

## ИСКУССТВЕННЫЕ ЛУГОВЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ В СИСТЕМЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНО-ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТУНДРОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

A.Kh. Sariev, N.N. Ochikolova

### ARTIFICIAL MEADOW PHYTOCENOSES IN THE SYSTEM OF RESTORATION OF VEGETATIVE AND SOIL COVER OF TUNDRA LANDS OF THE YENISEI NORTH

**Сариев А.Х.** – канд. с.-х. наук, зав. лаб. биологической рекультивации НИИ сельского хозяйства и экологии Арктики – филиала ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Норильск. E-mail: a.sariev.61@mail.ru

**Очиколова Н.Н.** – науч. сотр. лаб. биологической рекультивации НИИ сельского хозяйства и экологии Арктики – филиала ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Норильск. E-mail: natalia.ochikolova@mail.ru

**Sariev A.Kh.** – Cand. Agr. Sci., Head, Lab. of Biological Recultivation, Research Institute of Agriculture and Ecology of the Arctic – Branch of FRC KRC SB RAS, Norilsk. E-mail: a.sariev.61@mail.ru

**Ochikolova N.N.** – Staff Scientist, Lab. of Biological Recultivation, Research Institute of Agriculture and Ecology of the Arctic – Branch of FRC KRC SB RAS, Norilsk. E-mail: natalia.ochikolova@mail.ru

Исследования выполнены в тундровой и лесотундровой зонах Красноярского края. В опытах изучались низовые и верховые злаки с ускоренным образованием дернины: мятлик луговой, овсяница красная, пырейник сибирский, кострец безостый, овсяница луговая. Сочетанием предпосевной обработки семян стимулятором Байкал ЭМ-1 с механической обработкой почвы (двукратное фрезерование) и одновременным внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , с нормой высева семян 100 кг/га можно стабильно получать искусственные луговые фитоценозы с вегетативной массой до 1,6–1,8 т/га в сухом веществе при урожайности естественных угодий 0,3–0,4 т/га. Также эффективен способ повышения урожайности с помощью предпосевной обработки семян БАВ Фитоп 8.67 с последующей подкормкой минеральными удобрениями. Внесение полного удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  повышает урожайность растений на 1,14 тонны, совместное использование азофоски с Фитопом 8.67 – на 1,16 при однократном применении пробиотика и на 1,29 тонны при двукратном применении по сравнению с контролем. Анализ результатов показывает, что рост и развитие сеяных трав в суровых условиях субарктической зоны претерпевает изменения по сравнению с вегетацией растений в более южных районах страны. При фор-

мировании искусственных луговых формаций обязательно применение минеральных удобрений, что увеличивает их вегетативную массу в 4,0–4,5 раза по сравнению с естественными лугами. На эти особенности роста и развития сеяных луговых трав на Енисейском Севере следует обратить особое внимание при создании искусственных луговых фитоценозов на техногенно нарушенных землях.

**Ключевые слова:** сеяные луговые фитоценозы, техногенно нарушенные земли, корневая система, водная эрозия, минеральные удобрения, пробиотики, стимулятор роста, травосмеси.

The researches were made in tundra and forest-tundra zones of Krasnoyarsk Region. In the experiments grass-roots and upland grasses were studied with accelerated formation of the sod: meadow grass, red fescue, Siberian wild boar, rumpless stubble and fescue. The combination of preceding processing of seeds with stimulator Baikal M-1 machining of the soil (double milling) and simultaneous introduction of mineral fertilizers in  $N_{60}P_{60}K_{60}$  dose with the norm of seeds seeding of 100 kg/hectare it is possible to receive steadily artificial meadow phytocenosis with vegetative mass up to 1.6–1.8 t/hectare in solid at productivity of natural grounds of 0.3–0.4 t/hectare. The way of increasing the productivity by means of preceding processing of seeds of BAV Phytop 8.67

*with the subsequent top dressing with mineral fertilizers is also effective. Introduction of full fertilizer in the dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  increases the productivity of plants in 1.14 tons, sharing the azofoska with Phytotop 8.67 – on 1.16 at single application of probiotic and in 1.29 tons at double application in comparison with control. The analysis of the results shows that the growth and development of sown herbs in severe conditions of subarctic zone undergoes changes in comparison with vegetation of plants in more southern regions of the country. When forming artificial meadow formations it is obligatory to use mineral fertilizers increasing their vegetative weight 4.0–4.5 times in comparison with natural meadows. It is necessary to pay special attention to these features of growth and development of sown meadow grasses on the Yenisey North in order to create artificial meadow phytocenoses on technogenically broken lands.*

**Keywords:** *sown meadow plant phytocenosis, technogenically disturbed soils, root system, water erosion, mineral fertilizers, probiotics, growth promoter, grass mixtures.*

**Введение.** Самые чувствительные растительные организмы на осваиваемых территориях тундры и лесотундры Енисейского Севера – лишайники, мхи, хвойные деревья. Содержащие их сообщества уничтожаются при проездах вездеходной и колесной техники, закладке скважин, прокладке трубопроводных магистралей, линии электропередач, строительстве первичных станций переработки нефте- и газопродуктов, при их дальнейшей эксплуатации, строительстве вахтовых посёлков. Отсутствие или малая мощность органогенного слоя и резкое уменьшение противозерозионной устойчивости мерзлых пород с глубиной на оголённых техногенных ландшафтах являются основными причинами активизации эрозионных процессов. Для недопущения разрушения верхнего слоя тундры необходимо создание дерново-защитного слоя из луговых трав. Исследователями замечено, что на месте антропогенно нарушенных земель эта форма растительности появляется вместо мхов, лишайников и деревьев и занимает доминирующее положение в течение десятков лет [1–4].

Восстановление нарушенных территорий на осваиваемых землях Енисейского Севера –

насушная задача сегодняшнего дня. В НИИ сельского хозяйства и экологии Арктики (НИИСХ и ЭА ФКНЦ СО РАН), начиная с 80-х годов прошлого столетия, успешно ведётся работа по разработке технологий восстановления деградированных и техногенно нарушенных земель и практическому их применению на трассах магистрального газоконденсатного продуктопровода Пелятка – Норильск.

Суть проводимых мероприятий – создание искусственных фитоценозов на месте техногенных пустошей путем посева семян многолетних злаковых трав с нанесением или без плодородного слоя и внесением минеральных удобрений. Формирование нового продуктивного слоя активизирует почвообразовательный процесс, способствует закреплению субстрата, предотвращению эрозионных явлений. Уже на второй год развития идет задержание нарушенного горизонта, начинает улучшаться микроклимат приземного слоя. Сегодня, с увеличением темпов промышленного освоения природных ресурсов Заполярья, актуальность биологической рекультивации с применением сеяных луговых трав возрастает с каждым годом.

**Цель исследований.** Изучение особенностей роста и развития сеяных луговых ценозов при восстановлении растительно-почвенного покрова техногенных ландшафтов в экстремальных условиях субарктической тундры юго-западной части п-ва Таймыр за последние 10 лет (2007–2016 гг.).

**Задачи исследований:**

- изучить особенности адаптации сеяных луговых трав к местным условиям;
- выявить разницу в росте и развитии сеяных луговых трав и представителей аборигенной растительности;
- установить влияние минеральных удобрений и пробиотиков на адаптивные свойства интродуцированных растений.

**Методы и результаты исследований.** Работа выполнена в тундровой и лесотундровой зонах Енисейского Севера на техногенно нарушенных землях. Опыт заложен на тундровых торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых мерзлотных почвах. Почва в слое 0–20 см в год закладки содержала: гумуса – 3,8–4,1 %, легкогидролизуемого азота – 13,4–14,2 мг/100 г поч-

вы, подвижного фосфора – 2,2–3,4 и обменного калия – 6,5–7,1 мг/100 г почвы.

В опыте изучались низовые луговые травы: мятлик луговой (*Poa pratensis*) и овсяница красная (*Festuca rubra* L.); верховые луговые травы: пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*), два сорта и один местный вид костреца безостого (*Bromopsis inermis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*). Удобрения на опытных участках в тундровой зоне вносились в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$ , в лесотундровой зоне в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ежегодно. В качестве удобрений в тундровой зоне использовались аммиачная селитра, суперфосфат двойной, калийная соль; в лесотундровой зоне – комплексное минеральное удобрение – азофоска. Перед посевом семена были обработаны бактериальным препаратом Фитоп 8.67 в течение 2 часов согласно инструкции. Пробиотик был использован в вариантах с однократным и двукратным применением в чистом виде и совместно с комплексным минеральным удобрением азофоска. В отдельном опыте для предпосевной обработки семян был использован бактериальный стимулятор роста Байкал ЭМ-1. Закладка опыта, учеты и наблюдения проводились по методике ВНИИ кормов (1971) [5].

Природно-климатические условия района исследований определяются влиянием Северного Ледовитого океана и наличием многолетней мерзлоты почв. Среднегодовая температура воздуха всегда отрицательная и в среднем составляет  $-12,4$  °С. Средняя температура самого теплого месяца (июля)  $+14,0$  °С. Вегетационный период длится около 90 дней. Сумма эффективных температур выше  $+5$  °С составляет в среднем  $854$  °С, выше  $+10$  °С –  $457$  °С, сумма осадков за год –  $519$  мм, в период вегетации растений –  $165$  мм.

В первые годы жизни травы развивались медленно. Слабое развитие обусловлено резкой сменой условий произрастания, что требует стадии адаптации и акклиматизации растений. Низкие температуры верхних горизонтов почвы уменьшают способность сеяных трав извлекать воду из холодной почвы в начальный период роста. Идет адаптация ко всему комплексу неблагоприятных условий новых мест обитания. Среди морфологических изменений у сеяных трав отмечены меньшие, чем на средней полосе России, размеры. Растения имеют сближен-

ные междоузлия, мелкие листья (явление наннизма – карликовости), корневая система носит поверхностный характер, большая часть ее располагается на глубине 0–12 см. Этот верхний горизонт нами отмечен как основной продуктивный слой, заново вырабатываемый сеяными травами. Корневищные (кострец безостый (*Bromopsis inermis*); овсяница красная (*Festuca rubra* L.) и корневищно-рыхлокустовые (мятлик луговой (*Poa pratensis*)) злаки развивают свои подземные побеги – корневища именно в этом слое. Ниже развитие корневищ не наблюдается.

После 3-го года жизни интенсивное развитие получают сеяные низовые злаковые травы. Развитие верховых злаков идет на спад. На их месте получают развитие дикорастущие злаки: мятлик арктический (*Poa arctica*); вейники (*Calama-grostis*); бекмания обыкновенная (*Beckmannia eruciformis*); полевицы (*Agrostis*), что явно показывает на появление естественной вторичной сукцессии. Даже на десятый год наблюдений практически нет признаков возрождения мхов и лишайников.

При районировании важна реакция растений на изменения среды, амплитуды интенсивности основных показателей главных физиологических процессов (фотосинтез, водный режим, минеральное питание и др.). Она играет чрезвычайно важную роль в адаптации растений к условиям среды, раскрывает «экологический потенциал» растений, а следовательно, характеризует любую внедряемую в новые условия экоморфу. Кроме адаптивных способов защиты надо указать еще на физиологические, которые более универсальны. В водном режиме они направлены прежде всего на снижение точки замерзания клеточного сока, предохранение воды от вымерзания. Отсюда такие особенности растений, как повышение концентрации клеточного сока, главным образом за счет растворимых углеводов. При осеннем повышении холодостойкости (закаливании) крахмал превращается в растворимые сахара. Еще одна черта холодостойких растений – повышение доли коллоидно-связанной воды в общем водном запасе. С понижением температуры доступность воды уменьшается и увеличивается её связность. Еще в XIX веке немецкий физиолог Ю. Сакс доказал, что при охлаждении почвы до околонулевых температур может наступить за-

вядание даже у обильно политых растений, поскольку при низких температурах корни не способны интенсивно всасывать воду [6]. На этом основании распространилось мнение о «физиологической сухости» местообитаний с холодными почвами, что наблюдается и в нашем случае.

Есть мнение, что при температуре почвы от +5 °С и более затруднений с поглощением воды из почвы не наблюдается [7]. Объясняется это тем, что многолетняя мерзлота при сезонном оттаивании продуцирует талую воду с биологической активностью, обусловленной высокой подвижностью молекул. Кривошук наблюдается при температуре, близкой к +4 °С. Температура почвы, при которой допускается посев, должна быть несколько выше минимально необходимой для прорастания семян [8]. Наиболее благоприятной для получения дружных и полных всходов является температура почвы на глубине посева 8–10 °С, хотя в условиях тундровой зоны нами зафиксированы всходы аборигенной растительности и при 0–1 °С. Полевая всхожесть сеяных трав может снизиться при резких и длительных похолоданиях и уплотнении почвы. Все это задерживает появление всходов на 16–17, а иногда на 25–28 дней [9]. Весной низкие температуры почвы и талой воды могут вызвать загнивание определенного количества семян.

Применение минеральных удобрений показало, что в начальный период верховые злаки используют питательные вещества из минеральных удобрений исключительно для построения структурных органов, тогда как у низовых злаков, помимо формирования растительного организма, с первого года развития идет накопление запасных веществ в корнях. После первого года развития у верховых злаков тоже наблюдается процесс накопления запасных питательных веществ, что положительно сказывается на повышении иммунитета растений к неблагоприятным условиям среды.

Проведенные в 2010–2015 гг. исследования по восстановлению техногенно нарушенного участка в лесотундровой зоне показали эффективность технологии, сочетающей предпосевную обработку семян стимулятором Байкал ЭМ-1, механическую обработку почвы (2-кратное фрезерование) с одновременным внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , высевом семян (100 кг/га), высадкой кустарников ивы и

ольхи. Данная технология внедрена в 2015 г. при восстановлении нарушенных земель Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального и Норильского промышленного районов, расположенных по трассе газоконденсатного продуктопровода Пелятка – Норильск.

В 2013 г. в лесотундровой зоне Енисейского Севера сотрудниками НИИСХ и ЭА ФКНЦ СО РАН начаты исследования влияния на рост и развитие сеяных трав пробиотика Фитоп 8.67 и комплексного минерального удобрения азофоска при биологической рекультивации участка магистрального газоконденсатного продуктопровода. Анализ полученных данных за три года (2014–2016 гг.) показывает, что при применении комплексного минерального удобрения азофоска в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в чистом виде и совместно с пробиотиком Фитоп 8.67 можно стабильно создавать искусственные луговые фитоценозы с равномерным травостоем и вегетативной массой до 1,6–1,8 т/га в сухом веществе, при урожайности естественных угодий 0,3–0,4 т/га. Предпосевная обработка семян биологически активным веществом Фитоп 8.67 с последующей подкормкой растений легкодоступными питательными веществами минерального происхождения способствует активизации ростовых процессов и ведет к увеличению массы корней и корневищ, повышает продуктивность надземной массы, усиливает защитные функции почвы. Внесение полного удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  повышало содержание вегетативной надземной массы растений на 1,14 т, совместное использование азофоски с Фитопом 8.67 на 1,16 – при однократном применении пробиотика и на 1,29 т при двукратном применении по сравнению с контролем.

Качественную характеристику создания дерново-защитного слоя из сеяных корневищных трав на техногенных новообразованиях отражает динамика изменения ботанического состава в переходный период. Как показывают данные наблюдений последних лет, в 2016 г. на вариантах азофоска+пробиотик сформировался плотный и ровный, без разрывов, травостой. В ботаническом составе, кроме сеяных злаковых трав, выделены дикорастущие злаки и разнотравье (табл.). Доля сеяных злаков при посеве без удобрений по сравнению с 2015 г. увеличилась незначительно (4,0%) и составила 26,0 %. Ин-

тенсивное увеличение доли сеяных трав на 23–25 % отмечается на вариантах 2, 3, 4 с применением минерального удобрения азофоска в чистом виде и в сочетании с Фитопом 8.67. На

вариантах с использованием Фитопа в чистом виде с однократным и двукратным применением присутствие сеяных трав повысилось на 8–11 %.

### Ботанический состав травостоя, %

Состав травостоя	Вариант опыта											
	1		2		3		4		5		6	
	Без удобрений (контроль)		Азофоска		Азофоска + Фитоп 8.67 1кр.		Азофоска + Фитоп 8.67 2кр.		Фитоп 8.67 1кр.		Фитоп 8.67 2кр.	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
Сеяные злаки	22,0	26,0	71,0	94,0	69,0	94,0	73,0	96,0	30,0	38,0	35,0	46,0
Дикорастущие злаки	17,0	15,0	4,0	2,0	3,0	1,0	1,0	-	19,0	17,0	21,0	18,0
Разнотравье	55,0	48,0	21,0	4,0	25,0	5,0	25,0	4,0	47,0	33,0	41,0	24,0
В т. ч.:												
хвощи	34,0	25,0	17,0	-	24,0	1,0	25,0	-	32,0	16,0	30,0	13,0
пижма северная	14,0	8,0	2,0	-	1,0	1,0	-	1,0	4,0	2,0	9,0	1,0
иван-чай узколистый	7,0	15,0	-	4,0	-	3,0	-	3,0	2,0	15,0	2,0	10,0
Пустующие участки	6,0	11,0	2,0	-	3,0	-	1,0	-	9,0	12,0	13,0	12,0

Доля дикорастущих трав и разнотравья в 2016 г. по сравнению с 2015 уменьшилась на 2–3 %, разнотравья – на 7–27 % соответственно. По многолетним наблюдениям, эта тенденция проявляется в годы с низким количеством осадков. Вместе с тем на делянках с сеяными травами отмечено активное развитие иван-чая узколистого (*Chamerion angustifolium* L.). Очаговое присутствие имела пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) – до 1–9 %. Таким образом, наибольший эффект при искусственном создании растительного покрова нарушенных тундровых земель достигается при совместном применении комплексного минерального удобрения азофоска и бактериального препарата Фитоп 8.67.

Начиная с третьего года жизни, львиную долю в ботаническом составе травостоя лугов занимает мятлик луговой, и вследствие этого наблюдается вытеснение аборигенных видов растительности сеяными злаками. На высокую агрессивность мятлика лугового (*Poa pratensis*) указывала Р.А. Дыдина (1954) [10]. По ее сведениям, в зонах северной тайги и лесотундры мятлик луговой при посеве в травосмесях уже с третьего-четвертого года жизни начинал господствовать в травостое, вытесняя все другие

виды многолетних трав. Семена мятлика лугового прорастают, как правило, одним корешком [11]. Проростки, образовавшиеся из крупных семян, могут иметь два зародышевых корешка. Зародышевая корневая система разрастается, образуя боковые ветви IV–V порядков. К началу кущения растения мятлика лугового (*Poa pratensis*) имеют по 8–10 узловых корней. Каждый ортотропный побег, начиная с фазы 2–3-го развернувшегося листа, образует собственные корни. Кроме того, нарастание количества узловых корней происходит за счет подземной плагиотропной части побегов, где от каждого узла корневища отходит по 1–3 корня, а на междоузлиях образуются мелкие, тонкие и обильно ветвящиеся корни. Количество корней наиболее быстрым темпом нарастает у корневищных злаков, главным образом за счет формирования корней на плагиотропных побегах [12]. Если в конце второго года вегетации на одно растение приходится корней: у овсяницы луговой (*Festuca pratensis*) – 308, тимофеевки луговой (*Phleum pratensis*) – 403, то у мятлика лугового (*Poa pratensis*) – их 1598 [13].

Не последнюю роль в экстремальных условиях играет и такой показатель, как энергия прорастания. Каждое семя имеет свой индиви-

дуальный запас питательных веществ, период покоя, что влияет и на энергию прорастания. Наши многолетние наблюдения показывают, что наиболее активный рост и развитие сеяных трав происходят на второй год после посева. Возможно, семена не успевают выйти из стадии покоя за короткое засушливое лето в год посева (что может отчасти обусловлено суровыми условиями местности) и, только пройдя период зимних холодов, начинают свое развитие на второй год. Как известно, есть влияние меридианного и широтного характера на полевую всхожесть семян. Снижение энергии прорастания и силы роста также наблюдается по мере распространения культуры с запада на восток и с юга на север [14]. Эколого-морфологическими критериями оптимальных условий доразвития и прорастания семян являются динамика роста зародыша и его величина в момент прорастания. Большинство видов флоры Сибири имеют семена с глубоким периодом покоя, обусловленным долгой зимой и недоразвитием зародыша. Для выхода из покоя труднопрорастающих семян необходима двухступенчатая стратификация: первый период – при 6–9 °С в течение 10–60 дней; второй период – при 0–5 °С от 30 дней до 7 месяцев. [15].

Формирование корневой системы сеяных трав на Енисейском Севере имеет отличия по сравнению с более южными широтами. Главное отличие состоит в горизонтах залегания корней. Если в умеренных широтах глубина залегания корней достигает 50–60 см, то в широтах Енисейского Севера корни имеют поверхностное распространение. Так, верховые злаковые травы при длине корней 31–36 см, а низовые злаковые травы при 25–30 см имеют глубину проникновения 15–20 см. Этот слой и составляет органогенный продуктивный пояс развития корневой системы сеяных злаковых трав на третий и последующие годы после посева в тундровых почвах. Корни располагаются в хаотическом порядке, но у верховых луговых трав носят преимущественно вертикальное (ортотропное), а у низовых – горизонтальное (плагиотропное) распространение. Органические остатки сеяных трав предыдущих лет оказывали положительное влияние на структурообразование почвы, повышение ее плодородия и продуктивности.

Интересно заметить, что в первые годы освоения опытного участка (2006–2007 гг.), когда еще не сформировался дерновый слой из сеяных многолетних злаковых трав, глубина оттаивания вечной мерзлоты достигала более 2,5 м. В 2015 г. глубина оттаивания вечномерзлого грунта на опытном участке уменьшилась вдвое и составила 1,1–1,3 м. Таким образом, увеличение плотности травостоя с годами приводит к снижению глубины оттаивания вечномерзлых грунтов, уменьшая тем самым и опасность возникновения водной эрозии, и явления тиксотропии верхних горизонтов почв. По нашему мнению, близость мерзлотного экрана, который не дает распространяться корням вниз, в глубину, одновременно выступает катализатором образования корней в том деятельном слое, который наиболее лучше прогревается полярным солнцем. Некоторая часть проросших корневых волосков погибает из-за неблагоприятных погодных условий. Если учесть, что корневые волоски в нормальных условиях живут одни или несколько суток, то можно предположить, что в условиях субарктической тундры период их активной деятельности еще меньше, а процесс их образования идет интенсивнее, чем в южных широтах страны. Малая глубина действующего почвенного горизонта и короткий период теплого времени года с учетом полярного дня способствуют усиленному увеличению корневой массы для переработки и доставки питательных веществ к надземной части растений. Иначе чем объяснить 3–4-кратное превышение массы корней над надземной частью растений в условиях тундры? Заметим, что подобное в других природных зонах наблюдается редко. Густая сеть корней луговых трав имеет огромную протяженность, способствует формированию структуры почвы с системой некапиллярных промежутков, обуславливающих подвижность влаги и аэрацию. В травостоях масса корней и корневых остатков под смесью низовых злаковых трав к концу четвертого года жизни (2009 г.) составила 106 ц/га, а под смесью верховых – 82 ц/га.

На основе результатов исследований нами выделены виды трав, наиболее перспективные для восстановления продуцирующих функций почвенной поверхности нарушенных земель: низовые луговые травы – мятлик луговой (*Poa pratensis*); овсяница красная (*Festuca rubra* L.);

верховые луговые травы – пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*); кострец безостый (*Bromopsis inermis*). Верховые злаковые травы мы отнесли к группе краткосрочного действия, так как после 2–3 лет активного роста и развития у них наблюдается снижение жизнедеятельности. Низовые злаки были отнесены в группу долгосрочного действия. Интенсификация и активная фаза развития у них начинаются с третьего года жизни и продолжаются на протяжении десяти и более лет.

В течение исследований сроки отрастания сеяных луговых трав неуклонно приближались к срокам отрастания дикорастущих трав. Так, если в 2006 г. разница между сроками всходов дикорастущих и сеяных трав составила более полутора месяцев, в 2007 г. – 1 неделю, в 2008 – 3–5 дней, то в 2009 году разница в отрастании практически исчезла.

Наши наблюдения за развитием искусственных фитоценозов на месте техногенно нарушенных земель показывают, что при биологической рекультивации лучше использовать одно-видовые посевы или малокомпонентные травосмеси (из двух-трех разновидностей трав) с преобладанием трав с ускоренным образованием дернины. Если рассматривать однокомпонентные посевы, то это, несомненно, мятлик луговой (*Poa pratensis*) или овсяница красная (*Festuca rubra* L.). При использовании двухкомпонентных травосмесей надо использовать мятлик луговой + овсяница красная в соотношении 40:60. Это связано с тем, что на единицу массы приходится большее количество семян мятлика лугового (*Poa pratensis*), и тем, что он является ценотически более сильным компонентом, чем овсяница красная (*Festuca rubra* L.). При значительно различающихся нормах высева происходит быстрая компенсация кущением меньшей численности растений и выравнивание присутствия. Эти два вида трав хорошо уживаются и развиваются вместе. Весенне-осеннее кущение овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) хорошо дополняет летнее кущение мятлика лугового (*Poa pratensis*). Фенологическое развитие растений в дальнейшем примерно совпадает, и за четыре года жизни образуется крепкое на разрыв дерновое покрытие толщиной 10–12 см.

Можно предложить еще трехкомпонентную травосмесь, состоящую из одного вида верхо-

вых злаков и двух видов низовых. Преимуществом данной травосмеси является быстрое (в течение двух лет) зарастание участков нарушенных земель верховыми злаками, далее идет процесс его замещения низовыми злаковыми травами и полное их доминирование. Наиболее оптимальными являются следующие трехкомпонентные травосмеси:

- кострец безостый (*Bromopsis inermis*) + овсяница красная (*Festuca rubra* L.) + мятлик луговой (*Poa pratensis*) в соотношении 40:30:30;

- пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*) + овсяница красная (*Festuca rubra* L.) + мятлик луговой (*Poa pratensis*) в соотношении 40:30:30.

Анализ полученных результатов позволяет отметить те особенности роста и развития сеяных луговых трав на Енисейском Севере, на которые следует обратить внимание при создании искусственных луговых фитоценозов на техногенно нарушенных землях:

- лимитирующими факторами формирования и развития сеяных лугов являются тепло и влага;

- на доступность воды влияет не только температура, но и структурированность почвы и вечная мерзлота;

- при адаптации интродуцированных растений к местным условиям произрастания в их развитии по сравнению со средней полосой России наблюдается явление наннизма (карликовости) отдельных органов растений;

- разница в наступлении фенологических фаз между сеянными и аборигенными видами трав, составляющая в первые годы интродукции 1,5 месяца, постепенно исчезает в течение 3–4 лет;

- обязательное внесение минеральных удобрений при посеве и ежегодная подкормка;

- предпосевная обработка семян бактериальным препаратом Фитоп 8.67 или стимулятором роста Байкал ЭМ-1.

**Заключение.** Результаты исследований и анализ полученных экспериментальных данных позволили разработать 4 методических руководства с внедрением в производство, получить патент РФ «Способ рекультивации хвостохранилищ в условиях Субарктики» № 2571346 от 23 ноября 2015 г. Создание искусственных фитоценозов на техногенных ландшафтах является одним из самых действенных и экологически чистых путей восстановления освоенных территорий.

Литература

1. Магомедова М.А., Морозова Д.М. Иерархическая схема антропогенных нарушений почвенно-растительного покрова на полуострове Ямал // Освоение Севера и проблемы природопользования: докл. IV Международный конф. – Сыктывкар, 2000. – С. 76–80.
2. Магомедова М.А., Морозова Л.М. Восстановление оленьих пастбищ // Восстановление земель на Крайнем Севере. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2001. – С. 126–134.
3. Фесько А.А. Особенности накопления надземной массы в антропогенных фитоценозах в окрестностях г. Норильска // Сб. науч. тр. РАСХН / Сиб. отд-ние ГНУ НИИСХ Крайнего Севера. – Новосибирск, 2006. – С. 132–135.
4. Сариев А.Х. Изучение многолетних злаковых трав в тундровой зоне Енисейского Севера при биологической рекультивации нарушенных земель // Биологические ресурсы Крайнего Севера: изучение и использование: сб. науч. тр. ГНУ НИИСХ Крайнего Севера Россельхозакадемии. – СПб.: ГУАП, 2010. – С. 217.
5. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. I. – М., 1970. – 182 с.; Ч. II. – М., 1971. – 176 с.
6. Дядькин В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 30.
7. Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высш. шк., 1979. – 368 с.
8. Угаров Г.С. Об устойчивости пшеницы к низким положительным температурам. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1983.
9. Иванова Л.С. Принципы типологии геокмплексов и земель для ландшафтных систем земледелия Лено-Амгинского междуречья // Мат-лы науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию Якут. НИИСХ СО РАСХН / РАСХН, Сиб. отд-ние, Якут. НИИСХ. – Новосибирск, 2002. – С. 85–90.
10. Дьдина Р.А. Залужение лесных и тундровых земель // Мат-лы 6-й расшир. сессии ученого совета НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. – Л., 1954. – Вып.3. – С. 44–67.
11. Серая Г.П. Особенности морфогенеза вегетативных органов мятлика лугового и полевицы белой в зависимости от условий выращивания растений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1968.
12. Лебедев П.В. Морфогенез луговых злаков и условия внешней среды: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Пермь, 1966.
13. Сигалов Б.Я. Долголетние газоны. – М.: Наука, 1971. – 311 с.
14. Демарчук Г.А. Многолетние травы в Сибири // Информ. справ. – Новосибирск, 2002. – 223 с.
15. Семёнова Г.П. Эколого-морфологические критерии оптимальных условий прорастания семян дикорастущих растений // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 6. – С. 875–879.

Literatura

1. Magomedova M.A., Morozova D.M. Ier-arhicheskaja shema antropogennyh narushenij pochvenno-rastitel'nogo pokrova na poluostrove Jamal // Osvoenie Severa i problemy prirodopol'zovanija: dokl. IV Mezhdunar. konf. – Syktyvkar, 2000. – S. 76–80.
2. Magomedova M.A., Morozova L.M. Vostanovlenie olen'ih pastbishh // Vosstanovlenie zemel' na Krajnem Severe. – Syktyvkar: Komi nauchnyj centr UrO RAN, 2001. – S. 126–134.
3. Fes'ko A.A. Osobennosti nakoplenija nadzemnoj massy v antropo-gennyh fitocenozah v okrestnostjah g. Noril'ska // Sb. nauch. tr. RASHN / Sib. otd-nie GNU NIISH Krajnego Severa. – Novosibirsk, 2006. – S. 132–135.
4. Sariev A.H. Izuchenie mnogoletnih zlakovyh trav v tundrovoj zone Enisejskogo Severa pri biologicheskoi rekultivacii narushennyh zemel' // Biologicheskije resursy Krajnego Severa: izuchenie i ispol'zovanie: sb. nauch. tr. GNU NIISH Krajnego Severa Rossel'hozakademii. – SPb.: GUAP, 2010. – S. 217.
5. Metodika opytov na senokosah i pastbishhah. Ch. I. – M., 1970. – 182 s.; Ch. II. – M., 1971. – 176 s.
6. Dadykin V.P. Osobennosti povedenija rastenij na holodnyh pochvah. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. – S. 30.
7. Goryshina T.K. Jekologija rastenij. – M.: Vyssh. shk., 1979. – 368 s.



8. *Ugarov G.S.* Ob ustojchivosti pshenicy k nizkim polozhitel'nym temperaturam. – Jakutsk: Izd-vo JaF SO AN SSSR, 1983.
9. *Ivanova L.S.* Principy tipologii geokompleksov i zemel' dlja land-shaftnyh sistem zemledelija Leno-Amginskogo mezhdurech'ja // Mat-ly nauch.-prakt. konf., posvjashh. 45-letiju Jakut. NIISH SO RASHN / RASHN, Sib. otd-nie, Jakut. NIISH. – Novosibirsk. 2002. – S. 85–90.
10. *Dydina R.A.* Zaluzhenie lesnyh i tundrovyyh zemel' // Mat-ly 6-j ras-shir. sessii uchenogo soveta NII poljarnogo zemledelija, zhivotnovodstva i promyslovogo hozjajstva. – L., 1954. – Vyp.3. – S. 44–67.
11. *Seraja G.P.* Osobennosti morfogeneza vegetativnyh organov mjatlika lugovogo i polevicy beloj v zavisimosti ot uslovij vyrashhivaniya rastenij: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. – Sverdlovsk, 1968.
12. *Lebedev P.V.* Morfogenez lugovyh zlakov i uslovija vneshnej sredy: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. – Perm', 1966.
13. *Sigalov B.Ja.* Dolgoletnie gazony. – M.: Nauka, 1971. – 311 s.
14. *Demarchuk G.A.* Mnogoletnie travy v Sibiri // Inform. sprav. – Novosibirsk, 2002. – 223 s.
15. *Semjonova G.P.* Jekologo-morfologicheskie kriterii optimal'nyh uslovij prorastaniya semjan dikorastushhih rastenij // Sib. jekol. zhurn. – 2004. – № 6. – S. 875–879.



УДК 631.4-631.82

*И.И. Шепелев, Е.Н. Еськова, О.В. Романова,  
А.М. Немеров, О.В. Пиляева, Р.В. Кочетков*

**ОЦЕНКА ЭКОТОКСИЧНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ  
ДЛЯ САНАЦИИ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ШЛАМОХРАНИЛИЩУ АО «РУСАЛ АЧИНСК»**

*I.I. Shepelev, E.N. Eskova, O.V. Romanova,  
A.M. Nemerov, O.V. Pilyaeva, R.V. Kochetkov*

**ECOTOXICITY ASSESSMENT OF EXPERIMENTAL MIXTURES DESIGNED TO RESCUE  
THE TERRITORY ADJOINING TO SLURRY STORAGE OF JSC 'RUSAL ACHINSK'**

**Шепелев И.И.** – д-р техн. наук, проф. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Ekoing@mail.ru

**Еськова Е.Н.** – канд. биол. наук, доц., зав. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Романова О.В.** – канд. с.-х. наук, доц. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: romikanus@mail.ru

**Немеров А.М.** – директор по экологии и качеству АО «РУСАЛ Ачинск», г. Ачинск. E-mail: Ekoing@mail.ru

**Пиляева О.В.** – канд. техн. наук, доц. каф. агроинженерии Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: Ekoing@mail.ru

**Shepelev I.I.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: Ekoing@mail.ru

**Eskova E.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Science, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Romanova O.V.** – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: romikanus@mail.ru

**Nemerov A.M.** – Director in Ecology and Quality, JSC 'RUSAL', Achinsk. E-mail: Ekoing@mail.ru

**Pilyaeva O.V.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agroengineering, Achinsk Branch, Krasnoyarsk State Agricultural University, Achinsk. E-mail: Ekoing@mail.ru