УДК 631.4:502.171(470.13)

Развитие теоретических и практических аспектов процесса восстановления нарушенных земель на севере Республики Коми

© 2014. И. А. Лиханова, к.б.н., н.с., И. Б. Арчегова, д.б.н., в.н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

Проведён анализ литературы по проблеме восстановления нарушенных земель Республики Коми. Показано, что с 80-х гг. XX века идёт активная разработка практических приёмов биологической рекультивации разнообразных типов техногенных нарушений тундровой и севера таёжной зон с учётом их биоклиматических условий. Детально разработаны приёмы создания травянистых экосистем на нарушенных землях. Подобран ассортимент многолетних трав, предложены оптимальные нормы их высева и система ухода. Даны рекомендации по восстановлению нефтезагрязнённых земель. Особое внимание уделено микробиологической очистке от остаточного нефтезагрязнения с помощью выделенных эффективных штаммов микроорганизмов-нефтедеструкторов.

Разработка практических приёмов рекультивации нарушенных земель позволила в 1996 г. создать новую теоретическую базу процесса восстановления нарушенных земель – концепцию природовосстановления. В рамках концепции разработаны двухэтапная схема практических приёмов природовосстановления и оптимизированная технология восстановления лесных экосистем.

The literature sources on the problem of disturbed lands restoration in the Komi Republic (Russia) have been reviewed. Development of empirical methods on biological recultivation of various technogenically disturbed lands from the tundra and north taiga zones was initiated in the end 80-ies of the former century and is in progress nowadays. We have created techniques on grassy ecosystems development at disturbed lands using a series of particular perennial grasses to be sown and cared after according to certain rules. There are some recommendations on oil-polluted lands restoration. Special attention is paid to microbiological purification of lands from residual oil pollution using isolated efficient stems of oil destructing microorganisms.

Development of empirical methods on disturbed lands recultivation allowed for a new theoretical basis of disturbed lands restoration, i.e. nature restoration conception, in 1996. Nature restoration is an activity aimed at an accelerated restoration of technogenically disturbed nature ecosystems of the North accounting for specific climatic conditions and traditional local economy. The conception includes a two-stage scheme of practical nature restoration techniques and an improved technique of forest ecosystems restoration.

Ключевые слова: нарушенные земли, биологическая рекультивация, практические приемы восстановления, концепция природовосстановления.

Keywords: disturbed lands, biological recultivation, practical restoration techniques, nature restoration conception.

Одним из крупных регионов на Европейском Севере России, богатым запасами топливно-энергетических и минеральных ресурсов, является Республика Коми. Промышленное освоение природных ресурсов региона активизировалось во второй половине XX века. Разработка крупных месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, Печорского угольного бассейна, рудных месторождений Тимана и Урала происходит в наиболее уязвимых к антропогенному влиянию подзонах южной кустарниковой тундры, северной и южной лесотундры, крайнесеверной и северной тайги. Суровые климатические условия, усложнённые наличием на небольшой глубине вечномерзлых пород, обусловливают своеобразие строения почвы природных экосистем. Оно проявляется в резком сокращении «зоны жизни», ограниченной мощностью продуктивного (биологически активного) слоя, практически представляющего собой моховую подстилку толщиной 10–15 см, в которой аккумулированы элементы питания и корни растений. Специфика строения почвы природных экосистем определяет высокую степень уязвимости их к антропогенным (техногенным) нарушениям и длительный период самовосстановления. Техногенное воздействие приводит к уничтожению растительного покрова и маломощного плодородного (органогенного) слоя почвы, к обнажению биологически инертной, низкопродуктивной минеральной части профиля. При этом меняются гидротер-

мические условия, развивается ускоренная эрозия и другие негативные процессы, увеличивающие нарушенную площадь.

Особенности природной среды определяют необходимость ускорения восстановительного процесса на посттехногенных территориях. Разработка приёмов восстановления нарушенных земель была начата более 100 лет назад в европейских странах. Развитие исследований в данном направлении привело к образованию новой научной дисциплины – рекультивации [1]. Рекультивация – это комплекс работ, направленный на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшение условий окружающей среды [2]. Выделяют два этапа рекультивации земель: технический и биологический. Осуществляемый после технического биологический этап включает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель. Технологии рекультивации земель в нашей стране были обобщены в ряде официальных документов – ГОСТ 17.5.1.01-78; ГОСТ 17.5.3.04-83; ГОСТ 17.5.3.05-84; ГОСТ 17.5.3.06-85 и др., ориентированных в основном на земледельческие районы.

В Республике Коми до 1970-х годов работы по рекультивации нарушенных земель не проводились [3]. Систематические данные о динамике площадей нарушенных земель за этот период в опубликованных источниках нами не найдены. Только в последней трети XX века в Республике Коми начались систематический учёт нарушенных промышленным воздействием земель и исследования по их рекультивации.

К началу 1990-х годов площадь нарушенных земель достигала 3,5-4 тыс. га, площадь рекультивированных земель была близка к площади нарушенных (рис. 1). При этом нередко рекультивационные работы ограничивались проведением только первого, т. е. технического этапа [4–6]. Биологический этап зачастую не проводился, так как считалось приемлемым оставлять нарушенные земли на самозарастание. Однако, как уже отмечалось, этот процесс в северных регионах Республики Коми происходит очень медленно. С 1990-х годов количество нарушенных и рекультивированных земель снижалось, что было связано с перестройкой экономики в стране.

Высокие темпы нарушения земель Республики Коми в 1980-е годы прошлого столетия послужили толчком к началу изучения приёмов их восстановления. Первые исследования по применению приёмов рекультивации нарушенных земель в подзонах крайнесеверной и северной тайги Республики Коми были проведены сотрудниками Сыктывкарского государственного университета Н. П. Акульшиной и Н. Н. Лобовиковым [8]. В целях восстановления земель, лишённых почвенно-растительного покрова в ходе строительства трассы нефтепровода Возей–Уса–Ухта, ими предложено использовать метод гидропосева. Состав гидросмеси в расчёте на 1 га площади включал 3000–5000 кг воды, 400–600 кг скопа (отход лесопромышленного комплекса), 150 кг

Рис. 1. Динамика площадей земель нарушенных и рекультивированных за год, тыс. га [7].

нитроаммофоски и семена трав районированных сортов и/или местных популяций овсяницы луговой и красной, мятлика лугового, лисохвоста лугового, арктофилы рыжеватой, канареечника тростниковидного, полевицы гигантской, клевера ползучего и лугового. Норма высева травосмесей в зависимости от входящих в неё видов варьировала, но не превышала 40 кг/га, на склонах норма высева обычно увеличивалась втрое. На песчаные техногенные пустоши рекомендовано возвращать биологически активный поверхностный слой почвы или наносить торф, ил слоем толщиной 10–15 см. На основе обобщения проведённых исследований были разработаны методические указания по технологии биологической рекультивации нарушенных земель [9]. В них выделены четыре категории земель по степени нарушенности почвенно-растительного покрова и способности их к самозарастанию, т.е. по степени экологической опасности участка. Соответственно этим категориям определялась интенсивность рекультивационных работ. Проведённые исследования, несомненно, способствовали дальнейшему развитию научных основ поддержания экологической устойчивости региона при продолжающемся росте промышленной добычи угля, нефти и газа.

Параллельно в этот же период проводились исследования Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН под руководством одного из авторов данной статьи – И.Б. Арчеговой в подзоне южной тундры (Воркутинский промышленный район) [20]. На нарушенных тундровых землях был испытан посев местных видов трав при внесении удобрений – как основного агротехнического приёма рекультивации. В связи с тем что в процессе биорекультивации на Крайнем Севере необходимо ускорение темпов восстановления продуктивности практически безгумусного биологически инертного минерального субстрата, исследовали эффективность использования нетрадиционных материалов. Был применён биологически активный удобрительно-посевной гранулированный материал (БАГ), изготовленный по специально разработанной технологии из гидролизного лигнина (отхода целлюлозно-бумажного производства) в смеси с другими органическими и неорганическими удобрениями и семенами (патент № 2099917). С целью улучшения азотного питания выращиваемых растений семена многолетних трав перед заделкой в гранулы обрабатывали микробиологическим комплексом азотфиксирующих бактерий, полученных из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). В ходе исследований выявлены многолетние травы, адаптированные к условиям тундровой зоны и пригодные для целей рекультивации: мятлик луговой, лисохвост луговой, бекмания обыкновенная, арктагростис широколистный, арктофила рыжеватая, луговик северный. Норма высева – до 10 кг/га. Рекомендовалось внесение комплексного минерального удобрения в дозе 45–90 кг/га действующего вещества (д.в.) каждого компонента. Уход за рекультивированной площадью включал ежегодную (не менее трех лет) подкормку трав азотным или комплексным удобрением в дозе 45–60 кг д.в./га каждого компонента. Подчеркивалось, что оценка качества рекультивации целесообразна не ранее, чем на второй-третий год после посева трав. В качестве основного критерия сдачи участка предлагалось использовать проективное покрытие трав, которое должно быть не менее 70% [10].

В конце 1980-х годов сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН С. В. Дегтевой и Г. А. Симоновым на территории Кожимского месторождения золота были заложены опыты по биологической рекультивации отвалов после проведения горнотехнического этапа. Результаты полевых экспериментов показали, что посевы местных видов трав кондиционной всхожести (мятлика лугового, овсяницы красной и овечьей, костреца безостого, канареечника тростниковидного, щучки дернистой) при норме высева семян до 20 кг/га и дозе внесения минеральных (преимущественно азотных) удобрений 20–40 кг д.в./га при создании посевов, до 45 кг д.в./га – при ежегодной подкормке обеспечивают через 3-4 года формирование агроценозов с общим проективным покрытием до 65% и достижение противоэрозионного эффекта (закрепление субстрата) [11, 12].

Особого внимания требовали нефтезагрязненные земли. Первые работы по рекультивации нефтезагрязнённых земель в Усинском районе, на территории Возейского месторождения нефти, выполнила Л. В. Чалышева совместно с В. П. Гладковым и З. Г. Гардиевской [13]. Параллельно велись исследования сотрудниками отдела геоботаники и рекультивации Института биологии Коми НЦ УрО РАН (И. Б. Арчеговой, Т. В. Евдокимовой, Н. С. Котелиной, Е. Г. Кузнецовой, М. Ю. Маркаровой, Л. П. Турубановой) на территории сложного в экологическом отношении Усинского нефтяного месторождения.

На основе исследований подготовлено методическое пособие «Рекультивация земель на Севере» [14]. В 1997 г. по материалам пособия опубликованы Рекомендации по рекультивации земель на Крайнем Севере [15], в которых описаны мероприятия технического и биологического этапов, приведены необходимые технические средства для выполнения рекультивации, особое внимание уделено аварийным ситуациям при добыче и транспорте нефти. На нефтезагрязнённых участках после завершения механической очистки должен следовать процесс интенсивной доочистки, включающий регулярную обработку микробиологическим препаратом, внесение органических и минеральных удобрений. Перед проведением биорекультивации уровень остаточного загрязнения нефтью не должен быть выше 3%. В типовой схеме работ биологического этапа предусмотрены: подготовка субстрата перед посевом трав (внесение и заделка компоста из торфа и навоза (30 т/га), прикатывание субстрата), внесение минеральных удобрений (60–90 кг д.в./га по азоту, фосфору и калию), посев трав без заделки семян (норма высева10–20 кг/га). Возможно использование БАГ. Для рекультивационных работ пригодны мятлик луговой, лисохвост луговой и тростниковидный, бекмания обыкновенная, овсяница красная, луговик северный, волоснец сибирский, регнерия волокнистая, арктофила рыжеватая, арктополевица широколистная, овсяница овечья, канареечник тростниковидный. На склонах и песчаных субстратах посев трав целесообразно сочетать с посадкой черенков ив. До достижения 60–70% проективного покрытия трав ежегодно вносят азотные или комплексные удобрения (45–60 кг д.в./га каждого компонента).

Крупная авария 1994 года на нефтепроводе «Возей-Головные сооружения» (Усинский район) послужила толчком к активизации работ по исследованию микробиологических препаратов для очистки вод и почв от нефтезагрязнений. В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН был разработан и испытан препарат МУС-1 [18]. В дальнейшем усовершенствованный микробиологический препарат «Универсал», показавший высокую эффективность, был рекомендован для применения [19, 20].

Результатом исследований по микробиологической очистке нефтезагрязненных почв и вод стала технология очистки нефтезагрязнённых природных объектов с помощью биосорбентов (авторы И. Б. Арчегова, Ф. М. Хабибуллина, А. А. Шубаков, Г. М. Тулянкин, Ю.С. Жучихин и др.). Биосорбент представляет собой гидрофобный нефтяной сорбент из торфа низкотемпературной термической обработки с иммобилизованными специально подобранными штаммами углеводородокисляющих микроорганизмов и их ассоциаций [21]. Биосорбент обладает высокой нефтеёмкостью. Применение биосорбента обеспечивает сбор нефти и деструкцию сорбированных нефтепродуктов. Гидрофобные свойства позволяют использовать биосорбент как на почвах, так и на водных поверхностях. Длительные опыты (лабораторные и полевые) показали, что в течение довольно короткого вегетационного периода на Севере достигается практически полная очистка нефтезагрязнённой почвы (при среднем уровне её загрязнения). После промораживания активность иммобилизированных микроорганизмов остается высокой, что позволяет использовать биосорбенты в зимний период. Внесение биосорбента способствует активизации аборигенного микробного сообщества.

С 1995 года детальной разработкой приёмов локализации аварийных разливов нефти и очистки нефтезагрязнённых земель и водных поверхностей занимались сотрудники Научно-исследовательского проектно-изыскательского института «Комимелиоводхозпроект» под руководством Г.Н. Ерцева. В 2001 году был подготовлен «Регламент по приёмке нарушенных и загрязнённых нефтью земель после проведения восстановительных работ» [17]. Приведённые в нём расчётные ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефти в грунтах после проведения восстановительных работ служили практическими критериями для возвращения в хозяйственный оборот восстановленных объектов. Системные исследования по ликвидации последствий аварийных разливов нефти привели к разработке требований к технологиям рекультивации загрязнённых нефтью земель в условиях Севера [16], в которых были определены основные мероприятия по технической и биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель.

Расширение объёмов практических разработок по рекультивации нарушенных земель на Севере выявляло недостаточность традиционного представления о рекультивации для условий Севера. Как впервые отмечается в книге «Биологическая рекультивация на Севере» [22], смыслом биорекультивации на Крайнем Севере является ускоренное природовосстановление, то есть восстановление

вторичной природной экосистемы. Подходы и приёмы рекультивации, разработанные для территорий с более мягким климатом и развитым земледелием, не являются приемлемыми для условий Севера. Они должны быть адаптированы для конкретных биоклиматических условий и концептуально обоснованы. В качестве основы нового методологического подхода к восстановлению нарушенных земель заложен принцип системности. С его позиций любая экосистема является целостным образованием трёх взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов – растительности, зоомикробного комплекса и почвы. Главным механизмом, обеспечивающим устойчивое функционирование экосистемы, является биологический оборот органического (растительного) вещества, замыкающийся в почве и обеспечивающий стабильное воспроизводство растительного сообщества. Для восстановления разрушенных техногенным воздействием экосистем требуются комплексные мероприятия, направленные на одновременное восстановление всех её компонентов.

На базе принципов системности и адаптивности была создана под руководством И.Б. Арчеговой концепция природовосстановления [23, 24]. Природовосстановление – деятельность, направленная на ускоренное восстановление разрушенных техногенным воздействием природных экосистем Севера, максимально соответствующих по типу разрушенным, с учётом специфики климатических условий и типа традиционного хозяйства коренного населения. В рамках концепции разработана схема практических приёмов, включающая 2 этапа. На первом этапе, интенсивном, в короткие сроки (3–5 лет) с применением базового приёма – посева местных многолетних трав по фону органических и минеральных удобрений – формируется травянистая экосистема и биогенно-аккумулятивный (новый плодородный) слой почвы. При загрязнении нарушенной территории нефтью на этом же этапе используют дополнительные специальные биологические приёмы (внесение микробиологических препаратов, биосорбентов). Основным критерием завершения интенсивного этапа является формирование травянистого сообщества с общим проективным покрытием растений не менее 70% и морфологически оформленной почвой, характерной для луговых экосистем. Таким образом, на интенсивном этапе происходит ускорение восстановительного процесса за счёт исключения первой инициальной (пионерной) сукцессионной стадии путём создания более продвинутой стадии – сомкнутого травянистого сообщества. На втором этапе, «ассимиляционном», агрорежим снимается, и в процессе самовосстановительной сукцессии сформированная на первом этапе травянистая экосистема постепенно замещается лесной или тундровой. Эффективность применения схемы природовосстановления в условиях севера таёжной и тундровой зон Республики Коми подтверждена применением на практике [10, 25– 27].

В рамках концепции природовосстановления разработана и с положительным эффектом испытана нами оптимизированная технология восстановления лесных экосистем [28, 27]. В противовес традиционной лесной рекультивации, сконцентрированной на восстановлении только древесного яруса, она направлена на восстановление лесной экосистемы как целостного единства основных её компонентов. Показано, что эффективность восстановления лесной экосистемы на нарушенных землях севера таёжной зоны достигается сочетанием агроприёмов интенсивного этапа (внесение удобрений, посев многолетних трав) с посадкой крупномерных саженцев сосны обыкновенной, берёзы пушистой, лиственницы сибирской, высаживаемых с комом земли, что обеспечивает высокую приживаемость древесных растений, их активный рост при одновременном развитии травянистого покрова, обеспечивающего закрепление техногенного субстрата и формирование почвы, как компонента лесной экосистемы. Таким образом, агротехническими приёмами достигается ускорение не только стадии формирования травянистого сообщества, но и стадии замещения травянистого сообщества лесным.

Итак, интенсификация добычи недроресурсов в Республике Коми, произошедшая в XX веке, привела к росту нарушенных земель. Суровые природные климатические условия, определившие высокую степень уязвимости экосистем к техногенным воздействиям и медленное самовосстановление растительности и почв, требовали разработки специальных приёмов, ускоряющих восстановительный процесс на нарушенных природных объектах. С 80-х гг. XX века в тундровой и на севере таёжной зон Республики Коми начинается активная разработка практических приёмов биологической рекультивации с учётом специфики биоклиматических условий Севера и потребностей традиционного хозяйствования. Исследователями подобран

ассортимент многолетних трав, технологии их посева и ухода. Даны детальные рекомендации по восстановлению нефтезагрязнённых земель. Особое внимание уделено микробиологической очистке от остаточного нефтезагрязнения с помощью выделенных эффективных штаммов микроорганизмов-нефтедеструкторов.

Разработка практических приёмов биологической рекультивации привела к формированию новой теоретической базы процесса восстановления нарушенных земель – концепции природовосстановления. На её основе разработана двухэтапная схема практических приёмов восстановления разрушенных техногенным воздействием экосистем. Принципиальной целью природовосстановления является ускоренное восстановление природного (вторичного) биогеоценоза, максимально соответствующего ненарушенному, что способствует сохранению целостности биосферы с присущим ей биоразнообразием как системы высшего порядка. Иными словами, термин означает содействие ускорению природных процессов (первых этапов восстановительной сукцессии), которые без вмешательства человека протекают длительное время. В схеме природовосстановления впервые в единую систему объединён весь цикл восстановления до конечной его цели – вторичной экосистемы, близкой к зональному типу. Природовосстановительные мероприятия должны вести к восстановлению экосистемы в полном объёме (а не отдельных её компонентов), соответствовать конкретным географическим зональным природным условиям, поддерживать развитие традиционных форм хозяйствования населения.

Природовосстановление рассматривается в контексте проблем природопользования и не может быть отделено от него. Природопользование и природовосстановление представляют собой два блока системы, определяемой традиционно как «человек – природа». Система тогда непротиворечиво развивается, когда оба названных блока сбалансированы, то есть неизбежные в процессе потребления природных ресурсов нарушения природной среды уравновешиваются адекватным восстановлением нарушенных экосистем.

Работа выполнена при поддержке Правительства Республики Коми и РФФИ, проект № 3-04-98818 «Ускоренное восстановление лесных экосистем на посттехногенных территориях таёжной зоны Республики Коми».

Литература

1. Уоллворк К. Нарушенные земли. М.: Прогресс, 1979 . 269 с.

2. Краткий толковый словарь по рекультивации земель / Отв. ред. С. С. Трофимов, Л. В. Моторина. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1980. 34 с.

3. Спирягин В.И. Социально-экономическая эффективность природоохранных мероприятий в Коми АССР // Эколого-экономические аспекты природопользования на европейском северо-востоке СССР. Сыктывкар, 1990. С. 25–34. (Труды Коми НЦ УрО АН СССР, №111).

4. Охрана окружающей среды в Коми АССР // Стат. сб. Сыктывкар: Госкомстат, 1991. 180 с.

5. Охрана окружающей среды Республики Коми в 1995 г. // Стат. сб. Сыктывкар: Госкомстат РК, 1996. 76 с.

6. Государственные доклады о состоянии окружающей природной среды Республики Коми за 1992 – 2010 гг.

7. Статистический ежегодник Республики Коми. Сыктывкар: Комистат, 2008. С. 29.

8. Акульшина Н.П., Лобовиков Н.Н., Менгалимов Х.Я. Опыт фитомелиорации эродированных почвогрунтов на трассе магистрального нефтепровода Возей–Уса–Ухта // Растительные ресурсы. 1981. Т. XVII. Вып. 2. С. 175–183.

9. Лобовиков Н.Н., Акульшина Н.П. Технология биологической рекультивации нарушенных земель на Европейском Севере. Сыктывкар, 1990. 14 с.

10. Восстановление земель на Крайнем Севере. Сыктывкар, 2000. 152 с.

11. Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар, 1994. 167 с.

12. Дегтева С.В., Симонов Г.А. Рекультивация земель на Севере. Вып. 2. Фиторекультивация отвалов отработанных россыпей в условиях Приполярного Урала. Сыктывкар. 1995. 40 с.

13. Чалышева Л.В., Гладков В.П., Гардиевская З.Г. Естественное зарастание нефтезагрязенных земель и опыт их рекультивации в условиях Севера // Эколого-экономические аспекты природопользования на Европейском Северо-Востоке. Сыктывкар, 1990. С.74-82. (Тр. Коми НЦ УрО РАН, № 114).

14. Рекультивация земель на Севере (методическое пособие). Сыктывкар, 1994. 36 с.

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

16. Требования к технологиям рекультивации загрязненных нефтью земель в условиях Севера. Сыктывкар, 2004. 134 с.

17. Регламент по приемке нарушенных и загрязненных нефтью земель после проведения восстановительных работ. Сыктывкар. 2001. 32 с.

18. Маркарова М.Ю., Арчегова И.Б., Полшведкин В.В. Микробиологическая очистка загрязненных нефтью водоемов и резервуаров // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. Вып. 6. С. 343–348.

19. Маркарова М.Ю. Опыт применения биопрепарата «Универсал» для рекультивации нефтезагрязненных земель // Экологические работы на месторождениях нефти тимано-печорской провинции. Матер. III науч.-практ. конф. Ухта. 2004. С. 229–233.

20. Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса. Часть 1. Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми. Сыктывкар. 2006. 208 с.

21. Экологические основы оптимизированной технологии восстановления нефтезагрязненных природных объектов на Севере. Сыктывкар, 2007. 140 с.

22. Биологическая рекультивация на Севере (вопросы теории и практики). Сыктывкар. 1992. 104 с.

23. 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.

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

25. Посттехногенные экосистемы Севера. СПб.: Наука. 2002. С. 159.

26. Экологические основы восстановления экосистем на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 80 с.

27. Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере. Сыктывкар, 2009. 176 с.

28. Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Восстановление лесных экосистем на антропогенно нарушенных территориях подзоны крайнесеверной тайги европейского северо-востока России. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 103 с.