоза. Наиболее заметными в посевах однолетних трав являются звездчатка средняя (*Stellaria media*), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris*) и другие, т.е. обычные рудеральные виды. Кроме того, были зафиксированы и элементы тундровой флоры. При этом, несмотря на то, что некоторые виды из этой группы имеют широкое распространение за пределами пашни по населенным пунктам (апофиты), на самой пашне они встречаются в незначительном обилии. К ним относятся трехреберник Гукера (*Tripleurospermum hookeri*) и крестовник скученный (*Tephrosia palustris*) (Хантимер, 1974). В целом, за годы наблюдений обилие сопутствующих видов сорных растений оставалось незначительным. Таким образом, устойчивость однолетней агроэкосистемы поддерживается практически только за счет агрофактора – внесения органического и минерального удобрений, обеспечивающего поток элементов питания для растительного сообщества, т.е. биологический оборот веществ. Иными словами однолетние культурные агроэкосистемы представляют собой неустойчивые мало-видовые антропозависимые экосистемы.

Посевы однолетних трав продолжали использовать до конца 1990-х гг., когда хозяйственная деятельность совхозов прекратилась. В настоящее время пахотные земли не используются, нами изучается их трансформация в процессе самовосстановительной сукцессии.

В данном разделе рассматриваются результаты изучения трансформации однолетней пахотной агроэкосистемы. Для исследования были выбраны два участка, не используемые 7-10 лет.

Участок «7-й пост» расположен на склоне водораздельной гряды Нерусовой-Мусюр, не обрабатывается семь-восемь лет. В первые два-три года «пашня» активно зарастала преимущественно рудеральными видами, преобладали сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), жерушник болотный (*Rorippa palustris*) и небольшая примесь злаков. В 2005 г. (на пятый-шестой год) бывшая «пашня» характеризуется наличием практически сомкнутого травостоя, с общим проективным покрытием до 90%. В травостое доминирующее положение занимают мятлик луговой (*Poa pratensis*), щучка дернистая (*Descampsia cespitosa*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), обилие также хвощ полевой (*Equisetum arvense*), предпочитающий рыхлые, обогащенные элементами питания субстраты (табл. 70). Значительное обилие в составе

Таблица 70

**Видовой состав и обилие растений в сообществах,
сформировавшихся после однолетних агрофитоценозов**

Вид	Участок, годы жизни фитоценоз								
	«Шахта 40»						«7-й пост»		
	1998	2004	2005	2006	2007	2008	2006	2007	2008
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	+	1	3	1	4	5	-	-	-
<i>Poa pratensis</i> L.	1	+	1	+	+	1	2	2	2
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	+	3	2	1	1	2	2	2	1
<i>Equisetum arvense</i> L.	-	2	1	+	1	1	-	2	1
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	1	3	2	1	1	1	2	2	1
<i>Ranunculus propinquus</i> C.A.Mey	1	2	+	+	+	+	-	-	+
<i>Ranunculus repens</i> L.	-	1	-	+	+	+	+	+	+
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.	1	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Tripleurospermum hookeri</i> Sch.Bip.	4	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC	+	-	-	+	-	+	+	+	+
<i>Thephroseris palustris</i> (L.) Reichenb.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achillea millefolium</i> L.	+	-	+	+	+	1	+	+	+
<i>Caltha palustris</i> L.	-	1	-	+	+	-	-	-	-
<i>Veronica longifolia</i> L.	+	+	1	1	+	+	+	+	+
<i>Artemisia tilesii</i> Ledeb.	+	-	+	+	+	1	-	+	+
<i>Angelica archangelica</i> L.	-	r	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rumex crispus</i> L.	+	+	r	+	+	+	-	-	-
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop	+	-	+	+	1	1	+	1	-
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Vicia sepium</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salix phylicifolia</i> L.	-	+	+	+	-	-	-	-	+
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	-	-	r	-	-	-	-	-	-
<i>Tanacetum bipinnatum</i> (L.) Sch.Bip.	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Alchimilla</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pachipleurum alpinum</i> Ledeb.	-	+	1	1	-	-	-	-	-
<i>Parnassia palustris</i> L.	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Trollius europaeus</i> L.	-	+	r	-	+	-	-	-	-
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Epilobium palustre</i> L.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Thalictrum minus</i> L.	-	-	r	-	-	-	-	-	-
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Окончание табл. 70

Вид	Участок, годы жизни фитоценоза								
	«Шахта 40»						«7-й пост»		
	1998	2004	2005	2006	2007	2008	2006	2007	2008
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Erigeron acris</i> L.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amoria repens</i> (L.) C.Presl.	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Bistorta major</i> S.F. Gray	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Vicia cracca</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergern) Schischk. & Serg.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Galium uliginosum</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Geum rivale</i> L.	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Salix glauca</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Stellaria holostea</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cerastium jenisejense</i> Hult.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Всего видов сосудистых	18	15	20	19	20	22	10	18	20

травостоя мятлики и лисохвоста связано с заносом семян с соседних участков сеяных многолетних лугов, существующих и в настоящее время. В травостое участвует ряд сорных (*Chamaenerion angustifolium*, *Amoria repens*, *Taraxacum ceratophorum*) и луговых видов (*Veronica longifolia*, *Angelica archangelica*, *Alchimilla sp.*, *Achillea millefolium* и др.). При этом все указанные виды разнотравья присутствуют единично, основу травостоя формирующегося сообщества составляют многолетние злаки. Приведенные данные показывают, что общее количество видов существенно возрастает через пять-шесть лет (и вдвое к концу первого десятилетия) при доминировании уже отмеченных видов.

Как можно заключить из приведенных данных, менее чем за 10 лет на месте «пашни» оформляется разнотравно-злаковое луговое сообщество, под воздействием которого «пахотный» слой по мере развития луговой системы (залежная стадия) постепенно преобразуется, как это видно по приведенному ниже описанию.

Адер.	0-2(3) см	Дернина темно-серая, суглинистая
АдерА1	2(3)-18(20) см	Легкий (средний) суглинок, серо-коричневый крупнокомковатой структуры, много мелких камней, довольно часты корни трав.
В1	18(20)-40 см	Суглинок светлокорицевого, влажный, плитчатой структуры, четкий переход от горизонта АдерА1 по цвету, встречаются корни.

Почва новообразованная одернованная (вторичная) суглинистая.

Для сравнения приведем описание профиля пахотной тундровой почвы 35-летнего возраста на этом же участке («7-й пост»).

Апах	0-14 см	Темно-серый, влажный, среднесуглинистый, мелко-глыбисто-ореховатой структуры, рыхлый, много корней (живых и отмерших)
Вg(tx)	14-36 см	Средне-суглинистый, палево-буроватого цвета с ржавыми пятнами (остаточный глеево-тисотропный горизонт), плотный, корни редко, переход ясный по цвету и сложению. Горизонт представляет собой «плужную подошву» – характерный уплотненный слой на глубине обработки.
В1	36-55 см	Сизовато-бурый среднесуглинистый, ореховатой структуры, рыхлый.

Почва тундровая пахотная поверхностно-глеевая.

Сравнение показывает оформление под влиянием формирующегося лугового сообщества в пределах пахотного слоя дернины – горизонта, характерного для луговых почв, и под дерниной гумусированного горизонта А1, частично наследующего свойства пахотного слоя. Нижние минеральные горизонты (глубже 36-40 см) остаются практически неизменными, сходными с целинными почвами в течение всего периода существования как пашни, так и пришедшего ей на смену лугового сообщества (Особенности природопользования..., 1998).

Второй из рассматриваемых участков – «Шахта 40», расположен на старой незаливаемой пойме р. Воркута, не используется около 10 лет. На участке в первые годы после прекращения посева массово развились трехреберник Гукера (*Tripleurospermum hookeri*) с общим проективным покрытием до 90%, а также некоторые виды, обычные на посттехногенных участках – лютик северный (*Ranunculus propinquus*), жерушник болотный (*Rorippa palustris*), злаки – мятлик луговой (*Poa pratensis*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*). Следует отметить, что при более разнообразном видовом составе доминирующими были и остаются злаки (табл. 70). Однако состав их заметно меняется: преобладавшие лисохвост и щучка сменяются обильно разрастающимся кострцом безостым (*Bromopsis inermis*).

К концу десятилетия на участке «Шахта 40» оформился крупнозлаковый луг с доминированием ковра безостого (табл. 70). Необходимо отметить, что в отличие от аналогичного участка зарастающей «пашни» на водоразделе («7-й пост») в формировании травостоя на участке «Шахта 40» значительную роль играют виды, приуроченные в данном районе именно к пойме: костер безостый, а также лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*) и виды разнотравья – вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*), толстореберник альпийский (*Pachipleurum alpinum*), что придает определенную «пойменную» специфику развивающейся на песчаном субстрате старопойменной экосистемы. Под оформившимся разнотравно-злаковым сообществом пахотная почва приобрела морфологические черты, характерные для луговых почв.

Адер	0-3(4) см	Дернина темно-серая, супесчаная (легкосуглинистая), обогащенная хорошо разложившейся растительной массой, влажная, много корней, уплотнена ими.
A1	3(4)-18 см	Супесь (легкий суглинок), серого цвета, гумусированная, много корней, слабо оструктурена.
Bg	18-32 см	Супесчаный, серо-коричневый, бесструктурный, на глубине 25-30 см встречаются слаборазложившиеся растительные остатки, погребенные при освоении.
B2	32-52 см	Супесчаный, рыхлый, коричневатого цвета.
Почва новообразованная одернованная вторичная супесчаная.		

Итак, при некоторых отличиях видового состава растительного сообщества, определяемого составом субстрата и типом ландшафта, на месте обоих пахотных участков оформляются разнотравно-злаковое сообщество и однотипная новообразованная луговоподобная почва с характерными диагностическими (дерниной, гумусовым) горизонтами. В них аккумулированы гумус и основные элементы-биогены (табл. 71).

Состав органического вещества в новообразованных почвах после пашни характеризуется преобладанием фульвокислот – отношение Сгк к Сфк составляет 0.6 (0.8) в органогенном слое. В почве на суглинке более четко выделяется гумусовый горизонт (Сгк:Сфк = 0.8). В почве песчаного гранулометрического состава с меньшей поглотительной способностью заметно проявляется миграция подвижных веществ (табл. 72).

Обращает на себя внимание в почве на песчаной породе существенное увеличение в органическом веществе с глубиной доли кислоторастворимых веществ (фр. 1а). В суглинистой почве по сравнению с песчаной более четко выражена дифференциация состава органического вещества с глубиной – преобладание фульвокислот под гумусовым горизонтом. Таким образом, под воздействием трав и начавшегося процесса задернения оформляется

Таблица 71

**Агрохимические показатели почвы лугов,
сформировавшихся после «пашни»**

Слой	Глубина, см	рНводн.	С, %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/100 г почвы		
«7-й пост»						
Адер.	0-2	6.37	4.51	12.04	102.2	83.18
А0дер.А1	2-18(20)	6.52	5.38	4.06	99.4	30.23
В1	18(20)-40	6.34	2.79	1.96	11.57	6.05
«Шахта 40»						
Адер.	0-2(3)	7.20	4,00	5.60	43.48	40.26
Адер.А1	2(3)-10(11)	7.37	3.27	5.32	36.33	18.48
В1	10(11)-23(25)	7.56	2.53	5.04	41.92	9.33
А1погреб.	23(25)-30(33)	7.11	3.2	5.57	20.92	3.85
ВС	30(33)-45	6.98	0.81	4.20	18.72	0.38

гумусовый профиль с выделением одернованного гумусового слоя, хотя еще сравнительно слабо выраженного. Выявлены некоторые отличия в обеих рассмотренных почвах по аккумуляции органического вещества, элементов-биогенов (табл. 71, 72) в связи с разным механическим составом.

Таким образом, в условиях тундровой зоны «пашня» при прекращении посевов однолетних культур трансформируется через стадию залежи в многолетнее разнотравно-злаковое сообщество с развитием под злаковыми травами дернового процесса.

Рассмотренное преобразование почвы «пашни» с прекращением земледельческого процесса имеет сходство с процессом самовосстановления на посттехногенных территориях полностью разрушенных экосистем.

Надо отметить, что формирование на месте «пашни» многолетнего лугового сообщества и соответствующей почвы, т.е. становление новой экосистемы, происходит за относительно короткий период – около 10 лет, что дает основание, как это уже было отмечено, заключить, что почва изменяется (трансформируется) только в рамках конкретной экосистемы под воздействием формирующегося конкретного растительного сообщества. Почва как компонент экосистемы оформляется в результате жизнедеятельности биоты, как аккумулятивное образование с ясно выраженной нижней границей.

Таблица 72
Состав гумуса в почве лугов, сформировавшихся после «пашни», % к общему углероду почвы

Слой	Глубина, см	Сорт, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот				Сумма гк+фк	Слк Сфк	Нерастворимый остаток
			1	2	3	Σ	1а	1	2	3				Σ
"7-й пост"													
Адер	0-2(3)	4.5	8.5	6.8	8.5	23.8	4.1	10.6	14.9	8.5	38.1	0.62	38.1
АдерА1	2(3)-18(20)	5.38	8.3	8.3	7.5	24.1	3.4	11.7	7.2	7.5	29.8	0.80	46.1
В1	18(20)-40	2.79	6.2	7.8	6.2	20.2	6.3	10.9	8.6	11.7	37.5	0.54	42.1
"Шахта 40"													
Адер.	0-3(4)	4.00	3.0	3.0	4.5	10.5	1.8	5.2	3.9	6.0	16.9	0.62	72.6
А1	3(4)-18	3.27	4.0	4.0	6.4	14.4	3.0	9.0	2.2	9.6	23.8	0.60	61.8
Вg	18-32	2.53	5.1	9.0	7.3	21.4	3.6	10.5	9.3	7.3	30.7	0.70	47.9
В2	32-52	0.81	4.6	10.8	6.1	21.5	8.8	5.0	18.1	7.7	39.6	0.54	38.9

3.2.2. Многолетняя агроэкосистема – сеяный луг

Наблюдения проводили на одном из первых залуженных участков, который расположен на юго-западном склоне коренного берега р. Воркута. В 1955 г. здесь была освоена ерниковая лишайниково-моховая пятнисто-бугорковая тундра.

Характерная особенность почвенного покрова в тундре – микрокомплексность, обусловленная микрорельефом. Почва – тундровая торфянисто-поверхностно-глеевая приурочена к бугоркам, составляющим основной фон в данном типе тундры. Особенностью строения почвы является резкое разделение верхней части профиля на органогенный и минеральный слой. Лишайниково-моховой слой мощностью до 12-15 см слабо оторфован в нижней части, характеризуется аккумуляцией элементов биогенов и основной массы подземных органов растений. Этот продуктивный слой сменяется минеральным глеево-тиксотропным горизонтом мощностью 15-20 см, неблагоприятным по физическим и агрохимическим свойствам для растений. Именно эти слои почвы вовлекаются в земледельческий процесс.

Основная обработка почвы заключалась в многократном ее дисковании тракторной бороной БДТ-2,2 на глубину до 15 см, при этом полностью уничтожается не только растительное сообщество, но и биогенно-аккумулятивный органогенный слой. Обнажающийся глеево-тиксотропный слой становится субстратом, на котором после посева трав формируется сеяное многолетнее луговое сообщество. Обработка почвы ведется путем дискования или фрезерования (Хантимер, 1974; Ополовнин и др., 1976), при этом часть растительных остатков заделывается в массу тиксотропного слоя, где разлагается чрезвычайно медленно (до 30-40 лет), скорее, несколько улучшая физическое состояние минеральной массы, чем пополняя ее питательными элементами. Посев производили по фону органического и минеральных удобрений смесью двух злаков местных форм – мятлика лугового (*Poa pratensis*) и лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis*), приспособленных к суровым климатическим условиям тундровой зоны при норме высева семян 40 кг/га в соотношении 3:1. Ежегодно вносились минеральные удобрения (от 30 до 300 кг/га д.в.) НРК – в конце мая либо в начале июня. Сенокосение производилось обычно в конце июля.

Формирование культурной экосистемы (агроэкосистемы) после посева многолетних трав происходит в ходе сменяющихся стадий сукцессии («модель благоприятствования», Миркин и др., 2001).

В соответствии со стадиями сукцессии преобразуется видовой состав травостоя сеяного луга, формируется луговая (культурная) почва. Детально процесс рассмотрен в работе «Биогеоэкологические исследования...», (1979). Здесь кратко отметим основное.

На первом этапе развития высеянной травосмеси выделяется небольшой период (три-четыре года) преобладания сорняков. Связано это с замедленным развитием в первые два года жизни многолетних трав и внесением в освоенный слой почвы с навозом зачатков сорных растений (семян, корневищ). Наблюдается разрастание распространенных для пашни сорняков – звездчатки средней (*Stellaria media*), пастушьей сумки (*Capsella bursa-pastoris*), мари белой (*Chenopodium album*). Обычны также в этот период характерные для нарушенных участков в тундре – трехреберник Гукера (*Tripleurospermum hookeri*), крестовник (*Tephrosieris palustris*).

К 10-11 году жизни трав осуществляется стадия становления многолетней агроэкосистемы – сеяного луга, оформляются основные ее структуры – травянистое сообщество и соответствующая ему почва. В течение этого периода увеличивается видовое разнообразие травостоя (до 17 видов) за счет внедрения видов разнотравья (*Ranunculus propinquus*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus repens*, *Taraxacum sp.* и др.) Доминируют в травостое высеянные злаки. Почва сеяного луга формируется на базе глеево-тиксотропного слоя, образуя новый продуктивный слой, представленный дерниной и гумусово-аккумулятивным горизонтом.

Важно отметить, что почва формируется как структура агроэкосистемы под влиянием функционирования новой биотической компоненты – многолетнего травянистого лугового сообщества.

Ежегодное поступление части наземной фитомассы на освоенный слой, ее довольно быстрое разложение (Панюков и др., 2005) способствуют дополнительному обогащению (к вносимым удобрениям) почвы гумусом и элементами-биогенами, обеспечивая устойчивое возобновление многолетней агроэкосистемы в отличие от однолетних посевов сельскохозяйственных культур («пашня») с полным ежегодным отчуждением растительной массы и нарушением продуктивного слоя обработкой почвы под посев однолетних сельскохозяйственных культур.

Таким образом, со второго 10-летия сформировавшаяся многолетняя агроэкосистема переходит в стадию стабильного функционирования. На этом этапе со второго десятилетия луговое сообщество характеризуется сравнительно устойчивым видовым разнообразием, определяемым ядром из видов-доминантов – сея-

ных трав и «шлейфом» из сопутствующих видов, биологические свойства которых позволяют сосуществовать им с видами-доминантами (щучка, лютики, овсяница красная). Довольно устойчивый видовой состав сообщества является свидетельством равновесия оформившейся агроэкосистемы с внешними условиями, т.е. устанавливается оптимальное использование ресурсов жизнеобеспечения. Важно отметить, что при довольно большом числе сопутствующих видов обилие большинства их низкое, в течение четырех десятилетий устойчиво преобладают сеяные виды. Колебания общего числа видов по годам невелики, составляя всего семь видов. При этом надо отметить, что колебания происходят из-за различной степени развития отдельных видов в неблагоприятные для них годы.

В целом стабильная стадия функционирования сеяного луга характеризуется также отсутствием внедрения новых видов. Т.А. Работнов (1983) указывает, что отсутствие внедрения новых видов является показательным для фитоценозов, находящихся под влиянием агрорежима. Сравнительно слабое количественное изменение видового состава лугового сообщества определяется тем, что потенциальные конкуренты высеянным растениям – типичные тундровые виды – имеют экологический оптимум в почвенных, относительно бедных, особенно азотом, условиях. На окультуренной почве с достаточно богатым агрофоном эти тундровые виды оказываются конкурентно слабыми по сравнению с высеянными злаками. Видимо поэтому несмотря на достаточно большое число видов дикорастущих злаков в районе исследований – 33 вида для окрестностей Воркуты (Ребристая, 1977), в состав лугового травостоя они внедряются слабо, что определяет относительную видовую стабильность сеяного лугового сообщества.

С 1997 г. – 40-го года жизни трав, внесение удобрений прекратилось, нерегулярно проводилась уборка урожая, которую позднее прекратили совсем. Сеяный луг перешел в следующую стадию – трансформации агроэкосистемы.

Обращаясь к табл. 73, можно видеть снижение обилия сеяных видов. Обилие мятлика на 43-й год жизни трав сократилось вдвое, т.е. уже через три года после прекращения ухода за травой и с тех пор до конца пятого 10-летия отмечены только небольшие колебания, обусловленные погодными условиями. Существенно не изменяется обилие лисохвоста. Вместе с тем, наблюдаются изменения в составе сопутствующих видов.

В соответствии со степенью постоянства, обилия и вклада в общую фитомассу сеяного лугового сообщества виды «шлейфа» можно разделить на три группы. Первую группу составляют виды (6-7), среди которых овсяница красная (*Festuca rubra*), щучка

дернистая (*Deschampsia cespitosa*), виды р. *Ranunculus*, хвощ полевой (*Equisetum arvense*), белокопытник холодный (*Petasites frigidus*). Это группа видов, составлявшая основу «шлейфа», сопутствующего сеяным многолетним видам, к концу пятого десятилетия характеризуется тенденцией к возрастанию их доли в общей фитомассе (*Ranunculus* sp. до 3%, *Festuca rubra* до 4%, *Deschampsia cespitosa* до 16 %) (табл. 73).

Другая группа видов (7-8), также присутствовавших в составе «шлейфа» в течение всего периода жизни луга (*Calamagrostis neglecta*, *Veronica longifolia*, *Cerastium jenisejense*, *Taraxacum ceratophorum*, *Achillea millefolium*, *Rumex crispus*, *Amoria repens* и др.), остается в составе травостоя к концу пятого десятилетия без значительного изменения обилия.

Третью группу составляют виды, исчезающие ко второй половине пятого десятилетия из состава травостоя. В основном, это сорные виды (*Barbarea vulgaris*, *Erysimum heirantoides*, *Capsella bursa-pastoris*, *Thephrosia palustris*), присутствие которых было связано с внесением органических удобрений (навоза) и кратковременным выпасом скота.

Зафиксировано также появление в многолетней агроэкосистеме видов, обычных в данном районе для тундровых экосистем (*Angelica archangelica*, *Cardamine pratensis*, *Geranium albiflorum*, *Myosotis asiatica*), ив – *Salix phylicifolia*, *Salix lanata*.

Количество видов мохообразных на протяжении пятого десятилетия варьирует слабо, доля их в фитомассе незначительна.

Таким образом, процесс трансформации многолетней агроэкосистемы по сравнению с однолетней является достаточно длительным и сложным. Анализ процесса преобразования качественно-количественного состава лугового сообщества – главной системообразующей структуры многолетней агроэкосистемы – становится более полным в сочетании с рассмотрением пространственной характеристики растительного сообщества.

Как видно из рис. 34, в течение этапа стабильного функционирования сообщества характеризовалось крупными синузиями мятлика и лисохвоста, лишь на границе участка выделялись очень небольшие по площади группировки щучки, разнотравья, хвоща. По-видимому, ценопопуляции мятлика и лисохвоста создают сдерживающий конкурентов режим ценогической замкнутости, а в связи с возникновением в мятликовом и лисохвостном ценозах большой контактности между особями возросла конкурентная мощность ценопопуляций этих видов (Куркин, 1976).

Регулярное внесение достаточных доз удобрений нивелировало влияние экологической неоднородности, обеспечивая преимущество сеяным растениям. С прекращением внесения удобрений

Таблица 73

**Видовой состав и обилие растений многолетнего сеяного луга
(по Браун-Бланке)**

Вид	Годы жизни фитоценоза	1998	2005	2006	2007	2008
		41-й	48-й	49-й	50-й	51-й
<i>Poa pratensis</i> L.		5	3	3	2	2
<i>Alopecurus pratensis</i> L.		3	2	3	2	3
<i>Equisetum arvense</i> L.		1	2	2	3	2
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.		2	3	3	2	3
<i>Ranunculus propinquus</i> C.A.Mey		2	2	2	2	1
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn.		1	1	1	1	2
<i>Ranunculus repens</i> L.		1	+	-	2	+
<i>Cerastium jenisejense</i> Hult.		1	+	+	+	+
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess.		3	+	-	+	-
<i>Festuca rubra</i> L.		2	-	1	1	2
<i>Tripleurospermum hookeri</i> Sch.Bip.		2	-	+	+	+
<i>Ranunculus acris</i> L.		-	-	-	+	-
<i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe		1	+	-	-	-
<i>Petasites frigidus</i> (L.) Fries		1	1	1	+	1
<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC		1	1	2	1	1
<i>Thephrosia palustris</i> (L.) Reichenb.		2	-	-	-	-
<i>Achillea millefolium</i> L.		1	1	1	1	+
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.		1	+	1	+	+
<i>Deschampsia sukatschewii</i> (Popl.) Roshev.		1	+	+	1	+
<i>Stellaria crassifolia</i> Ehrh.		1	r	+	-	+
<i>Caltha palustris</i> L.		1	+	+	+	-
<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) Czer.		-	+	+	-	-
<i>Polygonum humifusum</i> Merk. ex C.Koch		1	-	-	-	-
<i>Saxifraga cernua</i> L.		1	+	+	-	+
<i>Epilobium palustre</i> L.		1	+	+	+	+
<i>Veronica longifolia</i> L.		1	1	1	+	+
<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.		1	-	+	+	+
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S.F.Gray		1	+	+	+	+
<i>Stellaria fennica</i> (Murb.) Perf.		1	-	-	-	-
<i>Artemisia tilesii</i> Ledeb.		-	+	-	+	-
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.		1	-	-	-	-
<i>Amoria repens</i> (L.) C.Presl.		1	+	+	+	+
<i>Bistorta major</i> S.F.Gray		-	+	-	+	-
<i>Cardamine pratensis</i> L.		-	+	-	-	-
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries		1	-	-	-	-
<i>Geranium albiflorum</i> Ledeb.		-	+	+	-	-
<i>Rumex crispus</i> L.		+	1	+	+	+
<i>Vicia cracca</i> L.		-	+	1	+	+

Окончание табл. 73

Вид	Годы жизни фитоценоза	1998	2005	2006	2007	2008
		41-й	48-й	49-й	50-й	51-й
<i>Comastoma tenellum</i> (Rottb.) Toyokuni		–	–	+	–	–
<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergern) Schischk. & Serg.		–	+	+	+	+
<i>Galium uliginosum</i> L.		–	+	–	+	+
<i>Lathyrus pratensis</i> L.		–	1	+	+	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop		–	+	+	+	–
<i>Vicia sepium</i> L.		–	+	–	–	+
<i>Salix phyllicifolia</i> L.		–	г	г	г	г
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.		–	г	+	+	+
<i>Salix lanata</i> L.		–	г	г	+	+
<i>Trifolium pratense</i> L.		–	–	–	г	–
<i>Alchemilla</i> sp.		–	+	+	–	–
<i>Rubus arcticus</i> L.		–	–	+	–	–
<i>Pachipleurum alpinum</i> Ledeb.		–	–	+	–	–
<i>Angelica archangelica</i> L.		–	г	+	–	+
<i>Parnassia palustris</i> L.		–	–	+	г	–
<i>Galium boreale</i> L.		–	+	+	–	–
<i>Polemonium acutiflorum</i> Willd. ex Roem. et Schult.		–	+	–	–	–
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.		–	–	–	–	+
<i>Stellaria holostea</i> L.		–	–	–	–	+
<i>Comastoma tenellum</i> (Rottb.) Toyokuni		–	–	–	–	+
Всего видов сосудистых		31	41	39	36	35

луговое сообщество начало преобразовываться, показателем чего является и изменение его пространственной организации.

При ухудшении, а впоследствии снятия агрорежима мозаичность сообщества заметно увеличивается. По фону мятлика и лисохвоста образуются довольно крупные синузии с господством мелкого разнотравья, хвоща, щучки (видов первой группы «шлейфа»), которые условно можно разделить на «злаковые» и «злаково-разнотравные».

В «злаковых» синузиях эдификаторами продолжают оставаться высеянные мятлик луговой и лисохвост луговой. Доля их участия в наземной массе гораздо выше, чем у остальных видов. Там, где мятлик и лисохвост сохраняют ценогическую замкнутость травостоя, мелкое разнотравье (звездчатки, ясколки и др.) почти отсутствует, составляя менее 0.1% наземной фитомассы. Их проникновение в синузии с плотным травостоем затруднено. Мохообразные также не отмечены. Площадь чистых мятликовой и лисохвостной синузий занимает около трети всего участка.

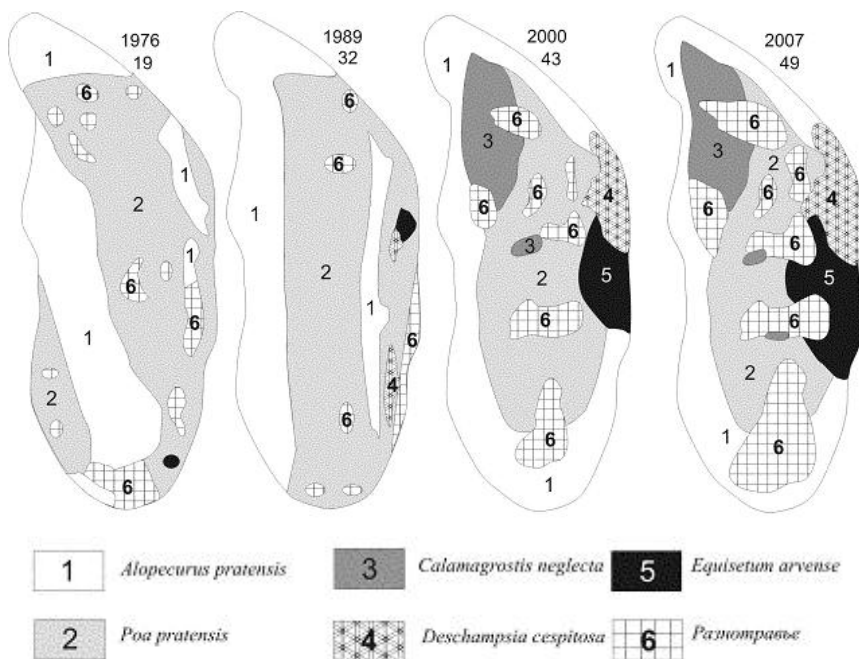


Рис. 34. Изменение горизонтальной структуры многолетнего сеяного луга за 32 года жизни трав.

«Злаково-разнотравные» синузии выделяются повышенным обилием видов, характерных для тундровых биогеоценозов – *Calamagrostis neglecta*, *Ranunculus propinquus*, *R. repens*, гораздо менее требовательных к богатству почвы по сравнению с высеванными злаками. Эти виды встречаются обычно на тундровых луговинах, в ивняках, травянисто-кустарниковых тундрах. Семена лютиков, например, легко разносятся ветром, и там, где плотность травостоя мятлика и лисохвоста снижается, лютики сразу занимают освободившиеся места. Щучковая и хвощевая синузии, включающие также щучку Сукачева (*Deschampsia sukatschewii*), развиваются со стороны дороги. Впервые на сеянном лугу щучка дернистая была отмечена на 17-м году жизни сеяных трав. Активное наступление щучки началось от краев участка, где она давно поселилась, и проективное покрытие (ПП) составляло от 10 до 20%, а в 2002 г. ПП возросло до 25% по краям участка. Способность щучки широко расселяться и вытеснять другие растения объясняется ее эколого-биологическими и фитоценологическими свойствами, заключающимися в широте экологического

ареала, в высокой жизненности, способности произрастать на бедных кислородом почвах. Корни ее имеют микоризу и хорошо развитую воздухоносную ткань. Щучка имеет многочисленные почки возобновления, готовые к росту в благоприятных условиях, а также высокую интенсивность побегообразования, большую семенную продуктивность и хорошую всхожесть семян. Чем лучше развиты растения щучки, чем крупнее их дерновины, тем сильнее проявляется эдификаторная роль вида. На долголетнем лугу в настоящее время щучка образует плотные кочки диаметром 12-20 см при высоте генеративных побегов 70-80 см. Вокруг кочки в радиусе 10 см формируется фитогенное поле, почти лишенное растительности или же занятое всходами лютиков. В последние четыре года наблюдений в щучковой синузии отмечено резкое повышение обилия лютика северного (*Ranunculus propinquus*), его ПП на нарушенных участках составило до 50-70%.

Однако в густые травостои с доминированием мятлика лугового, лисохвоста лугового щучка внедрялась лишь там, где плотный травостой нарушен – обычно по краю участка вдоль дороги, где дернина систематически нарушалась машинами при подкормке луга и скашивании трав. Единичные кочки щучки дернистой встречаются по всему участку.

Резко увеличивает свое участие в травостое еще один обычный для луговин и травянистых тундр вид – хвощ полевой (*Equisetum arvense*). Повышение обилия хвоща связано с высокой скоростью его размножения с помощью корневищ. Его обилие максимально именно на участке с поврежденной дерниной – со стороны заезда сельскохозяйственной техники. Разнотравная составляющая синузий представлена лютиками (*Ranunculus sp.*), ясколкой енисейской (*Cerastium jenisejense*), звездчаткой толстолистной (*Stellaria crassifolia*), горцем распростертым (*Polygonum humifusum*) и другими видами, которые местами образуют практически чистые микрогруппировки. В период массового цветения (начало–середина июля) на лугу проявляется четкий лютиковый аспект. Кроме того, в таких синузиях увеличивается обилие тундровых видов – горца живородящего (*Bistorta vivipara*), камнеломки понижающей (*Saxifraga cernua*), ивы филиколистной (*Salix phylicifolia*).

Выделенные синузии отражают не только техногенные нарушения, но и экологическую неоднородность участка, связанную с первоначальной микрокомплексностью тундрового биогеоценоза и сохраняющуюся около полувека. Это проявляется наличием в почве пониженных участков, погребенных при освоении фрагментов оторфованной моховой подстилки. Однако можно полагать, что еще довольно высокое содержание органического веще-

ства и элементов питания растений в почве будет задерживать резкое выпадение сеяных трав, деградацию луга.

Суждение об изменении структуры растительного сообщества становится более полным при анализе не только видового состава и пространственной характеристики, но и доли каждого вида в общей продуктивности сообщества. В целом в луговом сообществе на начало шестого десятилетия существования продолжают преобладать высеянные злаки, составляя около половины наземной массы (табл. 74), – мятлик луговой 39% и лисохвост луговой 9.5.

При возросшей неоднородности травостоя на большей площади луга господствуют мятлик и лисохвост и присутствует лишь незначительное количество других видов (пл. 3, 5, 6), в то же время на других площадках высеянные виды могут не встречаться вообще или присутствовать в незначительном обилии. В массе травостоя происходит увеличение доли видов *Deschampsia cespitosa* (16.2%), *Festuca rubra* (4%) и видов рода *Ranunculus* (3.2%). На некоторых площадках профилией значительную биомассу дают именно эти виды. Доля старой отмершей травы в урожае составляет 15.1%. Необходимо принять во внимание, что это хозяйст-

Таблица 74

**Характеристика хозяйственного урожая
сеяного лисохвостно-мятликового луга
в конце пятого десятилетия существования (2007 г.)**

Вид \ Повторность	Повторность						Средняя масса, г/м ²	% от общей фитомассы
	1	2	3	4	5	6		
<i>Achillea millefolium</i>	–	1.2	–	–	–	–	0.8	0.4
<i>Alopecurus pratensis</i>	9.8	2.8	4.1	0.9	–	10.5	18.72	9.5
<i>Barbarea vulgaris</i>	–	0.6	–	–	0.2	–	0.52	0.3
<i>Cerastium jenisejense</i>	–	0.3	0.1	–	–	–	0.24	0.1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	–	1.4	–	35.1	10.8	–	31.52	16.2
<i>D. sukatschevii</i>	–	–	–	–	2.6	–	1.72	0.9
<i>Epilobium palustris</i>	0.2	0.4	–	0.1	0.2	–	0.6	0.4
<i>Equisetum arvense</i>	2.1	1.0	–	1.6	0.8	–	3.68	1.0
<i>Festuca rubra</i>	8.9	1.4	–	–	1.1	–	7.6	4.0
<i>Petasites frigidus</i>	–	–	4.8	–	–	1.2	4.0	2.1
<i>Poa pratensis</i>	22.1	10.2	14.7	2.5	31.1	34.2	76.52	39.1
<i>Ranunculus sp.</i>	4.2	2.3	1.0	–	1.4	0.3	6.12	3.2
<i>Stellaria crassifolia</i>	–	1.5	0.8	0.3	0.8	0.1	2.32	1.3
<i>Taraxacum ceratophorum</i>	0.4	1.3	0.5	5.7	0.9	–	5.88	3.1
<i>Tripleurospermum hookeri</i>	2.2	4.2	–	3.1	–	–	6.32	3.3
Старика	15.0	4.6	5.8	12.2	2.6	4.1	29.52	15.1

Примечание: прочерк – отсутствует в пробе.

венный урожай, укусы сделаны на уровне 3-5 см от поверхности, на котором травы обычно срезают косилкой. Значительная часть фитомассы (мохообразные, многочисленные всходы растений, массивные узлы кущения щучки дернистой, и, главным образом старика) остается ниже этого уровня и не попадает в пробы.

Поэтому помимо ежегодного учета хозяйственной продуктивности на долготлетнем сеяном лугу определяли общее количество наземной фитомассы. Результаты показывают, что когда нарушалась технология скашивания или уборка трав не производилась вообще, на поверхность луга поступало значительное количество старой травы. Обращает на себя внимание, что доля старика в 1998-2001 гг. составила половину всей фитомассы, а впоследствии (2006-2008 гг.) увеличилась до 65-70% (рис. 35).

При нормальной эксплуатации луга идет регулярное отчуждение части фитомассы и внесение соответствующего количества минеральных удобрений. Доля высеянных злаков мятлика лугового и лисохвоста лугового в наземной фитомассе значительно ниже, чем их содержание в хозяйственном урожае, и за период

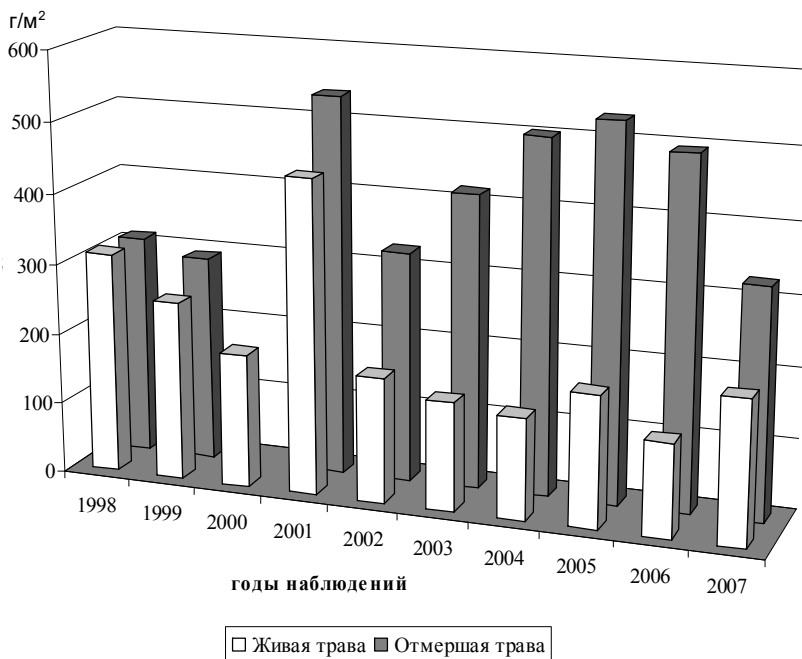


Рис. 35. Соотношение живой и отмершей наземной фитомассы на сеяном лугу.

наших наблюдений существенно уменьшилось (13% мятлик, 6 – лисохвост). Тем не менее, рассмотренные данные подтверждают, что, как и в хозяйственном урожае, наибольшее количество растительного материала поставляют именно эти виды, т.е. мятлик и лисохвост остаются доминантами в луговом сообществе.

Нами проведен опыт по определению скорости разложения наземной фитомассы мятлика лугового, лисохвоста лугового и разнотравья. Скорость разложения сильно зависит от погодных условий, однако установлено, что большая часть (80-90%) массы разлагается в течение одного вегетационного сезона (табл. 75). На поверхности почвы остаются части растений, состоящие, в основном, из механических тканей, разложение которых идет крайне медленно. Разница между сухим остатком в конце двухмесячного и в конце годового периодов невелика.

Степень разложения оставшихся частей растений в течение года незначительна. Разнотравье разлагается примерно в том же темпе, что и многолетние злаки.

Установлено, что на поверхности луга ежегодно остается от 5 до 15% растительной массы, слабо поддающейся процессам разложения. Этим объясняется накопление массы отмерших растительных остатков на поверхности сеяного луга при некачественном отчуждении фитомассы при уборке трав, что ведет к образованию мощной подстилки, влияющей на верхние горизонты почвы, в частности, дерновый слой. При этом создаются менее благоприятные условия для роста и развития корневых систем, поскольку слой накапливающейся подстилки играет роль изолирующего, подобно моховому покрову в естественных тундровых сообществах (перехват тепловой энергии, препятствие семенному размножению).

Таким образом, основу лугового сообщества, по-прежнему, составляют сеяные травы – около 49% от общей фитомассы (в сумме). Как это уже было отмечено, группа видов, составляющих основу «шлейфа», несколько возрастает.

Таблица 75
Степень разложения сухой массы
высеянных злаков и разнотравья
(сухой остаток, %)

Образец	Период	42 дня	63 дня	409 дней
	<i>Poa pratensis</i>		44.6	18.6	13.4
<i>Alopecurus pratensis</i>		34.0	8.6	3.4
Разнотравье		–	12.0	–

Примечание: прочерк – данные отсутствуют.

Однако говорить о вытеснении (замещении) видов ядра сообщества (сеяных трав) пока нельзя. Остальные виды составляют незначительную часть фитомассы. Урожай, хотя и понизился, но остается в пределах 11-13 ц/га сухой массы.

Для характеристики жизненного состояния сеяных трав, отражающего изменения в культурной экосистеме в тундре, нами проводился учет количества подземной фитомассы. Учет массы корней в последний раз производили на 17-й и 19-й годы жизни (Эколого-фитоценологические процессы..., 1985), в дальнейшем такие наблюдения не проводились. Наши определения сделаны на 41-, 43-, 44-, 47-й годы.

Общая подземная фитомасса, по нашим данным, снижается от 7479.9 г/м² (в 1998 г.) до 4113.7 (в 2001 г.) и 3781.3 (в 2007 г.). При этом существенно уменьшилась масса живых корней от 1562.5 г/м² в 1998 г. и до 306.3 в 2001 г., 251.3 в 2007 г., т.е. с 21% до 6-7. Видимо, для многолетнего сеяного луга в тундровой зоне соотношение живой и мертвой подземной фитомассы порядка 1:1 является показателем его стабильного функционирования. С ухудшением режима ухода это соотношение существенно изменяется. По этому показателю мы также можем судить об ухудшении жизненного состояния сеяного луга как культурной экосистемы, о чем свидетельствуют данные по изменению видового состава и количества наземной фитомассы. При этом результаты последних лет наблюдений позволяют предположить, что система вышла на другой уровень стабильного существования, поскольку значительных изменений облика травостоя не наблюдается.

Исходя из сказанного, можно отметить, что несмотря на заметное изменение пространственной структуры луговой экосистемы, количественное участие (как и обилие) видов, образующих рассмотренные синузии, не достигло некоей критической величины. Иными словами, виды не имеют доминирующего значения в общей продуктивности травостоя, обеспечивающей смену типа агроэкосистемы. Многолетняя агроэкосистема остается достаточно устойчивой. По-видимому, сохранению доминирующей роли сеяных видов способствует пополнение запасов питательных веществ в почве луга за счет интенсивного разложения растительных остатков. Однако постепенно идет накопление количественных изменений как в травостое, так и в почве, которые по прошествии некоторого времени могут привести к смене типа экосистемы. На современном этапе трансформации лугового биогеоценоза с восстановлением агрорежима еще сохраняется возможность возврата к культурной экосистеме.

Поскольку коренной смены типа растительного покрова в пятом десятилетии не происходит, почва лугового биогеоценоза сохраняет морфологические признаки, сформировавшиеся в предшествующий период развития сеяного луга. В течение периода стабильного функционирования многолетней агроэкосистемы почва характеризуется устойчивыми морфологическими и агро-

химическими показателями. Освоенный слой подразделяется на дернину мощностью 3-5 (7) см и гумусово-аккумулятивный горизонт до 7 см толщиной, т.е. общая мощность культурной почвы составляет 12-14 см. Именно в этом слое сосредоточена подавляющая масса корней, гумуса, элементов-биогенов (Панюков, Котелина и др., 2005). Сопряженно рассматривая характеристики растительного сообщества и почвы, важно отметить, что культурная почва имеет ясно выраженные морфологические черты и границы, остающиеся стабильными при сохранении устойчивой продуктивности лугового сообщества. Тем не менее, под разными синузиями почвенный профиль несколько отличается. Поскольку указанные синузии существуют уже по несколько лет со снятием агрофактора (внесение минеральных и органических удобрений, отчуждение фитомассы), приведем описание почвенного профиля под ними.

Под «злаковой» синузией (мятлик, лисохвост) морфологическое описание профиля следующее (рис. 36):

Адер	0-5см	Дернина уплотненная, хорошо выражена, темно-коричневого цвета, обильные корни
A1	5-7(10) см	Суглинок темно-серый, гумусированный, многочисленные корни, гумусовые затеки
BGtx	7(10)-23(25) см	Суглинок серо-сизый, оглеенный, ржавые пятна, влажный, бесструктурный, единичные тонкие корни, встречаются среднеразложившиеся остатки тундровой растительности, погребенной при освоении
BC	23(25)-37 см	Среднесуглинистый, светло-коричневый, рыхлый, ореховатой структуры
Почва луговая дерновая поверхностно-глеевая суглинистая.		

Под «злаково-разнотравной» синузией на поверхности почвы хорошо выражена моховая подстилка мощностью до 3 см, профиль характеризуется следующим строением:

Адер.	0-3(4) см	Дернина рыхлая, много отмерших корней, темно-серо-коричневая
A1	3(4)-13 см	Суглинок темно-серо-коричневый, бесструктурный, редкие корни
BGtx	13-40 см	Суглинок серо-сизый, влажный, бесструктурный, встречаются среднеразложившиеся растительные остатки
Почва луговая слабодерновая поверхностно-глеевая суглинистая.		

Если нижние слои отражают изначальную мозаичность почвенного покрова и на протяжении всего срока существования сеяного луга практически не изменяются, то верхние, являющиеся



Рис. 36. Многолетний сеяный мятликово-лисохвостный луг на 49-й год жизни трав. Почва лугово-дерновая поверхностно-глеевая суглинистая.



результатом воздействия растительности, в пределах десятилетия реагируют на изменения растительного покрова. Как следует из приведенных данных анализа почвы (табл. 76), в динамике не отмечено существенного снижения содержания гумуса и элементов питания растений.

Не выявлено также существенного изменения свойств почвы под разросшимися «злаково-разнотравными» синузиями, однако в составе гумуса (табл. 77) заметно возрастает доля фульвокислот, Сгк к Сфк составляет 0,7-0.6.

Итак, основные структуры многолетней агроэкосистемы (сеяный луг) взаимоформируются в период ее становления. Луговое сообщество формируется как структура сложного видового состава, характеризующаяся ядром из сеяных трав, обладающих максимально высокой продуктивностью и наиболее эффективно осваивающих пищевые, территориальные и прочие ресурсы при сохранении агрофактора, и сопутствующих видов. Как показывают наши данные, видовое разнообразие растительного сообщества сохраняется довольно устойчивым при сохранении внешних условий, являясь показателем динамического равновесия между внешними условиями и внутрисистемным процессом, объединяющим структуры экосистемы, т.е. обменом веществом и энергией между структурами. Главным поставщиком растительного вещества и энергии являются виды растений ядра, т.е. эдификаторы, по существу, организующие экосистему, определяющие ее тип. Таким образом, видовое разнообразие в рамках конкретной экосистемы должно сопряженно рассматриваться с продуктивно-

Таблица 76

**Агрохимические показатели почвы луга
в пятом десятилетии его существования**

Горизонт	Глубина, см	рНводн.	Гумус, %	Нгидр.	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/100 г		
1998 г.						
Адер.	0-5	7.24	27.53	20.01	210.81	44.82
A1	5-10	6.66	7.45	4.52	41.09	12.62
Bg	10-20	6.48	1.85	2.71	8.49	12.58
2000 г.						
Адер.	0-6	7.19	28.41	13.65	210.18	52.4
A1	6-10	7.19	12.98	7.34	160.88	17.45
Bg	10-20(25)	6.63	23.22	8.7	87.2	17.96
BC	20(25)-35	6.57	9.58	5.57	2.68	11.07
2001 г.						
Адер.	0-4(5)	6,6	29,6	17,9	240,73	32,87
A1	4(5)-7	6.09	7.92	4.85	42.38	9.94
Bg	7-15	6.04	4.79	3.91	11.82	8.01
2004 г.						
Адер.	0-2(4)	6.22	32.49	20.25	270.2	43.9
A1	2(4)-6(10)	6.18	6.73	4.69	54.44	9.57
Bg	6(10)-15	6.16	5.26	4.27	10.07	8.61
2006 г.						
Адер.	0-2(4)	6.18	27.51	16.73	182.23	41.35
A1	2(4)-5(8)	6.13	10.60	7.51	58.87	10.12
Bg	5(8)-15(17)	6.12	4.85	7.50	12.70	8.16
BC	15(17)-30	6.08	4.12	4.84	3.54	8.03
2007 г.						
Злаково-разнотравная синюзия						
Адер.	0-3(4)	6.51	37.24	21.28	67.88	17.55
A1	3(4)-13	6.46	3.50	5.04	28.41	4.22
Bg	13-40	6.42	0.77	2.52	17.98	6.05
Мятликовая синюзия						
Адер.	0-5	5.89	42.24	34.16	77.96	19.74
Адер.А1	5-7(10)	5.39	8.64	5.04	30.74	9.15
Bgtx	7(10)-23(25)	5.62	0.93	3.64	6.59	1.40
BC	23(25)-40	5.97	0.48	1.68	37.72	4.40

Таблица 77

Состав гумуса в почве многолетнего сеяного луга, % к С_{общ.} почвы

Горизонт	Глубина, см	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот				Сумма гк+фк	Сгк Сфк	Нерастворимый остаток	
		1	2	3	Σ	1а	1	2	3				Σ
		Злаково-разнотравная сингузия											
Адер.	0-3(4)	6.7	5.7	8.86	21.3	2.64	12.7	7.7	9.0	32.0	0.66	46.7	
А1	3(4)-13	4.6	7.1	6.09	17.8	5.08	8.6	13.7	7.6	35.0	0.51	47.2	
Вg	13-40	2.13	6.38	2.13	10.6	8.51	0.19	12.6	8.5	29.8	0.36	59.6	
		Мятликовая сингузия											
Адер.	0-5	8.73	6.5	8.82	24.0	2.53	11.6	8.56	7.8	30.5	0.79	45.5	
Адер.А1	5-7(10)	11.6	4.9	10.0	26.5	2.81	13.7	8.0	9.3	33.8	0.78	39.7	
Вg _{лк}	7(10)-23(25)	6.94	5.56	5.56	18.1	8.33	8.37	6.93	6.9	30.5	0.59	51.4	
BC	23(25)-40	2.86	8.57	2.0	13.4	5.71	2.83	2.84	3.7	15.1	0.89	71.5	

стью видов для углубленного понимания внутрисистемных связей. Фитомасса видов ядра (эдификаторов) определяет свойства почвы как структуры экосистемы, обеспечивает самоподдержание экосистемы в целом. Отмеченное позволяет сделать заключение об устойчивости многолетнего сеяного луга даже после прекращения действия агрофактора. Вместе с тем, есть основания полагать о возможности возвращения высокого уровня продуктивности травостоя при возобновлении ухода за сеяным лугом.

Глава 4 ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ КРАЙНЕСЕВЕРНОЙ ТАЙГИ

Изучение природно-территориальных комплексов (ландшафтов) имеет важное значение для земледельческой практики, лесного хозяйства, мелиорации и других видов хозяйственной деятельности. В процессе рационального (многоаспектного) природопользования, охраны и восстановления природных экосистем необходимо учитывать характер (тип) геосистем, связанных с конкретными элементами рельефа, сочетанием преобладающих элементов рельефа, одного типа геологического фундамента, характерным для территории распределением почв, растительности, объединяемых понятием ландшафт. Понимание ландшафта как территориальной системы, объединяющей на пространственном уровне разнообразие экосистем, является чрезвычайно важным подходом при комплексном учете природных ресурсов, оценке особенностей природной среды с целью организации рационального природопользования, охраны и ускоренного восстановления на посттехногенных территориях. Ландшафт как территориальную систему объединяют потоки вещества и энергии, обусловленные деятельностью биоты в определенных (для территории) условиях климата и геосистемного фундамента.

Со второй половины XX в. обозначился экологический кризис общепланетарного масштаба. Разработка концепции устойчивого развития человечества привела к постепенному формированию взгляда на участки земной поверхности, несущие биосферные функции, как особый природный ресурс – территориальный. Н.Ф. Реймерсом (1994) территориальные ресурсы определены как ресурсы общего экологического баланса. По более позднему определению, территориальный ресурс – это участок территории с минимальным уровнем антропогенного воздействия, с устойчивыми природными экосистемами (Региональное природопользование, 2003). Криолитозона крайнесеверной тайги представляет собой классический вариант территориального ресурса – составной части экологического пространства России (Лосев, 2001).

Как любой вид ресурса, используемого в процессе хозяйственной деятельности, территориальный ресурс требует охраны. Природопользование должно быть организовано таким образом, чтобы нанести минимально возможный ущерб природным экосистемам, размещая, например, производственную инфраструктуру на участках, характеризующихся максимальным потенциалом самовосстановления.

При таком подходе можно сохранить экологические функции ландшафта, обеспечить социальную составляющую устойчивого развития, т.е. возможность вести традиционное природопользование на базе сохраненных на определенной территории биологических ресурсов (Арчгова и др., 1996). Предполагается, что промышленное использование территории в объеме 5-10% является оптимальным с точки зрения производимых антропогенных нарушений (Реймерс, 1994). В настоящее время еще не определен возможный масштаб освоения северных экосистем, который бы обеспечил сохранение биосферного каркаса территории.

С точки зрения современного природоресурсного законодательства определены ограничения, касающиеся использования земельного фонда. Выделяются различного рода охраняемые участки (водоохранные зоны, защитные полосы, особо охраняемые природные территории и т.п.). Однако, ориентируясь только на эти ограничения, сложно сохранить геоэкологические функции территории, обеспечить сохранение ее природоресурсной емкости. При организации рационального природопользования на Севере необходимо рассматривать криолитозону как территориальный (биосферный) ресурс и применительно к нему соблюдать определенные ограничения к природопользованию, т.е. учитывать не только особенности территории, ее устойчивость, но и возможность использования приемов ускоренного восстановления.

В настоящей главе дается характеристика ограничений к природопользованию в специфических условиях криолитозоны. Все ограничения предлагается разделить на группы, которые условно обозначаем как экологические (законодательные), геоэкологические, природоресурсные и инженерно-геологические (Осадчая, 2008).

Экологическими (законодательными) ограничениями считаем ограничения, строго определенные законодательством РФ и субъектов Федерации. К ним можно отнести особо охраняемые природные территории (ООПТ): заповедники, заказники, памятники природы, территории ограниченного природопользования, а также охраняемые природные территории (ОПТ), к которым причисляются водоохранные зоны и прибрежно-защитные поло-

сы. При этом для рек и ручьев следует ориентироваться на ширину водоохранных полос, так как они включают в себя прибрежно-защитные полосы.

Геоэкологическими ограничениями предлагается считать биосферно-значимые объекты, режим использования и охрана которых либо не определены законодательством, либо только декларируются. Характер и структура геоэкологических ограничений разные для различных зональных природных образований.

Для островной криолитозоны крайнесеверной тайги (Маслов и др., 2005; Оберман и др., 2005), где распространение современных многолетнемерзлых пород (ММП) по площади не превышает 10%, это, прежде всего, лесопокрытые участки, которые относятся к защитным лесам (Лесной кодекс, 2006). К защитным лесам относятся также притундровые леса зоны лесотундры (Федеральный закон «О животном мире», 1995; Цветков, Семенов, 1998). Защитный статус лесов крайнесеверной тайги в Лесном кодексе четко не определен, хотя их биосферная роль (особенно климатообразующая) очевидна. Однако при кадастровом учете лесов они всегда относились к лесам I группы (в настоящее время – к защитным лесам). В них запрещены рубки главного пользования, но с оговорками, которые позволяют получать разрешение на основное лесопользование с последующим восстановлением лесных экосистем.

К геоэкологически значимым территориям следует отнести болота. В настоящее время режим охраны определен Рамсарской Международной конвенцией (1971) только для водно-болотных угодий. В 1997 г. в России под юрисдикцию этой Конвенции попало 35 территорий, но на северо-востоке европейской части России в криолитозоне угодья такого ранга не значатся. Вместе с тем, проведена инвентаризация, обозначены контуры по 32 водно-болотным угодьям Республики Коми и Ненецкого автономного округа, при этом часть из них находится в криолитозоне (Состояние изученности..., 1997). В целом уровень изученности водно-болотных угодий региона крайне недостаточен для подготовки кадастровых данных и включения этих объектов в систему охраняемых территорий, подпадающих под Рамсарскую конвенцию. Достижение этой цели весьма сложно в условиях современного экономического кризиса и отсутствия серьезного интереса к проблеме. Следует отметить, что до введения в действие нового Водного кодекса защите подлежали проточные болота – для них определялась водоохранная зона. Сейчас такая форма охраны отсутствует, несмотря на очевидность биосферной роли болот (Водный кодекс, 2006; Лесной кодекс, 2006). При техногенном за-

грязнении проточные болота могут являться агентом распространения загрязняющих веществ на достаточно обширную территорию. Заметим, что вовлечение застойных болот в зону освоения, несмотря на неудобство строительства на таких участках, дает меньший геоэкологический ущерб.

Природоресурсные ограничения касаются участков, где ведется традиционное природопользование. Это, прежде всего, естественные кормовые угодья, принадлежащие оленеводческим хозяйствам. В криолитозоне крайнесеверной тайги распространены только зимние пастбища, приуроченные к лесам.

Девственные леса являются средой для ведения охоты, сбора грибов, лекарственных растений и т.п. Таким образом, лесопокрываемые площади, несущие природоресурсную нагрузку, имеют особую ценность, что требует обоснованных ограничений при ведении хозяйственной деятельности.

Сохранение рыбных ресурсов должно обеспечиваться при соблюдении экологического законодательства в области функционирования соответствующих ОПТ.

Для определения участков **инженерно-геологических ограничений** принимаются во внимание разрушающие последствия для природно-техногенных комплексов, которые могут возникнуть при вовлечении в сферу строительства определенных ПТК. Как правило, эти ограничения носят вероятностный характер.

В подзоне островного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) это участки, на которых развита многолетняя мерзлота, сформирован тундровый тип растительности. Известно, что такие тундры часто приурочены к участкам поверхностного карста, что крайне усложняет их освоение (Осадчий, Осадчая, 2008). Однако надо отметить, что участки распространения карста без ММП тоже имеют ограничения для строительства.

Строительство площадных объектов не рекомендуется на бугристых (выпуклых) торфяниках. Современная мерзлотная обстановка на этих участках нестабильна, идет активный рост мерзлых бугров, увеличивается площадь развития ММП. Если же строятся линейные объекты (нефте- и газопроводы), то их не рекомендуется размещать подземно, а это требование сложно осуществить без значительных затрат.

К участкам со сложными инженерно-геологическими условиями можно отнести некоторые типы болот. Это, прежде всего, топяные, мочажинные, в меньшей мере травяно-осоковые болота.

Следует избегать строительства объектов на периодически заливаемых участках, например, в низовьях рек, где ширина поймы превышает водоохранную зону. В принципе, на подобных

участках строить можно, что в регионе почти не практикуется из-за высокой стоимости работ.

Итак, хозяйственное освоение крайнесеверных территорий (в том числе с распространением ММП) имеет ряд ограничений.

При анализе территории с точки зрения возможности оптимального размещения объектов обустройства без утери биосферных и ресурсных ее функций целесообразно использовать ландшафтный подход. При этом в пределах геоботанической зоны (подзоны) выделяются региональные типы ландшафтов. Для каждого из региональных ландшафтов рассматриваются его структура на уровне урочищ, особенности гидросети. Это позволяет в среднем или крупном масштабе выделить участки с ограничениями к природопользованию и по возможности локализовать строящиеся объекты на территории (ландшафте, урочище) с максимальной площадью без этих ограничений.

Основная задача ландшафтно-экологической оценки территории – выявление общих и частных закономерностей ландшафтной дифференциации территории в естественных и нарушенных условиях. Ядром комплексных исследований природных (физико-географических) условий служит ландшафт – он выступает как ресурсообразующая, средовосстанавливающая и хранящая генофонд система. Ландшафт рассматривают как природное образование, а термин «ландшафт» используется для обозначения природно-территориального комплекса (ПТК) любого ранга, в котором «...все основные компоненты – рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир – находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, образуя однородную по условиям развития единую неразрывную систему» (ГОСТ 17.8.1.01-86; Реймерс, 1990). Иерархия природных систем достаточно сложна и содержит для крупнейших геологических структур от пяти до десяти уровней. Однако при практической оценке территории используется не более трех уровней: зональный, региональный, локальный (в ранге урочища) ландшафты (Стурман, 2000). Основой для выделения зонального ландшафта служит принадлежность участка к конкретной растительной зоне, регионального – приуроченность к определенной генетической территории. Урочище – это сложно устроенная природная геосистема, занимающая мезоформу рельефа или ее часть с характерным микрорельефом, определенным сочетанием биоценозов и почвенных разностей (Анненская и др., 1962). Под структурой ландшафта понимается набор, соотношение и взаимосвязь входящих в ландшафт компонентов, в том числе комплексов более низкого ранга (ГОСТ 17.8.1.01-86).

Ландшафт криолитозоны крайнесеверной тайги характеризуется преобладанием лесных растительных формаций. Кроме лесов, в среднем и крупном масштабах выделяются растительные формации болот, торфяников, реже тундр, лугов, пойм, которые формируют до 20-25 видов локальных урочищ. Для каждого урочища свойственно определенное сочетание почв, растительности, микро- и мезорельефа, степени увлажнения, мерзлотных характеристик, современных экзогенных процессов.

Выделенные ПТК в ранге урочища формируют определенный ландшафтный облик (структуру) региональных ландшафтов территории. В зависимости от возраста и генетического типа территории в подзоне крайнесеверной тайги показательными можно считать следующие региональные ландшафты:

1) абразионно-аккумулятивная аллювиально-морская нижнеплиоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 220-330 м;

2) абразионно-аккумулятивная морская среднеплиоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 180-220 м;

3) абразионно-аккумулятивная морская верхнеплиоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 160-180 м;

4) абразионно-аккумулятивная морская (ледово-морская) эоплейстоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 120 (115)-160 м;

5) абразионно-аккумулятивная морская нижнеплейстоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 90 (100)-115 (120) м;

6) абразионно-аккумулятивная озерно-аллювиальная нижнеплейстоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 70-90 (100) м;

7) эрозионно-аккумулятивная озерно-аллювиальная среднеплейстоценовая поверхность водоразделов с абсолютными отметками 60-70 м.

Кроме того, фрагментами развиты позднеплейстоценовые ландшафты речных террас.

По долинам рек и ручьев формируется интразональный эрозионно-аккумулятивный аллювиальный голоценовый ландшафт (Легенда Печорской серии..., 1999). При анализе ограничений к природопользованию этот ландшафт условно рассматривается как составная часть региональных ландшафтов, территорию которого секут водотоки.

С учетом того, что площадь с экологическими ограничениями условно включена в площадь соответствующих региональных ландшафтов, прослеживается определенная зависимость. Так, в направлении от нижнеплиоценовых ландшафтов (максимальные

абсолютные отметки) к плейстоценовым (более низкие абсолютные отметки) увеличивается площадь экологических ограничений от долей процента до 15%. Это связано с увеличением количества водотоков, с одной стороны, и расширением их водоохранных зон с удалением от истоков, с другой. Максимальная площадь характерна для нижнеплейстоценовых ландшафтов с абсолютными отметками 90 (100)-115 (120) м. На ландшафтах с более низкими абсолютными отметками площадь экологических ограничений несколько уменьшается, потому что эти ландшафты приурочены к участкам, граничащим с долинами крупных рек, где количество притоков минимально.

К территориям с **геоэкологическими ограничениями** относятся лесопокрытые участки и проточные болота.

Для крайнесеверной тайги характерно последовательное (но не строгое) уменьшение лесистости с понижением абсолютных отметок поверхности от почти 100% на нижнеплиоценовых морских отложениях до чуть менее 50% на озерно-аллювиальных нижнеплейстоценовых (абсолютные отметки 70-90 (100) м). Далее с понижением абсолютных отметок лесистость опять несколько возрастает, так как среднеплейстоценовые озерно-аллювиальные территории соседствуют с долинами крупных рек.

Для проточных болот столь очевидной закономерности не существует, так как их количество определяется не только степенью заболоченности регионального ландшафта, но и характером и густотой гидросети. Максимальные площади проточных болот отмечены для морского верхнеплиоценового ландшафта с абсолютными отметками поверхности 160-180 м.

В целом, по данному типу ограничений суммарная площадь лесов и проточных болот уменьшается от ландшафтов с более высокими абсолютными отметками к ландшафтам с более низкими от немногим менее 100% до 65.

К территориям с **инженерно-геологическими ограничениями** относятся бугристые (выпуклые) торфяники, а также болота топяные, озерковые (мочажинные) и травяно (осоково)-моховые. Кроме того, встречаются участки поверхностного карста, приуроченные к березовым лесам и безлесным участкам с тундровым типом растительности (ближе к Уралу), но занимающие не всю площадь этих урочищ.

Выпуклые торфяники занимают незначительные площади, не превышающие 1% площади регионального ландшафта. Исключение составляет озерно-аллювиальный нижнеплейстоценовый ландшафт (абсолютные отметки поверхности 70-90 (100) м), где выпуклые торфяники занимают чуть менее 10% площади ландшафта.

Для выделенной группы болот существует четкая закономерность: с уменьшением возраста (абсолютных отметок) ландшафта их площадь увеличивается от незначительной – 2-3% на морских ландшафтах до 20% на озерно-аллювиальных (особенно для озерно-аллювиального среднеплейстоценового ландшафта с абсолютными отметками 60-70 м).

Участки с карстом занимают незначительные (менее 1%) площади и приурочены к ландшафтам с абсолютными отметками поверхности 115 (120)-180 м.

В целом, для данного типа ограничений к природопользованию максимальные площади характерны для озерно-аллювиальных (15-20%), минимальные (0-4%) – для морских ландшафтов.

Природоресурсные ограничения к природопользованию устанавливаются, главным образом, для сохранения оленьих пастбищ (для криолитозоны крайнесеверной тайги – зимних). Закономерность изменения площадей зимних пастбищ аналогична изменению относительной площади лесов в выделенных региональных ландшафтах – максимальна на нижнеплиоценовых морских ландшафтах (около 100%), минимальна (до чуть менее 50%) на озерно-аллювиальных нижнеплейстоценовых (абсолютные отметки 70-90 (100) м). Так же, как и в случае с геоэкологическими ограничениями, с дальнейшим понижением абсолютных отметок и некоторым ростом лесистости площадь природоресурсных ограничений опять несколько возрастает.

При рассмотрении различных региональных ландшафтов территории криолитозоны крайнесеверной тайги анализировали относительное соотношение в их пределах площадей по различным типам ограничений к природопользованию. Для некоторых видов непроточных болот, участков с луговой и тундровой (без ММП) растительностью такие ограничения не устанавливаются.

Выявлено, что минимальным потенциалом для промышленного использования обладают ландшафты с абсолютными отметками выше 115 (120) м. Площади без ограничений к природопользованию составляют для этих ландшафтов не выше 9%. Для ландшафтов с более низкими абсолютными отметками площади без ограничений, как правило, составляют 10-13% (максимальны для морского нижнеплейстоценового ландшафта с абсолютными отметками поверхности 90 (100)–115 (120) м).

Если подходить к использованию территории с геоэкологических позиций, с точки зрения концепции устойчивого развития, необходимо отказаться от традиционных взглядов на стратегию освоения Севера, воспринимать его прежде всего как территориальный (биосферный) ресурс. Такой подход должен стать приоритетным при освоении криолитозоны. Для сохранения тер-

риториального ресурса необходимо проводить анализ ландшафтной структуры площади, подлежащей освоению, выделять участки с ограничениями к природопользованию. Результаты такого анализа служат основой как для проектирования промышленных объектов, так и для разработки комплекса приемов природовосстановления, что особенно важно в условиях Севера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усиление промышленного освоения природных ресурсов на северо-востоке европейской части России привело к существенному преобразованию природной среды, развитию ускоренной эрозии при медленном процессе самовосстановления растительного покрова. Попытки использовать опыт рекультивации в средней полосе России оказались неэффективными. На основе ранее проводившихся почвенно-экологических исследований сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН была разработана концепция «природовосстановления» и на ее основе – комплекс практических приемов ускоренного восстановления природных экосистем с учетом специфики климатических условий северного региона, особенностей строения природных экосистем. В отличие от традиционного ресурсного подхода, методологической основой наших исследований является экосистемный подход, опирающийся на принцип системности. С его позиций любая экосистема представляет собой единство трех основных функционально связанных компонентов (структур): растительного сообщества – системообразующей структуры; зоо-микробного комплекса, трансформирующего растительную морт-массу; почвы, формирующейся как результат преобразования любого субстрата продуктами жизнедеятельности биоты. Механизмом, объединяющим в единство экосистему, является биологический круговорот органического (растительного) вещества. С позиций экосистемного подхода следует, что компоненты экосистемы приобретают свои свойства в конкретных системах, вне ее их теряют. Разрушение одного из компонентов неизбежно ведет к распаду всей системы. Восстановление (преобразование) любой экосистемы должно проводиться с учетом взаимосвязи основных ее компонентов.

Опираясь на экосистемный подход, группа сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводит многолетние стационарные исследования в таежной и тундровой биогеографических зонах. Особое значение многолетних стационарных исследований состоит в том, что имеется возможность комплексного изучения последовательного развития экосистем, их изменения в

конкретных условиях. В настоящей работе, являющейся продолжением ранее опубликованных (Посттехногенные..., 2002; Биологическое разнообразие..., 2005; Восстановление лесных..., 2006; Экологические основы..., 2006), посвященных изучению процесса «природовосстановления» на посттехногенных (антропогенных) территориях природных (вторичных) экосистем как в ходе самовосстановления, так и в процессе управляемого (ускоренного) восстановления в рамках комплексной схемы «природовосстановления», представлены результаты изучения нового этапа преобразования восстанавливающихся экосистем.

Как известно (Шенников, 1964), самовосстановительная сукцессия развивается в таежной зоне поэтапно. Наши исследования, включавшие почвенные, микробиологические, а также изучение влияния растительного покрова на состав атмосферных осадков, были начаты в сформировавшихся на техногенном субстрате многолетней травянистой и молодой лесной (ольшаник) экосистемах. В послерубочном (выборочная рубка) лесу комплексные исследования самовосстановительной сукцессии были начаты на стадии лиственного леса (70-90-летнего), сменившего еловый лес.

В данной работе приведены результаты изучения дальнейших стадий развития самовосстановительной сукцессии на стационарных участках. Многолетняя травянистая промежуточная экосистема находится на этапе активного замещения на лесную колонизацией древесными растениями. В послерубочном лиственном лесу отмечен выход в первый ярус ели, что усиливает парцеллярный характер напочвенного покрова и трансформацию почвы. Подробное рассмотрение результатов исследования на новом этапе самовосстановительной сукцессии составляет содержание первой главы монографии, обобщение результатов дает возможность сделать общее заключение о почвообразовании с позиций экосистемного подхода.

Результаты комплексного изучения самовосстановительной сукцессии на техногенном субстрате позволяют рассматривать почвообразование как биогенно-органно-аккумулятивный процесс, что согласуется с высказанным ранее В.В. Пономаревой положением, что сутью почвообразования является гумусообразование (Пономарева, Плотникова, 1980). Особенности (тип) формирующегося или трансформирующегося биогенно-аккумулятивного слоя определяются количеством и составом растительной морт-массы, процессом ее трансформации. Аккумуляция гумуса в техногенном субстрате способствует преобразованию субстрата в новое тело, способное удерживать и накапливать элементы питания растений, обеспечивая стабильное самовоспроизводство рас-

тительного сообщества, экосистемы в целом. Однако система, являясь открытой, теряет с мигрирующими водами из биогенно-аккумулятивного слоя часть органических и минеральных элементов, которые, реагируя с минеральной массой, определенным образом ее преобразуют под аккумулятивным слоем. Иными словами, выпадающие из биологического круговорота вещества, мигрируя с влагой, обуславливают формирование генетически сложного тела. Строение подпочвенной толщи связано с гидротермическими условиями конкретной территории.

Обобщение полученных данных позволяет с позиций экосистемного подхода определить почву как динамическую структуру любой экосистемы, формирующуюся и преобразующуюся в соответствии с типом растительного сообщества, функционирующую только в рамках конкретных типов экосистем. Почва (как компонент экосистемы), являясь биогенно-органо-аккумулятивным образованием, характеризуется определенными пространственными границами, ее нижняя граница определяется резким снижением вглубь содержания органического углерода (гумуса), элементов-биогенов. Горизонтальные границы континуальны (Арчегова, Федорович, 2003).

В соответствии с концептуальной схемой практических приемов природовосстановления в работе представлены результаты изучения управляемого восстановления разрушенных природных экосистем на втором, «ассимиляционном», этапе схемы. В сравнительном плане оцениваются традиционные приемы восстановления путем посадки лесных культур и комплекс приемов природовосстановления. Результаты показывают, что даже при использовании в качестве посадочного материала с комом земли пяти-семилетних дичков древесных растений из естественных насаждений, в течение двух и более десятилетий техногенный субстрат остается не измененным, отсутствует формирование биогенно-органо-аккумулятивного слоя, рост дичков (до некоторых пределов) обеспечивается за счет принесенного кома земли. Отсутствие развитого напочвенного покрова тормозит развитие биологического оборота органического вещества, а следовательно, основного механизма формирования устойчивой лесной экосистемы. Иными словами, традиционный прием – посадка лесных (хвойных) культур без использования интенсивных агроприемов имеет слабый рекультивационный эффект в условиях Севера.

Применение агроприемов (внесение удобрений, посев многолетних трав) и уход за растениями («интенсивный» этап схемы «природовосстановления») способствуют накоплению быстро разлагающейся растительной массы, преобразованию верхнего слоя техногенного субстрата в биогенно-органо-аккумулятивный слой.

Созданные благоприятные почвенные условия обеспечивают уже в конце первого десятилетия с начала «интенсивного» этапа формирование за счет самовозобновления древесно-кустарникового яруса. К концу второго десятилетия оформляется новообразованная лесная экосистема с основными компонентами. Растительное сообщество характеризуется древесным ярусом высотой 3.5–4 м, представленным быстрорастущими видами (березой, лиственницей), под их пологом возобновляется ель. Общее проективное покрытие напочвенного травяно-кустарничково-мохового покрова – 75%. В составе напочвенного покрова преобладают травянистые растения, с чем связаны строение и свойства новообразованной слабоодернованной (неоподзоленной) почвы.

Итак, эффективность практических приемов восстановления разрушенных таежных экосистем определяется созданием на первом этапе благоприятных субстратных условий путем формирования травянистой (промежуточной) экосистемы. Травянистое сообщество за короткий период аккумулирует растительную мортмассу, запускается биологический круговорот органического вещества, преобразуется верхний слой субстрата. В благоприятных условиях активизируется процесс внедрения древесных растений, замещение травянистой экосистемы на лесную.

Начатые нами опыты по оптимизации приемов природовосстановления свидетельствуют о возможности ускорения второго, «ассимиляционного», этапа схемы. Установлено, что посадка хвойных пород дичками пяти-семилетнего возраста с комом земли на «интенсивном» этапе обеспечивает по агрофону высокую приживаемость древесных растений, активный их рост при одновременном росте трав, преобразовании техногенного субстрата. Исследования в этом направлении являются перспективными.

Как отмечено выше, исследования ведутся в двух географических зонах – таежной и тундровой. В настоящей работе приведены результаты изучения восстановленной (вторичной) по схеме «природовосстановления» тундровой экосистемы, показана ее адекватность ненарушенной аналогичной экосистеме.

Особое внимание уделено трансформации агроэкосистем после прекращения их эксплуатации. Рассмотрены особенности преобразования однолетних агроэкосистем на песчаных и суглинистых почвах. Показано, что пашенные участки в течение 10 лет оформляются в луговое сообщество с характерной лугоподобной почвой со специфическими для этих почв дерниной и одернованным гумусовым горизонтами. В целом преобразование пашни имеет сходство с процессом самовосстановления экосистемы на посттехногенной пустоши. Можно предполагать дальнейшее преобразование луга, переход его в тундровую экосистему, соответствующую конкретным условиям.

Преобразование многолетней агроэкосистемы – сеяного многолетнего луга – имеет другой тип. Многолетняя агроэкосистема сохраняет свой статус в течение длительного периода, т.е. представляет собой весьма устойчивую антропогенную систему. Ее устойчивости после прекращения эксплуатации луга способствует самоподдержание за счет поступления питательных веществ при разложении отмершей и ежегодно отмирающей растительной массы. Несмотря на преобразование видового состава лугового сеяного сообщества, ядро из сеяных видов сохраняет длительный период (до 10 лет) доминирующее положение. Поэтому можно считать возможным восстановление многолетней агроэкосистемы в течение этого периода при возобновлении эксплуатации луга, подтверждая высказанное нами ранее положение о создании многолетних агроэкосистем кормового направления как географически адаптированной формы земледелия и растениеводства на Севере.

Приведенные результаты изучения с позиций экосистемного подхода на техногенно разрушенных территориях Севера как самовосстановительной сукцессии, так и управляемого процесса по схеме «природовосстановления» позволяют нетрадиционно оценить почву как специфический природный объект. А именно, почва представляет собой динамичную структуру любой экосистемы, формирующуюся и трансформирующуюся под влиянием биоты. Роль, значение почвы как компонента экосистемы определяется ее способностью аккумулировать и удерживать элементы биогенного круговорота растительного вещества, обеспечивающие стабильное воспроизводство биоты, в первую очередь, растительного сообщества. Исходя из этого ее значения, почву можно определить как образование биогенно-аккумулятивное с отчетливой нижней границей. Разнообразие почв обуславливается разнообразием растительных сообществ. Почва свои морфологические и химические свойства приобретает только в процессе функциональной связи с биотой конкретной экосистемы (растительным сообществом и связанным с ним зоо-микробным комплексом, трансформирующим растительную морт-массу) и теряет их вне экосистемы. Восстановление почвы возможно только в рамках экосистемы при одновременном восстановлении основных функционально связанных компонентов. Вместе с тем, почва как компонент открытой системы получает и отдает вещества и энергию. Вертикальная миграция водорастворимых компонентов из почвы воздействует на подпочвенную массу субстрата, преобразуя его в своеобразные структуры в соответствии с конкретными свойствами почвы и природно-климатическими условиями территории. Иными словами, почва и подпочвенная толща (система элюви-

ально-иллювиальных слоев или слабо дифференцированная толща) представляют собой генетически разные образования.

Дальнейшие исследования направлены на изучение биоразнообразия формирующегося главного компонента экосистемы – растительного сообщества, вклада видов в общую продуктивность сообщества и связь с формирующейся почвой, ее морфологических и физико-химических свойств.

Особое значение в экологических исследованиях на Севере имеет изучение состояния криолитозоны. Природопользование и особенно практическое внедрение приемов природовосстановления тесно связаны с изучением закономерности распространения многолетнемерзлых пород в тундровой и таежной географических зонах. Материалы, характеризующие распространение многолетнемерзлых пород, и связанные с этим ограничения в природопользовании позволяют учитывать в природоохранительной деятельности наиболее неустойчивые ландшафты, а также первоочередные территории природовосстановления.

CONCLUSIONS

The increasing industrial development of natural resources in the European North-East led to great environment changes, the development of accelerated erosion under slow plant cover self-restoration. In the central parts of Russia the attempts of recultivation were ineffective. The scientists of the Institute of Biology came up with the nature restoration conception on the base of early made investigations. The complex of practical methods was worked out of natural ecosystems accelerated restoration, taking into consideration the specific northern climate and the peculiarities of natural ecosystems. In contrast to the traditional resource approach, methodological foundation of our investigations is ecosystem approach basing on the system's principle. According to ecosystem's approach, any ecosystem includes three main functionally connected components (structures):

- Plant community – system's forming structure;
- Zoo-germ complex which is transforming plant mort-mass;
- Soil that forms as a result of changing any substratum by living products of biota.

Biological rotation of organic (plant) matter makes ecosystem as a whole. According to the ecosystem's approach the components of ecosystem get their properties in concrete system, while loosing without it. If one component is broken it leads to disintegration of the whole system. The restoration of any ecosystem depends on connection of its main components.

Basing on ecosystem method, scientists from the Institute of Biology make long-term stationary investigation in taiga and tundra bio-geographic zones. The importance of these investigations is the possibility of complex studying of consistent ecosystems development, their changes in certain conditions. Earlier were published works such as: «Post-technogenic northern ecosystems», 2002, «Biological variety and productivity of anthropogenic ecosystems in the Extreme North», 2005, «Forest ecosystems restoration on the technogenic disturbed territories in the North», 2006, «Ecological ecosystems restoration principles in the North», 2006. This particular work is the continuation of the above-mentioned works and illustrates the

results of the new transformation stage of restoring ecosystems which study the process of «nature restoration» on the post-technogenic (anthropogenic) territories of nature (secondary) ecosystems both during self-restoration and during specially organized (accelerated) restoration in the frames of «nature restoration» complex scheme. The results of studies are presented of new level of self restored ecosystems transformation.

As known (Shennikov, 1964), the self-restorative succession has stage-by-stage development in taiga zone. Our investigations included soil, microbiology, and moreover the influences of plant cover on composition of atmospheric precipitations. These investigations were started in perennial grass and young forest (alder forest) ecosystems already formed on technogenic substratum. In the after-felling (selection felling) forest, complex investigations on self-restorative succession were started in 60-80-year-old deciduous forest that replaced fir forest.

This work deals with the study results of the next development stages of self-restoration succession on stationary plots. Perennial grassy intermediate ecosystem is at the stage of active replacement to forest. In the after-felling leaf-bearing forest fir trees are on the first storey that increases the parcel character of soil cover as well as soil transformation. The first chapter of the monograph presents the investigation results on the new stage of self-restorative succession; summarized results give the opportunity to make the general conclusion about soil formation from the view of ecosystem approach.

The results of complex studying of self-restoration succession on technogenic substratum allow considering soil formation as biogenic-organo-accumulative process, that coincides with V.V. Ponomareva's statement made earlier, that the soil formation is humus formation (Ponomareva, Plotnikova, 1980). Peculiarities (type) of forming or transforming biogenic-accumulative layer is determined by the amount and composition of plant mort-mass, as well as by the process of its transformation. Humus accumulation in technogenic substratum helps to transform the substratum into a new matter that is able to keep and store plant nutrient elements, providing stable self-reproduction of plant community and whole ecosystem. Nevertheless, the system being opened is loosing some organic and mineral elements from biogenic-accumulative layer with migrating waters. These elements, reacting to mineral mass, transform it under accumulative layer. In the other words, elements falling out of biological rotation and migrating with waters, lead to formation of a genetically complex matter. The structure of under-soil layer is connected with hydrothermal conditions at studied territory.

Summarizing all the data, it lets to determine soil as a dynamic structure of any ecosystem from the perspective of ecosystem approach. Soil, as a dynamic structure, is formed and functioned only in the frames of concrete ecosystem types. Soil (as ecosystem element) being biogenic-organo-accumulative formation is characterized by certain spatial frames; its lower level is determined by sharp reducing of organic carbon (humus) and biogenic components. Horizontal borders are prolonged (Archeгова, Fedorovich, 2003).

In accordance with conceptual scheme of nature restoration practical methods, this monograph is looking at the results of studying the controlled restoration of disturbing natural ecosystems on the secondary «assimilated» scheme stage. We compare we access between traditional restoration methods by planting forest cultures and the complex of nature restoration methods. Even by using for planting 5-7-year-old wild wooden plants with soil clod from natural habitats, the results show that two or more decades after technogenic substratum stays the same, the formation of biogenic-organo-accumulative layer is missing, growing of wild plants (up to certain levels) is providing by induced soil clod. Since developed upper soil cover is missing, it slows down the development of organic matter biological rotation, and so the main mechanism of formation of stable forest ecosystem. In other words, the traditional method – cultivating of wooden (fir) plants without using intensive agro-methods has poor recultivating effects in northern conditions.

Agro-methods (fertilizing, perennial grass planting) and taking care of plants («intensive» stage of «nature restoration» scheme) leads to storing of fast-decomposing plant mass, transformation of upper level of technogenic substratum in biogenic-organo-accumulative level. Already to the end of first decade since the beginning of «intensive» stage, favourable soil conditions allow formation of wooden fruticulose storey formed. Newly formed forest ecosystem with its main components is formed by the end of second decade. Plant community is presented by 3.5-4-meter-high wooden storey with fast-growing tree species (birch, larch), under their leaf canopy fir starts to grow. Total projection cover of grass-fruticulose-mossy community is 75%. This community is dominated by grasses, responsible for structure and features of a newly-formed poorly-turfy (unpodzolic) soil.

Consequently, the effectiveness of practical methods of this scheme is attained by creation on the first stage of favourable substratum conditions by formation of intermediate grassy ecosystem. For short time period, the grass community accumulates plant mort-mass, biological rotation of organic matter is started, substratum upper layer is transformed. Under favourable conditions, the process

of wooden plants' introduction is activated; grass ecosystem is substituted for forest ecosystem.

As our experiments on optimization of nature restoration scheme evidence, the second «assimilative» stage of this scheme can be accelerated. Planting wild fir trees at the age of 5-7 years, with soil clod, at the «intensive» stage gives the opportunity of high adaptation of wooden plants, their fast growing together with grass growing, and transformation of technogenic substratum. These investigations are perspective.

As mentioned above, investigations take place in two geographic zones – taiga and tundra. This book presents study results on secondary tundra ecosystem restored according to «nature restoration» scheme. The restored ecosystem is adequate to undisturbed comparable ecosystem.

Special attention is given to agro-ecosystem transformation after exploitation. The peculiarities of annual agro-ecosystem transformation on sand and loamy soils are looked at. It is shown that during one decade ploughed fields are becoming meadows with specific meadow soil that has typical turfy and turfy-humus horizons. In general, plough-land transformation is similar with the process of ecosystem self-restoration on the post-technogenic heath land. There is a possibility of further meadow transformation, transformation to tundra ecosystem under particular conditions.

Transformation of perennial agro-ecosystem (sown perennial meadow) is different. Perennial agro-ecosystem keeps its status during long period of time, meaning it is durable anthropogenic system. After meadow exploitation, it resists due to self-support by receiving nutrients, decomposition of dead or annually dying plant mass. During long period of time (up to 10 years) seeding grasses retain their dominating position despite of species composition transformation of meadow seeding community. For this long period of time it makes possible to restore perennial agro-ecosystem by renewing meadow exploitation, proving mentioned above statement about creation of fodder perennial agro-ecosystem as geographically adopted form of agriculture and plant-growing in the North.

The investigation results on technogenically impacted northern territories both self-restored and managed by «nature restoration» scheme using ecosystem approach allow us to uncommon soil identification as a specific natural object. Soil is a dynamic structure of any ecosystem that is formed and transformed under the influence of biota. The role, the importance of soil as an ecosystem component is determined by its ability to accumulate and keep the elements of biogenic rotation of plant matter, providing stable biota reproduction, mainly plant community. Thus, soil can be treated as biogenic-

accumulative formation with a clear low boundary. Soil diversity is a variety of plant communities. Its morphological and chemical features, soil gets only during the process of functional connection with biota of concrete ecosystem (plant community and connecting with it zoo-microbe complex, that transforms plant mort-mass) and loosing them out of ecosystem. Soil restoration is possible only in the ecosystem frames together with restoration of main functionally connected components. At the same time soil as a component of opened system gets and gives matters and energy. Vertical migration of water-dissolved components from the soil has influence on sub-soil substratum mass, transforming it into peculiar structures depending on concrete soil characteristics and nature-climatic conditions of the territory. In other words, soil and subsoil, i.e. the system of eluvial-alluvial layers or a weakly differentiated layer, are genetically different structures (formations).

Further investigations aim at biovariety of plant community as the main component of forming ecosystem, at introduction of different species into total community productivity and connection with the forming soil, its morphological and physic-chemical features.

Study of cryolite zone state has the great importance in the ecological investigations in the North. Nature usage and especially practical use of nature restoration methods are closely connected with regularity of spreading permafrost grounds in tundra and taiga geographical zones. Scientific papers characterizing the spread of permafrost grounds, limitations in nature usage connected with it, allows to take into consideration the most unstable landscapes in nature conservation, as well as most important territories of nature restoration.

ЛИТЕРАТУРА

Агрохимические методы исследования почв. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 556 с.

Алимова Ф.К. Trichoderma/Нурочреа (Fungi, Ascomycetes, Нурочреа-les): таксономия и распространение. Казань, 2005. 264 с.

Анненская Г.Н., Видина А.А., Жучкова В.К. и др. Морфологическая структура географического ландшафта. М.: Изд-во МГУ, 1962. 184 с.

Аникеев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: Просвещение, 1977. 128 с.

Аристовская Т.В., Худякова Ю.А. Методы изучения микрофлоры почв и ее жизнедеятельности // Методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1977. С. 241-286.

Арчегова И.Б. Эффективная система природовосстановления – основа перспективного природопользования на Крайнем Севере. Сыктывкар, 1998. 12 с. – (Науч. докл. / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 412).

Арчегова И.Б., Дегтева С.В., Евдокимова Т.В., Кузнецова Е.Г. Концепция природовосстановления нарушенных экосистем Севера // Республика Коми: экономическая стратегия вхождения в XXI век: Матер. науч. конф. Сыктывкар, 1996. С. 135-138.

Арчегова И.Б., Федорович В.А. Методологические аспекты изучения почв на современном этапе. Екатеринбург, 2003. 92 с.

Биогеоценологические исследования на сеяных лугах в восточно-европейской тундре / Под ред. И.Б. Арчеговой, Н.С. Котелиной. Л.: Наука, 1979. 192 с.

Быстрицкая Т.Л., Волкова В.В., Снакин В.В. Почвенные растворы чероземов и серых лесных почв. М.: Наука, 1981. 147 с.

Водный кодекс РФ (№ 74-ФЗ от 03.06.2006 г.).

ГОСТ 17.8.1.01-86 (СТ СЭВ 5303-85) Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения. М.: Гос.ком. СССР по стандартам, 1987. 10 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2007 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГУ «ТФИ РК». Сыктывкар, 2008. 152 с.

Дегтева С.В., Ипатов В.С. Сероольшаники северо-запада РСФСР. Л., 1987. 250 с.

Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока. Л.: Наука, 1986. 207 с.

Капелькина Л.П., Казаков Л.А. Лесная рекультивация в Заполярье // Лесное хозяйство, 1989. № 2. С. 27-29.

Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная пром-сть, 1981. 262 с.

Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Пройслер Т. и др. Воздействие полога ельника сложного на химический состав осадков // Лесоведение, 1998. № 1. С.50-59.

Куликова В.К. Выщелачивание элементов питания из крон деревьев в еловых и березово-еловых насаждениях Карелии // Лес и почвы. Красноярск, 1968. С. 288-295.

Кожевин П.А., Полянская Л.М., Звягинцев Д.Г. Динамика развития различных микроорганизмов в почве // Микробиология, 1979. Т. 48, №3. С. 490-494.

Ларин В.Б., Паутов Ю.А. Формирование хвойных молодняков на вырубках северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1989. 144 с.

Легенда Печорской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации. М 1 : 200000 (издание 2-е) / Составители С.Е. Симвалова, В.С. Зархидзе; Гл. ред. В.С. Зархидзе. Кн. 1. Объяснительная записка. Ухта, 1999. 206 с.

Легенда Печорской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации. М 1 : 200000 (издание 2-е) / Составители С.Е. Симвалова, В.С. Зархидзе; Гл. ред. В.С. Зархидзе. Кн. 2. Легенда Печорской серии. Ухта, 1999. 18 с.

Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М., 2000. 512 с.

Лесной кодекс РФ (№ 200-ФЗ от 04.12.2006 г., вступил в силу с 01.01.2007 г.).

Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях Севера. Екатеринбург: Уро РАН, 2006. 104 с.

Лосев К.С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. М., 2001. 400 с.

Лосев К.С., Мнакацянц Р.А., Дронин Н.М. Потребление возобновляемых ресурсов: экологические и социально-экономические последствия (глобальные и региональные аспекты). М., 2005. 157 с.

Маслов А.Д., Осадчая Н.В., Тумель Н.В., Шполянская Н.А. Основы геокриологии. Ухта, 2005. 176 с.

Милько А.А. Определитель мукообразных грибов. Киев: Наукова думка, 1974. 303 с.

Мина В.Н. Выщелачивание некоторых веществ атмосферными осадками из древесных растений и его значение в биологическом круговороте // Почвоведение, 1965. № 6.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. М., 2001. 264 с.

Морозова Р.М., Куликова В.К. Роль атмосферных осадков в круговороте азота и зольных элементов в еловых лесах Карелии // Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 143-149.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 1. Архангельская и Вологодская области, Коми АССР. Л.: Гидрометеоздат, 1989. Кн. 1. 483 с.

Нефедов Н.М., Шишкин Н.А. Лесные культуры и естественное возобновление в лесах европейского Севера // Вопросы лесоустройства и таксации лесов европейского Севера. Вологда, 1970. С. 21-37.

Никонов В.В., Лукина Н.В. Влияние ели и сосны на кислотность и состав атмосферных выпадений в северо-таежных лесах индустриально-развитого региона // Экология, 2000. № 2. С. 97-105.

Оберман Н.Г., Шеслер И.Г., Рубцов А.И. Экогеология Республики Коми и восточной части Ненецкого автономного округа. Сыктывкар, 2004. 256 с.

Ополовнин П.А., Арчегова И.Б., Антонов Н.А. Освоение тундровых земель // Земледелие, 1976. № 8. С. 38-40.

Осадчая Г.Г. Ресурсный потенциал криолитозоны Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения: Матер. междунар. конф. Тюмень, 2008. С. 255-258.

Осадчий В.В., Осадчая Г.Г. Современная мерзлота южной криолитозоны Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения: Матер. междунар. конф. Тюмень, 2008. С. 258-261.

Панюков А.Н., Котелина Н.С., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера. Екатеринбург, 2005. 120 с.

Парфенов В.И. Адаптация видов растений на границах равнинных ареалов умеренной зоны // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб.: СПбГУ, 1998. С. 99-106

Патент № 2094414, Россия, МКИ³6С05F 11/08. Способ получения органического удобрения / И.Б. Арчегова, М.Ю. Маркарова, О.В. Громова; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 95109546/13(016491); заявл. 07.06.95; опубл. 27.10.97. Бюл. № 30.

Патент № 2099917, Россия, МКИ³6А01С1/06. Способ получения гранулированного удобрительно-посевого материала / И.Б. Арчегова, М.Ю. Маркарова, О.В. Громова ; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 95119018/13; заявл. 09.11.95; опубл. 27.12.97. Бюл. № 36.

Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР. Л.: Наука, 1981. 200 с.

Поздняков Л.Н. О роли осадков, проникающих под полог леса в процессе обмена веществом между лесом и почвой // ДАН СССР, 1956. Т. 107. № 5.

Полевая геоботаника. М.-Л.: Наука, 1964. 532 с.

Пономарева В.В. Лес как элювиально устойчивый тип растительности // Бот. журн., 1970. Т. 55. № 11. С. 1585-1595.

Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука, 1980. 222 с.

Посттехногенные экосистемы Севера. СПб.: Наука, 2002. 160 с.

Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера. Л.: Наука, 1976. 130 с.

Пристова Т.А. Роль атмосферных осадков в биологическом круговороте азота и зольных элементов лиственно-хвойного насаждения средней тайги / 14-я Коми республ. молод. науч. конф.: Тез. докл. Сыктывкар, 2000. С. 177.

Пристова Т.А. Кислотность и химический состав почвенных вод иллювиально-железистого подзола лиственно-хвойного насаждения средней тайги. Сыктывкар, 2005. 28 с. – (Науч. докл. / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 468).

Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. 296 с.

Ребристая О.В. Флора востока Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1977. 334 с.

Региональное природопользование / Отв. ред. А.П. Капица. М.: Изд-во МГУ, 2003. 307 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 453 с.

Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., 1994. 367 с.

Рекультивация земель на Севере. Рекомендации по рекультивации земель на Крайнем Севере. Сыктывкар, 1997. Вып 1. 34 с.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1965. 252 с.

Родин Л.Е., Ремизов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1967. 145 с.

Система ведения сельского хозяйства Коми АССР. Т. 1. Система интенсивного ведения земледелия. Сыктывкар, 1983. 148 с.

Снакин В.В., Пристяжная А.А., Рухович О.В. Состав жидкой фазы почв. М., 1997. 325 с.

Состояние изученности природных ресурсов РК. Сыктывкар: МИР, 1997. 200 с.

Стурман В.И. Экологическое картографирование. Ижевск, 2000. 260 с.

Стрелкова А.А. Процессы миграции веществ с природными водами / Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 150-161.

Судаков Н.М. Посев и посадка леса на нераскорчеванных вырубках. Сыктывкар, 1969. 85 с.

Тетерюк Б.Ю., Громова О.В., Арчегова И.Б. Динамика формирования основных структур экосистемы на интенсивном этапе рекультивации // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов европейского северо-востока России. Сыктывкар, 1996. С. 70-79. – (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 149).

Титлянова А.А. Химический элементный состав фитоценозов // Структура, функционирование и эволюция систем биогеоценозов Бары. Новосибирск, 1974. Т. 1.

Федеральный закон «О животном мире» (№ 52-ФЗ от 24.04.1995 г.).

Федорец Н.Г., Соколов А.Н., Шильцова Г.В. и др. Начальные стадии формирования биогеоценозов на техногенных землях европейского Севера. Петрозаводск: Кольский НИЦ РАН, 1999. 74 с.

Хантимер И.С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л.: Наука, 1974. 227 с.

Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Притундровые леса Европейской части России. Архангельск, 1998. 144 с.

Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1964. 447 с.

Экологические основы восстановления экосистем на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 79 с.

Эколого-биологические основы повышения продуктивности таежных лесов европейского Севера. Л.: Наука, 1981. 232 с.

Эколого-фитоценологические процессы при залужении тундры / И.Б. Арчегова, Л.К. Грунина, Н.С. Котелина и др. // Сообщества Крайнего Севера и человек. М.: Наука, 1985. С. 91-115.

Юдин Ю.П. Геоботаническое районирование // Производительные силы Коми АССР. М.-Л., 1954. Т. 3. Ч. 1. С. 323-359.

Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // *Arctoa*, 1992. № 1. P. 1-85.

Santesson R. The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. Lund (Sweden), 1993. 240 p.

Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi. 8th ed. / Eds. D.L. Hawksworth et al. CABI Bioscience, 1995. 540 p.

Ramirez C. Manual and atlas of the *Penicillia*. Amsterdam-N.-Y.-Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. 874 p.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
И ПРИРОДОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА СЕВЕРЕ

*Рекомендовано к изданию ученым советом
Института биологии Коми НЦ УрО РАН*

Редактор Т.В. Цветкова
Оригинал-макет Е.А. Волкова
Графический дизайн Р.А. Микушев

Лицензия № 19-32 от 26.11.96 г. КР 0033 от 03.03.97 г.

Компьютерный набор. Подписано в печать 28.12.2009. Формат 60×90^{1/16}.
Бум. офсетная. Усл. печ. л. 11.0. Уч.-изд. л. 11.0. Тираж 200. Заказ 52(09).

Информационно-издательский отдел Института биологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28