

УДК [631.589.2 : 582.3/.9 : 631.6.02] : 631.618(470.21)

Ускоренное формирование противоэрозионных травостоев на техногенно-нарушенных территориях: Заполярье

Л.А. Иванова¹, В.А. Костина¹, М.В. Кременецкая², Е.С. Иноземцева³

¹ Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН,

² Петрозаводский государственный университет,

³ Новгородский государственный университет

Аннотация. Представлены результаты исследований по биорекультивации апатито-нефелиновых хвостохранилищ на основе использования инновационной технологии гидропонного выращивания готового к укладке высококачественного травяно-дернового покрытия, позволяющего за 2 года в условиях Крайнего Севера на месте уничтоженного растительного покрова сформировать сомкнутые высокопродуктивные противоэрозионные травостои.

Abstract. In the paper results of researches on rapid rehabilitation of industrial apatite-nepheline repositories have been given. The innovative technology of hydroponic cultivation of the high-quality rolled lawn covering ready to packing allows to generate close highly productive erosion-preventive herbage during two years in the conditions of the Far North on places of the destroyed vegetative cover.

Ключевые слова: хвостохранилище, гидропонный субстрат, вермикулит, рулонное газонное покрытие, формирование растительности, флористический состав, продуктивность

Keywords: repository, hydroponic substrate, vermiculite, rolled lawn covering, vegetation formation, floristic structure, efficiency

1. Введение

Среди экологических проблем все большую остроту приобретают задачи сохранения и восстановления природных зон Севера (Соколов, Чернов, 1985). Мурманская область – один из наиболее развитых горнорудных районов на севере России. Добыча и переработка полезных ископаемых в регионе привели к значительным нарушениям воздушной среды, водных и наземных экосистем. Ярким тому примером являются апатито-нефелиновые хвостохранилища – территории, полностью утратившие растительный покров в связи с накоплением и размещением отходов нескольких обогатительных фабрик и представляющие большую опасность для населения области (Доклад о состоянии..., 2007). Наиболее радикальным способом восстановления участков, нарушенных техногенными воздействиями, является биорекультивация (Любимова, Медведев, 1970; Переверзев, Подлесная, 1986). Однако в Заполярье работы по биологической рекультивации затруднены из-за суровых климатических условий, а также дефицита естественных почв, пригодных для образования на поверхности отвалов почвенно-растительного слоя. Последнее в комплексе восстановительных работ имеет решающее значение. Это заставляет разрабатывать и применять нетрадиционные способы выращивания растений.

В 2004 г. нами была разработана инновационная гидропонная технология ускоренного (всего за 14 дней) создания высококачественного, готового к укладке, рулонного травяно-дернового покрытия (дернины), которое продемонстрировало высокую эффективность в городском озеленении Заполярья (Иванова, Котельников, 2007). Его надземная часть формируется из сплошного плотного ковра зеленых побегов многолетних травянистых растений, адаптированных к местным условиям, обратная сторона – из массы тесно сплетенных живых корней, которые после укладки рулона способствуют быстрому прирастанию пластин дернины к грунту. В основе технологии местный почвозаменитель – вермикулитовый субстрат Випон, с помощью которого создается биологически активное почвоподобное тело, выполняющее функции традиционно используемого в озеленении и биорекультивации торфяно-почвенного слоя.

Цель настоящей работы – оценить возможность применения рулонного травяно-дернового покрытия, выращенного по инновационной гидропонной технологии, для ускоренного формирования высокоустойчивого противоэрозионного растительного покрова на апатито-нефелиновом хвостохранилище. К наиболее важным задачам исследования отнесены: 1) изучение биоразнообразия и особенностей естественного процесса первичных сукцессий на территории хвостохранилища; 2) изучение флористического состава антропогенных сообществ, особенностей роста, развития и продуктивности растений в создаваемом культурфитоценозе.

2. Материалы и методы

Исследования проводились в 2006-2008 гг. в западной части Кольского полуострова (Мурманская область) на территории резервного апатито-нефелинового хвостохранилища АНОФ-2 ОАО "Апатит" площадью 3 га. По происхождению оно классифицируется как наливной отвал перерабатывающей промышленности, по возрасту является свежеевозрастным, средним по высоте. Отвалы характеризуются низкой биологической активностью, обладают комплексом специфически неблагоприятных для живых организмов условий существования (отрицательные свойства апатитонефелинового песка как субстрата, частые сильные ветры, выдувающие семена, а зимой снег с поверхности отвала, явления сильно выраженной ветровой и водной эрозии) (Переверзев, Подлесная, 1975; Макаров и др., 2006; Зенкова, Лисковская, 2008; Евдокимова, Калмыкова, 2008).

В качестве модельного объекта для создания культурфитоценоза на хвостохранилище нами был выбран участок, представляющий собой свободный от растительности, пологий (уклон 45°) песчаный склон северо-западной экспозиции площадью 200 м².

Для изучения естественных и антропогенных сообществ данной территории использовались общепринятые методики полевых исследований на пробных площадках площадью 0.25 м² (15 шт.), проводились маршрутные рекогносцировочные исследования с составлением геоботанических описаний (35 описаний) (Шенников, 1964; Кучеров, Паянская-Гвоздева, 1995). При анализе жизненных форм растений были применены разработки И.Г. Серебрякова (1962; 1964), М.В. Маркова (1972), В.В. Никитина (1983).

Для закладки культурфитоценоза было выращено 100 м² дернины, образованной 8 видами травянистых растений: 3 вида (*Festuca rubra* L. – 50 %, *Poa pratensis* L. и *Lolium perenne* L. – по 25 %) – основные, рекомендуемые для создания в регионе декоративных газонов (Тамберг, 1962; Святковская, 2000); другие 5 видов (*Leymus arenarius*, *Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense* и *Trifolium repens*) – дополнительные; их семена введены в травостой в небольшом количестве для улучшения его полезных свойств (Хантимер, 1974; 1985; Родынюк, Клеветская, 1977; Парийская и др., 1981; Грунина, 1981). В надземной части выращенная дернина имела травостой высотой 6.0±0.4 см, плотностью сложения – 2000.4±102.2 побегов/дм²; в подземной – жизнеспособную "войлочную подушку из корней" толщиной 2.0±0.3 см. Нарезанная на ленты длиной 2.0 и шириной 0.5 м дернина была постелена поперек склона зигзагообразными шевронами с интервалом 0.5 м. На протяжении всего эксперимента дернину не увлажняли. Подкормку в виде сухой смеси минеральных удобрений (по 25 г/м² аммония азотнокислого и двойного суперфосфата) применяли 1 раз во второй год эксперимента (после схода снега).

Названия сосудистых растений приводятся по сводке С.К. Черепанова (1995); мохообразных – по М.С. Игнатову, О.М. Афоной (1992).

3. Результаты исследований

Биоразнообразие и особенности естественного процесса первичных сукцессий на территории хвостохранилища. Исследуемый район относится к подзоне северотаежных лесов. Флористическая насыщенность фитоценозов тайги сосудистыми растениями составляет около 250 видов. Непосредственно на территории хвостохранилища и в ближайших окрестностях (зоны потенциального заноса растений), нами зафиксировано 272 вида, из которых 187 – аборигенные, а 85 – адвентивные. Таким образом, количество видов-претендентов на любую территорию в районе невелико даже при благоприятных условиях произрастания. Обследование показало, что естественное восстановление растительности на хвостохранилище идет крайне медленно. В общей сложности, за 10 лет существования отвалов ею покрыто всего 0.0001 % поверхности. Развитие фитоценозов находится в начальной стадии, формирующиеся группировки растений разрежены (покрытие обычно в пределах от 1-2 до 10 %), но чаще встречаются лишь единичные особи. Видовое разнообразие ценозов мало: флористический состав насчитывает всего 21 вид растений, адаптировавшихся к специфическим для них условиям (см. таблицу). Из них кустарники насчитывают 2 вида (9.5 %), деревья – 1 вид (4.8 %), мхи – 2 вида (9.5 %). *Ceratodon purpureus* и *Dicranella schreberiana* из 2 родов 2 семейств являются мохообразными, остальные 19 – сосудистыми из 15 родов 9 семейств. Наиболее разнообразны семейства *Asteraceae* и *Poaceae* (по 5 видов каждое). Доминирующей жизненной формой являются травянистые растения (76.2 %), среди которых злаки представлены 5 видами (23.8 %), разнотравье – 11 (52.4 %). Несмотря на специфические условия песчаного субстрата отвалов, в формирующихся ценозах по отношению к увлажнению (Горышина, 1979) преобладают виды группы мезофитов (52.4 %). Ксеромезофиты и гигромезофиты занимают одинаковое положение (по 23.8 %). Среди эколого-ценотических групп наибольшим разнообразием отличается группа луговых растений (8 видов или 38.1 %), за которой следует группа рудералов (6 видов или 28.6 %). Эрозиофильные растения представлены 4 видами (19.0 %). Два вида (9.5 %) относятся к группе лугово-лесных растений. Лесная группа содержит

лишь 1 вид (4.8 %): это единичный сеянец *Pinus sylvestris*, выросший из случайно занесенного ветром семени.

Анализ эдафических условий мест произрастания и экотопической территории хвостохранилища позволил заключить, что заметному увеличению флористической насыщенности и экологической разнородности фитоценозов отвалов способствуют изменчивость водного (более сильное увлажнение в понижениях) и светового (южная ориентация участков) режимов. Выделено три экотопа. Число видов в них очень неравномерно. Наиболее благоприятными для заселения растениями являются участки, расположенные вдоль дороги (20 видов). Самыми неблагоприятными для развития растений являются северные и северо-западные склоны холмов (к данному экотопу принадлежит экспериментальный склон). Они практически лишены растительности. На склонах отвалов, ориентированных на юг, можно наблюдать начальный процесс самозарастания и наличие простых фитоценозов, в лучшем случае состоящих из 5 видов местной флоры, причем все, кроме *Leymus arenarius*, в основном представляют одиночные особи. Ровные поверхности отвалов, в том числе основание экспериментального склона, занимают промежуточное положение. В этом экотопе выявлено 9 видов.

Изучение состояния естественных фитоценозов на отвалах позволило выделить 2 типа популяций растений: инвазионный из 3 видов (*Salix caprea*, *Salix phylicifolia*, *Pinus sylvestris*, представленных всходами и виргинильными формами) и нормальный из 18 видов. Последние являются разновозрастными, и обеспечивают существование популяции потомством семенного происхождения и вегетативного размножения, но имеют различия, характеризующие их жизненность. Так, для большинства из них характерно усиление голоморфных и ксероморфных черт организации, вероятно, связанных с недостатком элементов питания в субстрате. Практически все взрослые особи представлены незначительным количеством, угнетены и имеют несвойственные данному виду параметры (слабые рост и побегообразование). Для них характерно поверхностное (до 5 см) залегание корневой системы, хрупкость и сильная изогнутость корней. Вследствие этого они ограничены небольшим по мощности слоем растительно-корневой дернины, а их надземная фитомасса практически не способна справляться с эрозийными процессами. Исключение составляют *Leymus arenarius* и *Puccinellia distans*, которые могут быть отнесены к эдификаторам естественных фитоценозов и, на наш взгляд, имеют перспективы для самостоятельного расселения и мелиорации нефелиновых песков. Хорошим показателем естественного заселения антропогенных территорий является появление на территории хвостохранилища зеленых мхов *Ceratodon purpureus* и *Dicranella schreberiana* (Тухомиров, 1952; 1963; Granhall, Lid-Torsvik, 1975).

Флористический состав антропогенных сообществ, особенности роста, развития, продуктивность растений в создаваемом культурфитоценозе. Несмотря на неблагоприятные погодные условия (средняя температура воздуха в III декаде сентября 2006 г. 0.5°C, среднемесячная сумма осадков 82.0 мм) прирастание постеленных травяно-дерновых полос к песчаной поверхности отвалов произошло быстро (в течение недели). За первые 1.5 месяца эксперимента корни растений проникли в субстрат на глубину 12.3±0.3 см, плотный травостой имел высоту 23.7±0.2 см и покрывал 50 % поверхности экспериментального участка. Таким образом, использование рулонного травяно-дернового покрытия позволило за этот период сформировать на песчаной поверхности отвалов примитивный культурфитоценоз, в основном состоящий из 3 злаков, слагающих травяно-дерновое покрытие (*Festuca rubra*, *Poa pratensis* и *Lolium perenne*). Участие в нем других видов растений на этот момент было незначительным: *Trifolium pratense*, *Chamaenerion angustifolium* и *Tussilago farfara* присутствовали внутри густой злаковой растительности в виде небольших по площади куртин из массовых всходов, а *Leymus arenarius* – в виде семян.

Весенние наблюдения показали, что выпад растений в травяно-дерновом покрытии за зиму составил всего 5 %. Вероятно, высокий процент выживания растений в культурфитоценозе можно объяснить достаточным накоплением ими за непродолжительный осенний период пластических веществ, обеспечивших их перезимовку в суровых условиях Заполярья. В последующих ежемесячных наблюдениях отмечено энергичное весеннее отрастание всех видов растений в травостое и их интенсивное развитие в течение всего вегетационного периода 2007 г. К его завершению травяно-дерновое покрытие сохранило исходный видовой состав, представляло собой высокий (в среднем 25.4±5.2 см) и очень плотный (1900.4±94.2 побега/дм²) травостой с достаточно глубоким (22.7±4.3 см) проникновением корневой системы в песчаную толщу отвалов. Внутри травостоя выделялись сильные и многочисленные вегетативные особи *Leymus arenarius*, *Trifolium pratense* и *Chamaenerion angustifolium* высотой соответственно 21.4±1.3, 16.4±0.2 и 21.3±0.5 см. Одиночные слабо развитые растения *Trifolium repens* находились внутри травостоя в угнетенном состоянии (их высота не превышала 8 см). В этот период в дерновом покрытии не было обнаружено присутствия какого-либо заносного вида. Вероятно, крайне неблагоприятный световой режим внутри травостоя, обусловленный его высокой плотностью, мог препятствовать прорастанию их семян и развитию в таких условиях.

Таблица. Флористический состав и встречаемость видов в естественных фитоценозах на территории хвостохранилища в первый год эксперимента

Вид	Ценотип	Экоморфа	*Встречаемость вида в экотопах, балл		
			Ровные поверхности	Склоны холмов	Участки вдоль дороги
Asteraceae					
<i>Senecio dubitabilis</i> C. Joffrey et Y.L. Chen	рудеральное	ксеромезофит	2	1	4
<i>Senecio vulgaris</i> L.	рудеральное	мезофит	–	1	2
<i>Achillea millefolium</i> L.	луговое	мезофит	–	–	1
<i>Solidago lapponica</i> Wither.	лугово-лесное	мезофит	–	–	2
<i>Tussilago farfara</i> L.	эрозиофил	гигромезофит	2	–	3
Caryophyllaceae					
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries	луговое	мезофит	–	–	3
Ditrichaceae					
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	рудеральное	ксеромезофит	–	3	4
Dicranaceae					
<i>Dicranella schreberiana</i> (Hedw.) Hilp. Ex Crum & Anderson	рудеральное	мезофит	–	–	3
Equisetaceae					
<i>Equisetum arvense</i> L.	луговое	мезофит	3	–	3
Onagraceae					
<i>Chamaenerion anqustifolium</i> (L.) Scop.	лугово-лесное	мезофит	2	2	4
Pinaceae					
<i>Pinus sylvestris</i> L.	лесное	ксеромезофит	1	–	–
Poaceae					
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	луговое	гигромезофит	1	–	3
<i>Leymus arenarius</i> (L.) Hochst.	эрозиофил	ксеромезофит	3	3	4
<i>Agrostis gigantea</i> Roth.	луговое	гигромезофит	–	–	3
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	луговое	мезофит	–	–	2
<i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl.	рудеральное	ксеромезофит	–	–	4
Polygonaceae					
<i>Rumex acetosella</i> L.	луговое	мезофит	–	–	4
<i>Rumex crispus</i> L.	рудеральное	мезофит	–	–	1
Salicaceae					
<i>Salix caprea</i> L.	эрозиофил	гигромезофит	1	–	2
<i>Salix phylicifolia</i> L.	эрозиофил	гигромезофит	1	–	–
Scrophulariaceae					
<i>Linaria vulgaris</i> L.	луговое	мезофит	–	–	3

*Примечание. Встречаемость вида: 1 балл – единичные, 2 балла – редко, 3 балла – изредка, 4 балла – часто.

В то же время изучение процесса зарастания оголенных межполосных пространств на экспериментальном склоне показало, что травяно-дерновое покрытие уже в первый год эксперимента продемонстрировало способность к самораспространению. Разрастание полос осуществлялось за счет *Poa pratensis*, *Tussilago farfara* и *Chamaenerion anqustifolium*, которые рядом с полосами образовывали самостоятельные густые островки растительности. Травяно-дерновое покрытие способствовало накоплению в оголенных межполосных пространствах большого количества семян адвентивного вида *Senecio dubitabilis*. Его многочисленные всходы успевали за сезон пройти полный цикл развития, образовать густо заселенные участки из особей высотой 12.5±3.2 см, при длине корней 2.1±0.4 см. В общей сложности процессы естественного распространения растений в созданном на экспериментальном склоне культурфитоценозе способствовали формированию здесь редкого мозаичного травостоя и задернению оголенных межполосных поверхностей в верхней и средней частях экспериментального склона в среднем на 20 %, в нижней – на 5 %.

К концу второго года эксперимента на исследуемой территории хвостохранилища появился *Rhinanthus serotinus*, и общая численность видов достигла 22 (2.2 % местной флоры), относящихся к 18 родам и 11 семействам. Около 20 % родов (*Senecio* L., *Agrostis* L., *Salix* L., *Rumex* L.) являются двувидовыми, остальные содержат по 1 виду. Из 22 видов 2 вида составляют мхи и 20 – сосудистые растения; многолетние растения насчитывали 16, однолетние (включая 1-2-летние) – 4 вида. В рассматриваемой флоре 50.0 % видов представлены мезофитами, 27.3 % – гигромезофитами и 22.7 % – ксеромезофитами.

Выпад растений в культурфитоценозе за зиму 2008 г. составил 0 %. Общее число видов в нем составило 20, относящихся к 16 родам, 7 семействам. Непосредственно само травяно-дерновое покрытие за счет появления в нем заносных видов *Senecio dubitabilis*, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca pratensis*, *Poa palustris*, *Puccinella distans*, *Rhinanthus serotinus* состояло из 14 видов (увеличилось на 48.9 %), относящихся к 11 родам и 5 семействам. В межполосных пространствах насчитывалось 15 видов, относящихся к 14 родам и 7 семействам (на 93.3 %). Увеличение видового разнообразия в культурфитоценозе проходило тремя путями: за счет самораспространения постеленных полос, заселения оголенных межполосных пространств заносными видами с близлежащих участков хвостохранилища и привлечения многолетних аборигенных корневищных растений. Последние образовали по периметру культурфитоценоза плотные группировки из *Tussilago farfara* и, особенно, *Equisetum arvense* L. В результате флора культурфитоценоза обнаружила высокое сходство с флорой естественных ценозов хвостохранилища. Так, между ними выявлено 12 общих видов, наиболее многовидовыми семействами в обоих ценозах являлись *Poaceae*, насчитывающее в естественных ценозах 5, в культурфитоценозе – 8 видов, и *Asteraceae* (соответственно 5 и 4 вида). Большая часть адвентивных видов принадлежит к луговому ценотипу (50 %), немного меньше – рудеральной (35 %), эрозифильные и лугово-лесные группировки представлены незначительным количеством видов, а лесные – отсутствуют. Общие показатели систематического разнообразия (Третьякова, Мухин, 2001) их флор были также близки: среднее число видов в роде составило, соответственно 1.20 и 1.25, видов в семействе – 2.0 и 2.5 и родов в семействе – 1.6 и 2.0. Специфическим признаком, отмеченным исключительно в составе растительных группировок культурфитоценоза, явились 5 слагающих травяно-дерновое покрытие видов (*Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Trifolium pratense*, *T. repens*) и 3 вида (*Festuca pratensis*, *Poa palustris*, *Polygonum aviculare*), вероятно, случайно занесенные в дернину с высеянными семенами.

К концу эксперимента растительность травяно-дерновых полос представляла собой сплошной густой изумрудно-зеленый ковер, в котором *Lolium perenne* и *Festuca rubra* отличались более интенсивным развитием по сравнению с *Poa pratensis* и определяли высоту (более 40 см) и густоту (свыше 190 тыс. побегов/м²) травостоя. Над ними возвышались отдельные особи *Leymus arenarius* и *Chamaenerion anqustifolium*, обильно цвел *Trifolium pratense* (на его корнях отмечено интенсивное развитие клубеньков). Растения имели, соответственно: высоту 52.6±9.7, 32.3±0.5 и 26.7±0.2 см, облиственность – 3.8±1.3, 43.8±3.0 и 8.5±1.5 листьев/1 особи, количество побегов на 1 особи – 1.8±0.2, 1.0 и 1.5±0.4 шт. Однако плотность группировок из этих 3 видов по сравнению с основными видами (*Festuca rubra*, *Poa pratensis* и *Lolium perenne*) была незначительной – от 1.2 до 25 растений/м².

Благодаря процессам естественного расселения растений в межполосных участках в культурфитоценозе произошли значительные визуальные изменения структуры травостоя. Так, в нижней части экспериментального участка мозаичность межполосных пространств значительно уменьшилась (поскольку покрытие увеличилось до 20 %), в средней части распределение видов стало диффузным (покрытие составило 50 %), а в верхней части экспериментального склона травостой, в большей степени за счет *Puccinella distans*, стал сплошным (покрытие составило 100 %). В целом созданный культурфитоценоз имел сомкнутый травостой.

Установлено, что условия произрастания растений в культурфитоценозе способствовали накоплению отдельными видами растений больших запасов биомассы. *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*, слагающие травяно-дерновое покрытие, имея небольшую по сравнению с другими видами наземную фитомассу (соответственно 2604, 884 и 312 мг/абс.-сух.в-во), но очень большое общее количество особей на единице площади (190 тыс. шт/м²), способствовали формированию наибольшего запаса наземной биомассы в созданном фитоценозе. Вклад остальных видов, несмотря на немалый вес 1 растения, но очень незначительную плотность, которая к концу эксперимента составляла всего 0.1-1.7-6.0.-25.0 шт/м², был небольшим. В межполосных пространствах относительно высокие величины накопления органического вещества были определены у *Puccinella distans* – 717 г/м², в меньшей степени – у *Chamaenerion anqustifolium* (61.1), *Poa pratensis* (16.8 г/м²), *Tussilago farfara* (10.3). Небольшой запас наземной фитомассы был сформирован мхами (0.2 г/м²), образующими дернины из большого количества мелких особей на единице площади.

Травяно-дерновые полосы, использованные в эксперименте для создания культурфитоценоза, способствовали образованию мощного дернового пласта, состоящего из живых и мертвых корней,

корневищ и подземных побегов, а также зачатков новых особей слагающих его растений. Высота пласта превышала 40 см, основная масса отдельных корней *Festuca rubra* проникали в песчаный субстрат на глубину более 50 см.

Степень задернения песчаной поверхности межполосных пространств была неравномерной, мощность его дернового пласта всецело зависела от преобладающих в нем видов растений и значительно уступала травяно-дерновым полосам. Более плотная, способная противостоять на разрыв, дернина была сформирована в верхней части экспериментального участка при 100 % покрытия оголенной поверхности плотной растительностью из *Puccinellia distans*, *Leymus arenarius*, *Chamaenerion anqustifolium*, *Senecio vulgaris*. В средней части склона задернение создавали преимущественно *Poa pratensis*, *Cerastium holosteoides*, *Deschampsia cespitosa*, *Tussilago farfara*, *Senecio vulgaris*, *Rhinanthus serotinus*, в нижней – *Dicranelle schreberiana*, *Chamaenerion anqustifolium*, *Rhinanthus serotinus*, *Rumex acetosella*, *Tussilago farfara*, *Achillea millefolium*, *Cerastium holosteoides*; их дернина также была хорошо сформирована, но отличалась меньшей плотностью, чем в верхней части склона.

Таким образом, травяно-дерновые газонные покрытия, использованные в данном эксперименте, позволили за 2 года сформировать на месте уничтоженного растительного покрова устойчивый, отвечающий суровым условиям Заполярья культурфитоценоз, состоящий из растений, в большинстве своем обладающих интенсивным ростом и развитием, мощной корневой системой, высокими продуктивностью, проективным покрытием и противоэрозионными свойствами.

4. Выводы

1. Песчаные отвалы отличаются невысоким видовым разнообразием: 21 вид (2.2 % от местной флоры). Естественные процессы развития фитоценозов здесь слабо выражены, зарастание территории протекает медленно. В естественном возобновлении участвуют споровые и сосудистые растения. Травянистые растения составляют 76.2 %, кустарники – 9.5 %, деревья – 4.8 %, мхи – 9.5 %. Преобладают виды группы мезофитов (52.4 %) и в меньшей степени – ксеромезофиты и гигромезофиты (по 23.8 %). Эколого-ценотические группы представлены луговыми растениями (38.1 %), рудеральными (28.6 %), эрозиофильными (19.0 %), лугово-лесными (9.5 %) и лесными растениями (4.8 %).

2. Большинство аборигенных видов характеризуется низкими жизненностью, плотностью, площадью покрытия и противоэрозионными функциями; к эдификаторам естественных фитоценозов могут быть отнесены только 2 вида – *Leymus arenarius* и *Puccinella distans*, имеющие перспективы для самостоятельного расселения и мелиорации нефелиновых песков.

3. Травяно-дерновое покрытие, выращенное по инновационной гидропонной технологии, может быть использовано в качестве нетрадиционного метода биорекультивации апатито-нефелиновых хвостохранилищ. Постеленное на песчаную поверхность отвалов горизонтальными зигзагообразными шевронами произвольной длины, шириной и интервалом по 0.5 м, оно позволяет конструировать примитивные противоэрозионные фитоценозы с 50 % проективным покрытием практически мгновенно, более сложные сомкнутые – за 2 года.

4. Увеличение видового разнообразия в культурфитоценозе проходит тремя путями: за счет самораспространения постеленных полос, заселения оголенных межполосных пространств заносными видами с близлежащих участков хвостохранилища, что обеспечивает высокое сходство общих показателей систематического разнообразия и ценотических спектров естественной и культурной флор и путем привлечения аборигенных корневищных растений.

5. Ведущая роль в формировании культурфитоценоза принадлежит основным видам, слагающим травяно-дерновое покрытие (*Festuca rubra*, *Poa pratensis* и *Lolium perenne*), образующим плотный травостой и значительные запасы надземной и подземной фитомассы. К числу наиболее перспективных для дополнительного использования могут быть отнесены из местных видов *Leymus arenarius*, *Tussilago farfara*, *Puccinellia distans*, *Chamaenerion anqustifolium*, из инорайонных – *Trifolium pratense*, способствующие формированию высокожизненных популяций, накапливающие большое количество органического вещества.

Литература

- Granhall U., Lid-Torsvik V. Nitrogen fixation by bacteria and freeliving blue-green algae in tundra areas. *Ecol. Stud.*, v.16, p.305-315, 1975.
- Горьшина Т.К. Экология растений. М., Наука, с.103-153, 1979.
- Грунина Л.К. Питательная ценность бобовых растений Европейского Северо-Востока. Научные основы кормопроизводства на Севере. *Сыктывкар, Коми кн. изд-во*, с.41-52, 1981.
- Доклад о состоянии и охране окружающей среды Мурманской области в 2008 году. *Мурманск*, 130 с., 2007.

- Евдокимова Г.А., Калмыкова В.В.** Биологическая активность рекультивированных промышленных отвалов в условиях северной тайги. *Агрехимия*, № 1, с.63-67, 2008.
- Зенкова И.В., Лисковая А.А.** Пионерная фауна нефелинсодержащих отвалов как показатель процессов первичного почвообразования. *Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы всероссийской конференции с международным участием. Институт проблем промышленной экологии Севера. Апатиты, КНЦ РАН*, с.88-93, 2008.
- Иванова Л.А., Котельников В.А.** Создание экологического газонного покрытия. *Материалы междунар. научно-практ. конференции "Современные проблемы фитодизайна"*, Белгород, с.69-74, 2007.
- Игнатов М.С., Афонина О.М.** Список мхов территории бывшего СССР. *Arctoa*, т.1(1-2), с.1-87, 1992.
- Кучеров И.Б., Паянская-Гвоздева И.И.** Методы описания состояния растительности. Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения. *СПб.*, с.51-63, 1995.
- Любимова А.А., Медведев П.М.** Опыт закрепления растительностью пылящих "хвостов", отвалов АНОФ-1 комбината "Апатит". Растительность и промышленные загрязнения. *Свердловск*, с.104-111, 1970.
- Макаров Д.В., Нестерова А.А., Васильева Т.Н., Суворова О.В., Нестеров Д.П., Мазухина С.И., Маслобоев В.А.** Геоэкологические исследования хвостов обогащения апатит-нефелиновых руд. *Современные экологические проблемы Севера (к 100-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского). Матер. между. конф. Апатиты, КНЦ РАН*, ч.1, с.25-26, 2006.
- Марков М.В.** Агротитоценология. *Казань, Изд-во Казан. университета*, 270 с., 1972.
- Никитин В.В.** Сорные растения СССР. *Л., Наука*, 454 с., 1983.
- Парийская А.Н., Суетин С.О., Калакуцкий Л.В.** Бактерии-эндосимбионты в корневых клубеньках злака *Poa pratensis* L. *ДАН СССР*, т.257, № 5, с.1251-1254, 1981.
- Переверзев В.Н., Подлесная Н.И.** Агрехимические свойства нефелиновых песков в связи с закреплением их растительностью. *Агрехимия*, № 10, с.63-69, 1975.
- Переверзев В.Н., Подлесная Н.И.** Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. *Апатиты, КФ АН СССР*, 103 с., 1986.
- Родынюк И.С., Клевенская И.Л.** Клубеньковые образования травянистых растений Сибири. *Новосибирск, Наука*, 175 с., 1977.
- Святковская Е.А.** Технология создания и содержания цветников и газонов в условиях Мурманской области. *Апатиты, КНЦ РАН*, 27 с., 2000.
- Серебряков И.Г.** Жизненные формы высших растений и их изучение. *Полевая геоботаника*, т.3, с.146-208, 1964.
- Серебряков И.Г.** Экологическая морфология растений. *М., Высшая школа*, 378 с., 1962.
- Соколов В.Е., Чернов Ю.И.** Сообщества Крайнего Севера и человек. *М., Наука*, 276 с., 1985.
- Тамберг Т.Г.** Газонные травы для Мурманской области, их биология и агротехника. Декоративные растения в озеленении Крайнего Севера. *Л., АН СССР*, с.19-59, 1962.
- Тихомиров Б.А.** Значение мохового покрова в жизни растений Крайнего Севера. *Ботанический журнал*, т.37, № 5, с.629-638, 1952.
- Тихомиров Б.А.** Очерки по биологии растений Арктики. *М.-Л., Наука*, 150 с., 1963.
- Третьякова А.С., Мухин В.А.** Синантропная флора Среднего Урала. *Екатеринбург, "Екатеринбург"*, 147 с., 2001.
- Хантимер И.С.** Залужение – основа обеспечения кормами молочного животноводства в тундре. Сообщества Крайнего Севера и человек. *М., Наука*, с.115-133, 1985.
- Хантимер И.С.** Сельскохозяйственное освоение тундры. *Л., Наука*, 226 с., 1974.
- Черепанов К.С.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). *СПб., Мир и семья*, 992 с., 1995.
- Шенников А.П.** Введение в геоботанику. *Л., ЛГУ*, 447 с., 1964.