

Нетрадиционный подход к решению проблемы восстановления нарушенных экосистем на Севере

© 2022. И. А. Лиханова, к. б. н., н. с., Е. Г. Кузнецова, к. б. н., с. н. с.,
Е. М. Лаптева, к. б. н., зав. отделом почвоведения,
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

Работа посвящена проблеме восстановления нарушенных земель Севера в рамках концепции ускоренного «природовосстановления». В отличие от традиционной рекультивации, направленной на возврат нарушенных земель в хозяйственное пользование, целью «природовосстановления» является восстановление зональных экосистем. Концепция опирается на принцип системности (взаимообусловленности и взаимосвязанности компонентов экосистемы) и представление о самовосстановлении экосистемы как сукцессионном процессе. Состав и структура растительного сообщества служат интегральным показателем состояния экосистемы и её динамического статуса. На основе концепции создана и в дальнейшем доработана двухстадийная система практических приёмов управляемого «природовосстановления», предложена структура технологической карты (схемы) восстановительных работ. В технологической карте предусмотрен научно обоснованный алгоритм восстановления зональных экосистем (или близких к ним) с учётом разного типа нарушений в условиях тундровой и таёжных зон Республики Коми. Разработка карты даёт возможность стандартизировать работы по восстановлению экосистем и избежать ошибок при их проведении. В северных регионах концепция «природовосстановления» и её практическое воплощение являются альтернативой традиционной рекультивации.

Ключевые слова: Север, Республика Коми, нарушенные экосистемы, рекультивация, концепция природовосстановления, технологическая карта.

An unconventional approach to solving the problem of restoring damaged ecosystems in the North

© 2022. I. A. Likhanova ORCID: 0000-0001-8781-4768*
E. G. Kuznetsova ORCID: 0000-0002-9212-4056*
E. M. Lapteva ORCID: 0000-0002-9396-7979*
Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: likhanova@ib.komisc.ru

The work is devoted to the problem of disturbed lands recovering in the north-east of the European part of Russia, where an intensive development of natural resources in recent decades has been made. The specialists of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences have developed the concept of accelerated “nature restoration” taking into account the natural conditions of the northern territories. Nature restoration is a system of similar to zonal ecosystems restoration approaches in the disturbed territories. The concept is based on the system principles (interrelations of the ecosystem components) and the concept of self-recovering ecosystems as succession process. The composition and structure of the plant community are used as an integral indicator of the state and dynamic status of the ecosystem. Based on the concept, we developed two-stage system of practical approaches of controlled “nature restoration”. At the first stage (“intensive”), an artificial ecosystem is created using the agro-technical methods. At the second stage (“assimilation”), the ecosystem is replaced by the zonal type during the managing succession process. Based on the concept and “nature restoration” scheme, we prepared the structure of technological scheme of restoration. It includes a scientifically based algorithm for the restoration of zonal ecosystems (or those close to them), taking into account different types of disturbances in the tundra and taiga zones of the Komi Republic. The scheme consists of three main interrelated sections. Based on the section 1, an accelerated succession scheme is being developed, measures are formulated for the technical and biological stages of the “intensive” stage (Section 2), which

depend on the bioclimatic conditions of the area, the characteristics of soils, the level and degree of their disturbance (pollution), and the regenerative capabilities of the ecosystem. Section 3 includes the monitoring of a restored ecosystem and the managing a succession process in order to fastest inclusion of the post-technogenic ecosystem to the biosphere dynamics. In the northern regions, the concept of “nature restoration” and its practical implementation are an alternative to traditional recultivation.

Keywords: North, Komi Republic, disturbed ecosystems, recultivation, nature restoration concept, technological map.

Рост добычи полезных ископаемых в мире, сопровождаемый увеличением площади нарушенных земель, обуславливает актуальность разработки эффективных приёмов восстановления экосистем на посттехногенных территориях. В настоящее время ведутся многочисленные исследования по созданию технологий, максимально стимулирующих восстановительный процесс, с учётом специфики добывающей промышленности конкретной территории и её природных условий [1–3]. Особого внимания требует проблема восстановления нарушенных земель на Севере [4]. Это объясняется низкой устойчивостью северных биогеоценозов к техногенному воздействию, что определяет быстрое разрушение природных экосистем под влиянием человеческой деятельности. Их низкий самовосстановительный потенциал усиливает негативный эффект промышленного освоения. В связи с выполнением северными экосистемами биосферных функций (продукционные, средозащитные и др.) особенно важной становится задача ускорения восстановления нарушенных территорий. Цель работы – разработать структуру типовой технологической карты для таёжной и тундровой зон северо-востока европейской части России.

Интенсивное освоение минеральных и топливно-энергетических ресурсов в Республике Коми вызывает существенный антропогенный прессинг на таёжные и тундровые экосистемы. Разработка крупных месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, Печорского угольного бассейна, рудных месторождений Тимана и Урала обуславливает наибольшую долю нарушенных земель в городских округах Воркута (южная тундра), Инта, Усинск (южная тундра, предтундровые редколесья, северная тайга), Ухта (северная и средняя тайга), муниципальном районе Печора (северная тайга) (рис.). На территории южных районов воздействие на природные экосистемы связано в основном с активным использованием лесных ресурсов. Разнообразие биоклиматических условий республики и типов нарушений определяет необходимость разработки различных комплексов приёмов восстановления посттехногенных территорий.

Развитие технологий рекультивации нарушенных земель в Республике Коми

Принятие ряда документов, предусматривающих необходимость рекультивации нарушенных земель, в том числе «Основных положений по восстановлению земель, на-

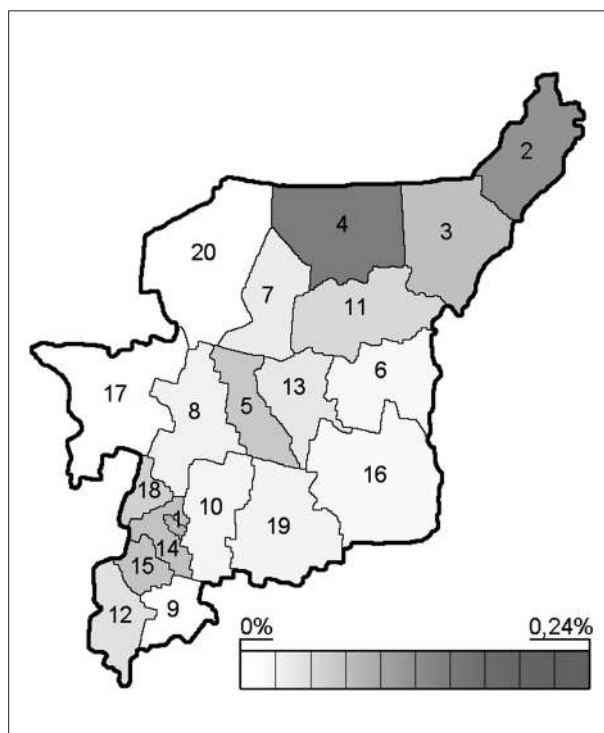


Рис. Доля нарушенных земель в площади муниципальных образований Республики Коми по состоянию на 2018 г. [5]. Городские округа:

1 – Сыктывкар, 2 – Воркута, 3 – Инта,
4 – Усинск, 5 – Ухта, 6 – Вуктыл.

Муниципальные районы: 7 – Ижемский,
8 – Княжпогостский, 9 – Койгородский,
10 – Корткеросский, 11 – Печора,
12 – Прилузский, 13 – Сосногорск,
14 – Сыктывдинский, 15 – Сысольский,
16 – Троицко-Печорский, 17 – Удорский,
18 – Усть-Вымский, 19 – Усть-Куломский,
20 – Усть-Цилемский

Fig. The share of undisturbed lands in the area of municipalities in the Komi Republic according to 2018 [5]. Urban districts: 1 – Syktyvkar, 2 – Vorkuta, 3 – Inta, 4 – Usinsk, 5 – Ukhta, 6 – Vuktyl. Municipal districts: 7 – Izhemsky, 8 – Knyazhpogostsky, 9 – Koygorodsky, 10 – Kortkerossky, 11 – Pechora, 12 – Priluzsky, 13 – Sosnogorsk, 14 – Syktyvdinsky, 15 – Sysolsky, 16 – Troitsko-Pechorsky, 17 – Udorsky, 18 – Ust-Vymsky, 19 – Ust-Kulomsky, 20 – Ust-Tsilemsky

рушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геолого-разведочных, строительных и иных работ», введённых в действие с 1 января 1972 г., послужило толчком для начала систематического учёта нарушенных промышленным воздействием земель в Коми АССР и проведения исследований по проблеме их восстановления.

Попытки использовать на территории Республики Коми принципы и приёмы рекультивации, разработанные для южных районов страны с развитым земледелием и изложенные в государственных стандартах (ГОСТ 17.5.1.01-78, ГОСТ 17.5.3.04-83, ГОСТ 17.5.3.05-84, ГОСТ 17.5.3.06-85), оказались неэффективными, так как они не учитывали специфику почвенных и биоклиматических условий региона. Нуждались в существенном изменении способы улучшения субстрата и ассортимент видов растений для рекультивации.

В 1980-е гг. начались исследования, продолжившиеся в дальнейшем, по подбору многолетних трав, использованию нетрадиционных посевных материалов и агротехнике создания травостоев на нарушенных землях Республики Коми [6–10]. Проводились работы по созданию технологий рекультивации нефтезагрязнённых земель в условиях Севера [11–15], был подготовлен «Регламент по приёме нарушенных и загрязнённых нефтью земель после проведения восстановительных работ» [16]. С 2000 г. начали проводиться исследования по оптимизации процесса восстановления нарушенных лесных экосистем, который заключался в посадке лесных культур с применением одновременно дополнительных приёмов улучшения техногенного субстрата (внесение удобрений, посев трав) [17]. Был предложен ассортимент древесных пород, выявлена целесообразность использования сеянцев и саженцев с комом земли. В целях уменьшения конкуренции между травянистой растительностью и древесными культурами была показана эффективность использования крупномерного посадочного материала при посеве низовых злаков. Установлено, что возвращение на нарушенную территорию подстилочного горизонта ускоряет процесс восстановления биологического разнообразия [18]. В отличие от северных районов в подзоне средней тайги была показана достаточная эффективность посадки древесных растений без улучшения свойств субстрата [19].

Разработка концепции ускоренного «природовосстановления» на Севере

Многолетние комплексные исследования специалистов ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН позволили разработать теоретическую базу восстановления экосистем на Севере – концепцию ускоренного «природовосстановления» [20], декларирующую, что конечной целью работ должно быть восстановление на нарушенных землях экосистем, близких по типу к зональным. Концепция опирается на принцип системности (взаимосвязанности и взаимообусловленности компонентов экосистемы) и представление о самовосстановлении экосистемы как сукцессионном процессе. Интегральным показателем состояния экосистемы являются состав и структура растительного сообщества – чуткие и наглядные индикаторы как степени техногенного воздействия, так и динамического статуса биогеоценоза. Разработаны основные положения методологического подхода [20]. Концепция вписывается в представление об обязательности сохранения ненарушенных природных экосистем в объёме, необходимом для поддержания биосферного равновесия на Земле.

На основе концепции для условий Севера разработана двухстадийная схема практических приёмов управляемого «природовосстановления» [21], которая в настоящее время с получением новых результатов исследований дополняется и дорабатывается. Первая стадия, «интенсивная», включает работы по очистке почв/субстратов (при загрязнении нарушенной территории) и формированию искусственной экосистемы (посев семян местных многолетних трав по фону органических и минеральных удобрений, в лесной зоне – посадка древесных и кустарниковых растений). Этап занимает от 3 до 5 лет, основным критерием его завершения является формирование растительного сообщества с общим проективным покрытием не менее 70%. На второй стадии, «ассимиляционной», сформированная на первой стадии экосистема в ходе сукцессии постепенно преобразуется, замещаясь биогеоценозом, близким к зональному как по структуре и строению, так и по выполняемым функциям [22].

Обоснование разработки технологической карты

Значительное количество прикладных исследований, разработка теоретической базы,

Структура технологической карты (схемы) восстановительных работ
Layout of the technological scheme of recultivation activities

Раздел 1. Основные характеристики состояния посттехногенной территории и выбор направления восстановления нарушенных земель	
Природные условия территории расположения объекта, направление восстановления нарушенных земель	
Природная подзона	Северная тундра / южная тундра / редколесные леса / северная тайга / средняя тайга / южная тайга
Рельеф	Водораздельная равнина, пологие / крутые склоны гряд, холмов, лощина, пойма, терраса рек и т. д.
Почвы	Почвообразующие породы, тип почвы, мощность органогенного горизонта
Растительность	Ерниковые, ивняковые, кустарничковые тундры; леса еловые / сосновые / лиственничные / берёзовые лишайниковые / зеленомошные / долгомошные / сфагновые; бугристые / верховые / переходные / низинные болота и т. п.
Схема самовосстановления растительности (сукцессии) с указанием видов на каждой стадии	Тундровая зона: пионерная стадия → травянистое сообщество → травянистые моховые сообщества с разреженным кустарниковым ярусом → ивняк травянисто-моховой → ерник кустарничково-моховой Тайжная зона: пионерная стадия → травянистое сообщество → лес мелколиственный → лес смешанный → лес тёмнохвойный
Характеристика нарушенной территории	
Тип	Отвал / карьер / дорога / трасса трубопровода и т. п.
Рельеф, размеры территории	Мезо- и микрорельеф, карта-схема (масштаб 1 : 2000 – 1 : 10000) территории
Степень нарушенности почвенно-растительного покрова	Структура почвенно-растительного покрова, карты растительности и почв нарушенных участков и прилегающих к ним ненарушенных территорий
Свойства субстрата/почвы	Физические: гранулометрический состав, влажность, температура и т. д.; химические: рН, содержание углерода, азота, калия, кальция, магния, фосфора и т. д.
Загрязнение субстрата/почвы	Загрязнение (есть/нет), характер загрязнения (нефтью / пластовыми водами / тяжёлыми металлами и т. п.), концентрация загрязнителей
Пригодность субстрата к восстановлению	Оценка пригодности, выбор мер по улучшению свойств субстрата
Направление восстановления нарушенных земель	Природовосстановление – формирование зонального или близкому к нему типа экосистемы
Разработка опорной схемы управляемой сукцессии	Описание приёмов создания искусственных экосистем, сукцессионных рядов и приёмов управления восстановительной сукцессией
Раздел 2. Организация и технология работ «интенсивной» стадии схемы практических приёмов «природовосстановления»	
Технический этап	
Формирование рельефа	Планировка, формирование неоднородности рельефа (микрорельефа)
Улучшение свойств субстрата	Очистка от загрязнений, использование потенциально плодородных вскрышных пород, внесение минеральных и органических удобрений
Биологический этап	
Формирование биотического компонента экосистемы	Посадка саженцев / семян / черенков кустарниковых и древесных растений, посев семян местных / районированных видов трав, использование лесной подстилки
Уход за формирующейся экосистемой	Подкормки, дополнение посадок, подсев семян растений, контроль и предупреждение эрозионных процессов
Обследование территории для оценки состояния почв и растительности	Геоботанические описания, отбор образцов почвы для химических анализов

Составление и утверждение акта приёма и сдачи восстанавливаемой территории	На основании критериев оценки эффективности восстановительных работ: содержание загрязнителей, характеристика растительного покрова, почв, интенсивность эрозии, показатели гидрологического и температурного режимов
Раздел 3. Организация и технология работ «ассимиляционной» стадии схемы практических приёмов «природовосстановления»	
Контроль состояния восстанавливаемой территории	Ежегодный мониторинг растительности и почв, гидрологического и термического режимов, слежение за соответствием восстановительного процесса схеме управляемой сукцессии
Управление сукцессионным процессом для стимулирования желаемого направления	Уход за лесными культурами, подсев семян трав, приёмы увеличения видового разнообразия, устранение последствий эрозионных процессов и др.

публикация ряда рекомендаций, технологий и регламентов обусловили существенное улучшение качества восстановительных работ, проводимых на территории нарушенных земель Республики Коми. Однако отсутствие разработанного и утверждённого руководства, включающего стандартизованные схемы (технологические карты) восстановительных мероприятий для различных биоклиматических зон и подзон республики, с учётом исходных ландшафтных и экотопических условий техногенных местообитаний, определяет значительное количество ошибок и недочётов при проведении работ по восстановлению посттехногенных территорий.

Нами разработана структура технологической карты восстановительных работ (своего рода шаблон), базирующейся на принципах концепции «природовосстановления» (табл.). В предлагаемой карте предусмотрен научно обоснованный алгоритм восстановления зональных экосистем (или близких к ним) на нарушенных землях разного типа в условиях тундровой или таёжной зон.

Технологическая карта включает три основных и взаимосвязанных раздела (табл.). На основании данных раздела 1 производится разработка схемы ускоренной сукцессии, формулируются мероприятия технического и биологического этапов «интенсивной» стадии (раздел 2), которые напрямую зависят от биоклиматических условий местности, характеристики почв, уровня и степени их нарушений (загрязнений), регенеративных возможностей экосистемы. Раздел 3 предусматривает мониторинг состояния восстанавливаемой экосистемы и управление сукцессионным процессом для максимально быстрого включения посттехногенного биогеоценоза в биосферные процессы.

Одним из основных компонентов технологической карты является опорная схема

управляемой сукцессии. Её разработка должна основываться на понимании особенностей самовосстановления природных биогеоценозов и их функционирования. Изучение закономерностей сукцессий на антропогенно нарушенных территориях Республики Коми [23–26] будет способствовать не только разработке схем управляемой сукцессии, подбору ассортимента видов травянистых, кустарниковых и древесных растений для создания искусственных экосистем, но и возможности использования растений-индикаторов для оценки этапности и направленности сукцессионного процесса.

Заключение

Нетрадиционный подход к решению проблемы восстановления нарушенных экосистем на Севере позволил создать базирующуюся на принципах концепции «природовосстановления» технологическую карту, структура которой предусматривает различные варианты приёмов восстановления в разных природных зонах с учётом исходных характеристик посттехногенной территории. Это даёт возможность стандартизировать работы по восстановлению экосистем и избежать ошибок при их проведении.

Разработанная для северных регионов концепция «природовосстановления», её практическое воплощение служат альтернативой рекультивации и могут быть применены с определённой корректировкой и для других географических условий.

Нарушение биогеоценозов в процессе освоения природных ресурсов должно уравновешиваться адекватным восстановлением природных экосистем, т. е. «природовосстановление» является важнейшим компонентом общей системы природопользования.

Работа выполнена в рамках темы НИР отдела почвоведения на 2022–2024 гг. «Криогенез как фактор формирования и эволюции почв арктических и бореальных экосистем европейского Северо-Востока в условиях современных антропогенных воздействий, глобальных и региональных климатических трендов», регистрационный номер: 122040600023-8.

References

1. Zipper C.E., Burger J.A., Skousen J.G., Angel P.N., Barton C.D., Davis V., Franklin J.A. Restoring forests and associated ecosystem services on Appalachian coal surface mines // *Environmental Management*. 2011. No. 47. P. 751–765. doi: 10.1007/s11056-015-9502-8
2. Macdonald S.E., Landhausser S.M., Skousen J., Franklin J., Frouz J., Hall S., Jacobs D.F., Quideau S. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions // *New Forests*. 2015. V. 46. No. 5. P. 703–732. doi: 10.1007/s11056-015-9506-4
3. Legwaila I.A., Lange E., Cripps J. Quarry reclamation in England: a review of techniques // *Journal American Society of Mining and Reclamation*. 2015. V. 4. No. 2. P. 55–79. doi: 10.21000/JASMR15020055
4. Minaeva T.Yu., Avetov N.A., Golubeva S.G., Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V., Lobanova E.A., Mizin I.A., Novikov S.M., Popov A.I., Sirin A.A., Usova L.I., Shishkonakova E.A. Ecological restoration in arctic: review of the international and russian practices. Syktyvkar–Naryan-Mar, 2016. 288 p. (in Russian).
5. State report “On the state of the environment of the Komi Republic in 2019”. Syktyvkar: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic, Territorial Information Fund of the Komi Republic, 2020. 162 p. (in Russian).
6. Akulshina N.P., Lobovikov N.N., Mengalimov H.Ya. The experience of phytomelioration of eroded soils on the route of the Vosey-Usa-Ukhta main oil pipeline // *Rastitel'nye Resursy*. 1981. V. XVII. No. 2. P. 175–183 (in Russian).
7. Akulshina N.P. The ecological role of vegetation in environmental protection during the construction and operation of pipelines // *Main pipelines of chilled and liquefied gas*. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Academy Sciences of the USSR, 1988. P. 136–152 (in Russian).
8. The impact of the development of placer deposits in the Subpolar Urals on the natural environment. Syktyvkar: Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1994. 167 p. (in Russian).
9. Degteva S.V., Simonov G.A. Land reclamation in the North. No. 2. Phyto-reclamation of waste placer dumps in the Subpolar Urals. Syktyvkar: Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1995. 40 p. (in Russian).
10. Land restoration in the Far North. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, 2000. 152 p. (in Russian).
11. Environmental protection during exploration, production and transportation of hydrocarbons. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, 1989. 124 p. (in Russian).
12. Chalysheva L.V., Gladkov V.P., Gardievskaya Z.G. Natural overgrowth of oil-contaminated lands and the experience of their reclamation in the North // *Ecological and economic aspects of nature management in the European North-East*. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, 1990. P. 74–82 (in Russian).
13. Land recultivation in the North. No. 1. Recommendations for land reclamation in the Far North. Syktyvkar: Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1997. 34 p. (in Russian).
14. Requirements for technologies for remediation of oil-contaminated lands in the North. Syktyvkar: Komimeliiovodkhozproekt, 2004. 134 p. (in Russian).
15. Shchemelinina T.N., Anchugova E.M., Lapteva E.M., Vasilevich R.S., Markarova M.Y., Glazacheva E.N., Uspenskaya M.V. Modeling of the “contour water flooding” technology in microcosms // *Eurasian Soil Science*. 2020. V. 53. No. 2. P. 230–239. doi: 10.1134/S1064229320020118
16. Regulations for the acceptance of disturbed and oil-contaminated lands after restoration work. Syktyvkar: Komimeliiovodkhozproekt, 2012. 30 p. (in Russian).
17. Likhanova I.A., Archegova I.B., Khabibullina F.M. Restoration of forest ecosystems in anthropogenically disturbed territories of the extreme northern taiga subzone of the European northeast of Russia. Yekaterinburg: UBRAS, 2006. 103 p. (in Russian).
18. Likhanova I.A., Kovaleva V.A. Possibilities of simultaneous seeding of meadow grasses and wooden plants for remediation of disturbed lands in north of taiga domain in Komi Republic // *Lesovedenie*. 2018. No. 6. P. 444–453 (in Russian). doi: 10.1134/S0024114818060050
19. Likhanova I.A., Kuznetsova Ye.G., Novakovskiy A.B. Vegetative cover forming in quarries after forest reclamation being performed in middle taiga subzone of the north-east of the European Russia // *Lesovedenie*. 2020. No. 5. P. 424–432 (in Russian). doi: 10.31857/S0024114820050095
20. Archegova I.B. An effective system of nature restoration is the basis for promising nature management in the Far North. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. 12 p. (in Russian).
21. Likhanova I.A., Archegova I.B. Development of theoretical and practical aspects of disturbed lands restoration in the North of the Komi Republic // *Theoretical and Applied Ecology*. 2014. No. 3. P. 79–85 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2014-3-079-085

22. Environmental principles of nature management and nature restoration in the North. Syktyvkar: Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2009. 176 p. (in Russian).

23. Druzhinina O.A., Myalo E.G. Protection of vegetation cover of the far North: problems and prospects. Moskva: Agropromizdat, 1990. 176 p. (in Russian).

24. Sumina O.I. Formation of vegetation in technogenic habitats of the Far North of Russia. Sankt-Peterburg: Inform-Navigator, 2013. 340 p. (in Russian).

25. Likhanova I.A., Shushpannikova G.S., Turubanova L.P. Vegetation on technogenic habitats in the far-north

taiga and south forest-tundra of the European North-East of Russia. Alliance *Chamerio angustifolii*-*Matricarion hookeri* A. Ishbirdin et al. 1996 // *Vegetation of Russia*. 2019. No. 35. P. 77–94 (in Russian). doi: 10.31111/veg-rus/2019.35.77

26. Likhanova I.A., Shushpannikova G.S., Zheleznova G.V., Pystina T.N. Syntaxonomy of plant communities at the quarries after the cuttings of lichen and green moss pine forests (middle taiga subzone of the European North-East of Russia) // *Rastitel'nost' Rossii*. 2020. No. 39. P. 3–25 (in Russian). doi: 10.31111/veg-rus/2020.39.3