

Влияние субстрата на восстановление популяции *Stipa capillata* L. на породных отвалах

А. Н. КУПРИЯНОВ, О. А. КУПРИЯНОВ, Ю. А. МАНАКОВ, В. И. УФИМЦЕВ

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
Кузбасский ботанический сад
650065, Кемерово, пр. Ленинградский, 10
E-mail: kopr-42@yandex.ru

Статья поступила 17.03.2020

После доработки 31.08.2020

Принята к печати 10.09.2020

АННОТАЦИЯ

В результате пятилетнего эксперимента оценена возможность создания на отвале вскрыши Виноградовского угольного разреза (Кемеровская обл.) природоподобного сообщества из лугово-степных видов растений с доминированием *Stipa capillata* L. Подготовка отвала заключалась в выравнивании техногенного элювия и нанесении 10 см плодородного слоя почвы (ПСП) из буртов, образованных при снятии почвы при образовании отвала, и потенциально-плодородной породы (ППП), представленной лессовидными суглинками отвала вскрыши. В качестве контроля использовался горизонтальный участок песчаникового отвала с литогенно-неразвитым слоем без нанесения ПСП и PPP. Травяно-семенная смесь (ТСС) заготавливалась летом и осенью на степных склонах регионального ботанического заказника “Бачатские сопки”, растительность которых представляла лугово-степные сообщества с доминированием *S. capillata*. Наблюдения проводились в течение пяти лет, с 2015 по 2019 г. Наиболее благоприятные условия для роста и развития *S. capillata* складываются в варианте с нанесением слоя суглинков. Уже в первый год единичные растения приступают к цветению, на третий год цветут и плодоносят все особи. Доля ковыля на пятый год в общей продуктивности составляет 83,6 %. Растения образуют мощную дернину и становятся конкурентно-способными с сорными растениями. В варианте с нанесением плодородной почвы доля *S. capillata* с 2015 по 2018 г. составляет 4–8 % и только в 2019 г. она увеличилась до 30,1 %. Подавление особей *S. capillata* связано с высокой конкурентной способностью *Elytrigia repens* (L.) Nevski, корневища которого попали на отвал вместе с ПСП из буртов. В контроле поселение *S. capillata* отмечено на 4–5-й год за счет семян, пересеивающихся с опытных вариантов.

Ключевые слова: *Stipa capillata* L., отвал горных пород, плодородный слой почвы, потенциально плодородные породы, травяно-семенная смесь, природоподобные сообщества.

Проблема восстановления биологического разнообразия на нарушениях земной поверхности, особенно после катастрофических воздействий в результате добычи минерального сырья, имеет глобальное значение для предотвращения деградации биосферы Земли [Конвенция..., 1992].

© Куприянов А. Н., Куприянов О. А., Манаков Ю. А., Уфимцев В. И., 2021

В России в середине XX в. появился специальный термин “рекультивация”, который обозначает комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами

общества [ГОСТ 17.5.1.01-83]. Исследованиями ИПА СО РАН за более чем 50-летний период установлено, что мероприятия по рекультивации отвалов угольных разрезов могут восстановить продуктивность эмбриоземов только до 30 % от зональных почв [Гаджиев и др., 2001]. Естественное зарастание отвалов происходит медленно, растительный покров за 30–35 лет восстанавливается только до паразональных или параинтразональных сообществ [Куприянов, Манаков, 2008; Куприянов и др., 2010].

В условиях возрастающих требований по сохранению и восстановлению биологического разнообразия к горнодобывающим предприятиям и наработанного многолетнего практического опыта по биологической рекультивации возникла необходимость разработки технологий создания природоподобных сообществ на отвалах. Одна из них касается разработки реставрации на отвалах растительного покрова, существовавшего до начала горных работ [Манаков, 2018]. Одно из направлений работы – природоподобная технология реставрации лугово-степных сообществ на горизонтальной поверхности отвалов горных пород [Куприянов, Поклонов, 2017; Уфимцев, 2017; Манаков, Кургуянов, 2018].

Участки ковыльной степи в Кемеровской области чрезвычайно малы по площади и расположены на южных склонах холмов, низкогорий, каменистых обнажениях. Наиболее крупные степные участки находятся на восточном макросклоне Салаирского кряжа [Лацинский, 2009] и Караканского хребта [Лацинский и др., 2011]. В пределах Кузбасского угольного бассейна, расположенного в Кузнецкой котловине, практически нет ненарушенных территорий, и *Stipa capillata* L. является основным доминантом степных сообществ в центральной части Кузнецкой котловины. Формирование степных растительных сообществ происходит на маломощных щебнистых дерново-карбонатных почвах с близким залеганием скальных пород, что обуславливает высокую влагопроницаемость, усиливая сухость местообитаний [Лацинский, 2009]. Подобные условия возникают на отвалах вскрыши, для которых характерна провальная влагопроницаемость и более низкая влажность инициальных эмбриоземов [Баранник, 1978, 1988; Куприянов и др., 2010].

В условиях продолжающегося обеднения природного биоразнообразия, использования растений природной флоры, в том числе ковылей, является одним из путей сохранения и восстановления утраченных экосистем [Скрипчинский, 1973]. Степные сообщества с доминированием *S. capillata* занимают большие территории юга Сибири [Королюк, Макунина, 2000].

Цель исследования – оценить влияние способов подготовки поверхности рекультивируемого отвала для создания природоподобного лугово-степного сообщества на состояние *S. capillata*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальный полигон по изучению восстановления лугово-степных растительных сообществ создан в 2014 г. на территории угольного разреза “Виноградовский” ПАО “Кузбасская топливная компания” и расположен в 3 км к юго-востоку от Караканского хребта, на котором сохранились ненарушенные степные сообщества.

Отвал вскрыши представлен глинами и суглинками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Каменистость грунтов возрастает с глубины 20–30 см, что свидетельствует о замедлении процесса выветривания в глубине. Под верхним полностью разложившимся на мелкозем слое породы встречаются куски горной массы, сохраняющие свою форму и монолитность. По механическому составу элювий пород отвала относится к легким суглинкам и супесям.

Элювий аргиллитов рыхлого сложения также обладает высокой водопроницаемостью. При подготовке экспериментального участка поверхность отвала была сильно уплотнена тяжелыми бульдозерами, что в значительной степени понизило водопроницаемость и выразилось в поверхностной водной эрозии поверхности отвала.

На момент организации полигона растительный покров отвала находился на пионерной стадии и стадии простой растительной группировки [Куприянов и др., 2010]. Видовой состав соответствует начальным этапам формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса [Куприянов, Морсакова, 2008; Манаков, Куприянов, 2009]. Подавляющее большинство видов (23 вида

из 26, отмеченных на отвале) относится к рудеральным [Ульянова, 2005].

Схема опыта по реставрации лугово-степной растительности на отвалах угольной промышленности предусматривала изучение влияния двух факторов: тип субстрата, на который будет производиться внесение семенного материала, и норма вносимого семенного материала (рис. 1).

Травяно-семенная смесь (ТСС) заготавливалась летом и осенью 2014 г. на степных склонах ботанического заказника “Бачатские сопки” (20.07.14, 20.08.14, 20.09.14), представляющих лугово-степные сообщества с доминированием *S. capillata*, расположенных в 50 км от отвала. Заготовка ТСС проводилась при помощи бензиновой косилки Husqvarna LC 56 AWD, которая выполняет за один проход три технологические операции: скашивание, измельчение, бункерование. Учетная норма ТСС – это масса травяно-семенной смеси, собранная с единицы площади и наносимая на такую же единицу площади отвала. В эксперименте использовалась двойная норма ТСС (2N).

В качестве субстратов брали плодородный слой почвы (ПСП) из буртов, сформированных во время подготовки территории для отвала. Недостатком ПСП явилось сильное загрязнение биологическим материалом и прежде всего остатками корневищ *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Во втором варианте использовались суглинки вскрыши, потенциально-плодородные породы (ППП). Толщина наносимого слоя ПСП и PPP составила 10 см. В качестве контроля (К) служили площадки эмбриозема инициального, представленного техногенным элю-

виом с внесением на поверхность ТСС, и без внесения ТСС. Площадь каждого варианта составляла 25 м².

Схема опыта была следующей: ПСП-2N – нанесение ПСП, внесение две нормы ТСС; ПСП-0N – то же, но без внесения ТСС; PPP-2N – нанесение PPP, внесение две нормы ТСС; PPP-0N – нанесение PPP, без внесения ТСС; К-2N – нанесение на эмбриозем инициальный две нормы ТСС; К-0N – эмбриозем инициальный без улучшения.

Закладка опыта произведена осенью 2014 г., а наблюдения за состоянием *S. capillata* осуществлялись пять лет (2015–2019). Ежегодно учеты проводились в первой декаде июля в момент максимального развития растений. Фенологическое состояние определялось в соответствии с методическими указаниями [Зайцев, 1978]: отмечались появление всходов, фаза кущения, вегетативная фаза, включающая выход в трубку, колошение и образование осенних вегетативных побегов, цветение и плодоношение. Количественный учет растений проводился согласно принятых методик [Грейг-Смит, 1967; Таранов и др., 1979; Работнов, 1992]. На каждой учетной площадке регистрировалось количество экземпляров, высота растений, коэффициент кущения. При определении продуктивности природоподобных сообществ масса ковыля учитывалась отдельно.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После нанесения ТСС осенью 2014 г. всходы во всех вариантах стали появляться в июне 2015 г.

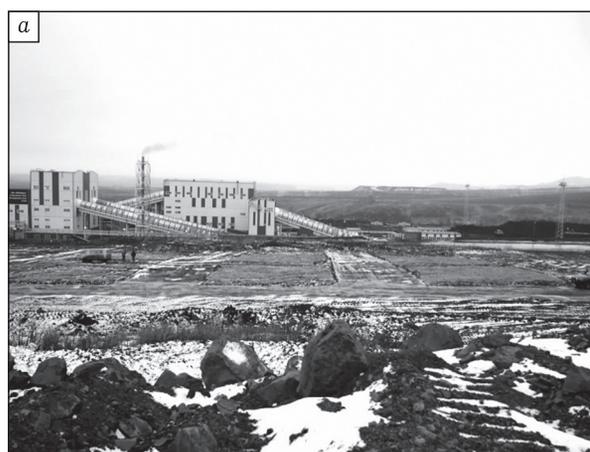


Рис. 1. Экспериментальный участок: а – нанесение ТСС в 2014 г.; б – природоподобное ковыльное сообщество в 2018 г.

В варианте с нанесением почвы в первый и второй год (2015, 2016) растения находились в состоянии всходов и кущения. На третий (2017) и четвертый (2018) годы большая часть растений приступила к цветению. Неблагоприятные условия 2019 г. (аномальная жара в июне) привела к тому, что большая часть растений (80 %) осталась в вегетативном состоянии и только 20 % приступили к цветению (табл. 1).

В варианте с нанесением на отвал вскрышных глин и суглинков к концу 2015 г. большая часть растений находилась в состоянии кущения, а 10 % особей приступили к цветению. В последующие годы все растения нормально цвели и плодоносили (исключение составляет 2019 г., когда из-за погодных условий некоторая часть растений осталась в вегетативном состоянии).

В контроле при внесении ТСС растения с 2015 по 2018 г. находились в вегетативном состоянии и только на пятый год (2019) 50 % особей приступило к цветению. В контроле без внесения ТСС семена *S. capillata* мог-

ли попасть только в результате налета семян из опытных вариантов. Отдельные особи зацвели на третий год.

В 2018 г. отмечен небольшой самосев в вариантах с внесением суглинков, что свидетельствует о формировании полночленной популяции *S. capillata*.

Кущение *S. capillata* происходит путем образования надземных побегов из узла, расположенного у основания главного побега. В варианте с нанесением почвы величина коэффициента кущения к 2019 г. достигла $14,8 \pm 4,3$ шт./раст. В варианте с нанесением суглинков коэффициент кущения уже в 2016 г. достиг $5,5 \pm 0,64$ шт./раст., в дальнейшем количество вегетативных побегов увеличилось до $11,0 \pm 3,1$ шт./раст. В контроле после внесения ТСС коэффициент кущения к пятому году составил $2,9 \pm 0,4$ шт./раст. В контроле без внесения ТСС поселение растений единичное и первые два года находится в состоянии всходов и только по микропонижениям, где складываются более благоприятные условия, приступают к кущению.

Т а б л и ц а 1
Развитие растений *S. capillata*, %

Вариант	Год	Всходы	Кущение	Колошение/вегетативное состояние	Цветение/плодоношение
ПСП-2N	2015	40	60	0	0
	2016	20	80	0	0
	2017	0	0	10	90
	2018	0	0	0	100
	2019	0	0	80	20
ППС-N2	2015	0	20	60	10
	2016	0	0	0	100
	2017	0	0	0	100
	2018	0	0	0	100
	2019	0	0	30	70
К-2N	2015	80	20	0	0
	2016	90	10	0	0
	2017	10	90	0	0
	2018	0	30	70	0
	2019	0	0	50	50
К-0N	2015	100	0	0	0
	2016	30	70	0	0
	2017	0	60	20	20
	2018	0	40	40	20
	2019	0	0	100	0

Первые генеративные побеги (2,5 шт./раст.) появились в первый год в варианте с нанесением суглинков. В 2017–2019 гг. их количество было стабильным и составляло 3,1–3,8 шт./раст., что соответствует молодому генеративному состоянию [Серикова и др., 2013]. В варианте с нанесением почвы количество генеративных побегов в те же годы в два раза меньше (1,4–1,8 шт./раст.). В контроле с нанесением ТСС единичные растения приступили к колошению и цветению на четвертый – пятый год, а количество генеративных побегов не превышало одного на растение.

Диаметр дернины нарастает очень медленно, к пятому году в варианте с нанесением

плодородной почвы он составил $2,3 \pm 0,3$ см, в контроле с нанесением ТСС – $0,9 \pm 0,4$ см, а в варианте с нанесением суглинков максимальный диаметр зафиксирован на третий год – $3,8 \pm 0,7$ см.

Максимальной высоты растения достигли в 2018 г. в варианте с нанесением почвы – $73,7 \pm 1,9$ см, а в варианте с нанесением суглинков – $86,2 \pm 3,1$ см (табл. 2). Это больше средних размеров, характерных для природных мест обитания [Определитель..., 2001; Олонова, Шаврова, 2009; Подгаевская, Золотарева, 2015].

В варианте с внесением почвы в первый год появляется довольно большое коли-

Т а б л и ц а 2
Динамика количественных показателей *S. capillata*

Показатель	Вариант			
	ПСП-2N	ППП-2N	К-2N	К-0N
2015 г.				
Коэффициент кущения, шт.	$0,3 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,64$	$0,4 \pm 0,27$	0
Высота, см (вегетативные побеги)	$12,0 \pm 0,9$	$17,0 \pm 1,0$	$7,0 \pm 0,2$	0
2016 г.				
Коэффициент кущения, шт.	$6,0 \pm 0,30$	$9,6 \pm 1,00$	$1,3 \pm 0,50$	0
Количество генеративных побегов, шт.	0	2,5	0	0
Диаметр дернины, мм	$1,0 \pm 0,8$	$1,7 \pm 1,2$	$1,0 \pm 0,0$	0
Высота, см:				
вегетативные побеги	$24,2 \pm 6,8$	$31,4 \pm 5,0$	$15,2 \pm 3,5$	0
генеративные побеги	0	$69,0 \pm 5,2$	0	0
2017 г.				
Коэффициент кущения, шт.	$4,4 \pm 0,7$	$8,1 \pm 1,5$	$1,0 \pm 0,50$	0
Количество генеративных побегов, шт.	$1,4 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,7$	0	0
Диаметр дернины, мм	$1,5 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,0$	0
Высота, см:				
вегетативные побеги	$39,4 \pm 3,0$	$42,9 \pm 3,4$	0	0
генеративные побеги	$60,4 \pm 6,9$	$76,5 \pm 5,5$	0	0
2018 г.				
Коэффициент кущения, шт.	$13,8 \pm 3,4$	$5,0 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,6$
Количество генеративных побегов, шт.	$1,7 \pm 0,3$	$3,4 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,8$	0
Диаметр дернины, мм	$1,9 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,6$	$0,5 \pm 0,16$
Высота, см:				
вегетативные побеги	$67,0 \pm 2,8$	$88,4 \pm 3,3$	0	$28,2 \pm 0,5$
генеративные побеги	$73,7 \pm 1,9$	$86,2 \pm 3,1$	0	0
2019 г.				
Коэффициент кущения, шт.	$14,8 \pm 4,3$	$11,0 \pm 3,1$	$2,9 \pm 0,4$	0
Количество генеративных побегов, шт.	$1,8 \pm 0,7$	$3,1 \pm 0,43$	$1,0 \pm 0,4$	0
Диаметр дернины, см	$2,3 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,4$	0
Высота, см:				
вегетативные побеги	$42 \pm 5,6$	$48 \pm 5,1$	0	0
генеративные побеги	$72 \pm 6,3$	$74 \pm 6,4$	0	0

Количество и продуктивность ковыля волосатика

Вариант	Характеристика	2015 г. (n = 10)	2016 г. (n = 10)	2017 г. (n = 10)	2018 г. (n = 10)	2019 г. (n = 10)
ПСП-2N	Вес, г/раст.	0,05	0,64 ± 0,40	2,56 ± 0,58	7,9 ± 0,66	9,5 ± 1,44
	Количество, шт./м ²	81,6 ± 6,2	40,8 ± 9,6	9,2 ± 1,6	2,8 ± 1,12	4,4 ± 0,56
	Продуктивность, г/м ²	4,0	27,2	23,6	22,0	42,0
ПСП-0N	Вес, г/раст.	0,0	0,0	0,0	2,1 ± 0,54	8,0 ± 1,02
	Количество, шт./м ²	0,0	0,0	0,0	1,2 ± 0,44	1,6 ± 0,68
	Продуктивность, г/м ²				2,4	12,8
ППП-2N	Вес, г/раст.	0,03	3,72 ± 0,42	6,18 ± 1,08	11,4 ± 0,66	12,7 ± 1,46
	Количество, шт./м ²	288,0 ± 33,92	27,2 ± 9,6	20,4 ± 2,0	12,4 ± 2,68	17,6 ± 3,48
	Продуктивность, г/м ²	8,8	101,2	126,0	141,2	178,4
ППП-0N	Вес, г/раст.	0,0	0,0	1,38 ± 0,21	16,4 ± 1,29	12,9 ± 2,86
	Количество, шт./м ²	0,0	0,0	0,4 ± 0,01	2,0 ± 0,02	17,6 ± 3,48
	Продуктивность, г/м ²	0,0	0,0	0,4	2,8	19,6
К-2N	Вес, г/раст.	0,01	0,0	0	0,9 ± 0,40	5,8 ± 0,98
	Количество, шт./м ²	5,2 ± 5,04	28,0 ± 0,2	1,6 ± 0,02	6,0 ± 3,12	2,8 ± 2,44
К-0N	Вес, г/раст.	0,0	0,0	0	0	5,0 ± 0,27
	Количество, шт./м ²	0	0	0	0	2,0 ± 1,24

чество всходов ($81,6 \pm 6,2$ шт./м²) (табл. 3), но в дальнейшем их количество резко уменьшается и в 2019 г. составляет $4,4 \pm 0,56$ шт./м². В варианте без внесения ТСС всходы появились только в 2018 г., возможно, это пересев с других опытных вариантов. В вариантах с нанесением суглинков количество всходов достигает в первый год $288,0 \pm 33,92$ шт./м², к пятому году осталось $17,6 \pm 3,48$ шт./м², что значительно больше, чем в варианте с внесением почвы. В контроле с внесением ТСС количество растений составляет $6,0-2,8$ шт./м², постоянным источником заноса семян являются опытные варианты, появляющиеся всходы концентрируются по элементам нанорельефа и в большом количестве гибнут.

Максимальный вес одного растения получен на пятый год в варианте с нанесением суглинков – $12,7-12,9$ г/раст., в варианте с внесением почвы – $8,0-9,5$, в контроле – $5,0-5,8$ г/раст. (см. табл. 3).

Доля *S. capillata* в травостое со временем постоянно увеличивается, в варианте с нанесением суглинков его доля на пятый год жизни составляет 83,6 %, что много больше, чем в других вариантах (рис. 2). Из других видов в сложении растительного покрова участвуют лугово-степные (*Artemisia austriaca* Jacq., *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Medicago falcata* L., *Seseli ledebourii* G. Don) и сорные (*Cirsium setosum* (Willd.)

Besser и *Elytrigia repens*) виды. На суглинках без внесения ТСС доля ковыля на пятый год составляет только 18 %.

В варианте с нанесением плодородной почвы доля ковыля с 2015 по 2018 г. составляла 4–8 % и только в 2019 г. резко увеличилась до 30,1 %. Прежде всего это связано с высокой конкурентной способностью *Elytrigia repens*, корневища которого попали на отвал вместе с плодородной почвой из буртов. *E. repens* обладала 100%-й встречаемостью в повторностях, наибольшим проективным покрытием и активностью. 2019 год оказался крайне неблагоприятным для более мезофитного *E. repens*, растение рано стало подсыхать, отмечена большая доля растений с линейной ржавчиной (*Puccinia graminis* Pers.), и в этих условиях при общем уменьшении продуктивности с $224,0 \pm 38,0$ г/м² в 2018 г. до $139,6 \pm 38,4$ г/м² в 2019 г. доля более ксерофорфного *S. capillata* возросла. В сложении растительного покрова этого варианта участвуют как сорные (*Artemisia sieversiana* Willd., *Elytrigia repens*, *Linaria vulgaris* Mill.), так и лугово-степные (*Artemisia austriaca*, *Dactylis glomerata* L., *Galium verum* L.) виды.

ОБСУЖДЕНИЕ

Природоподобное растительное сообщество – термин новый и нераскрытый. При-

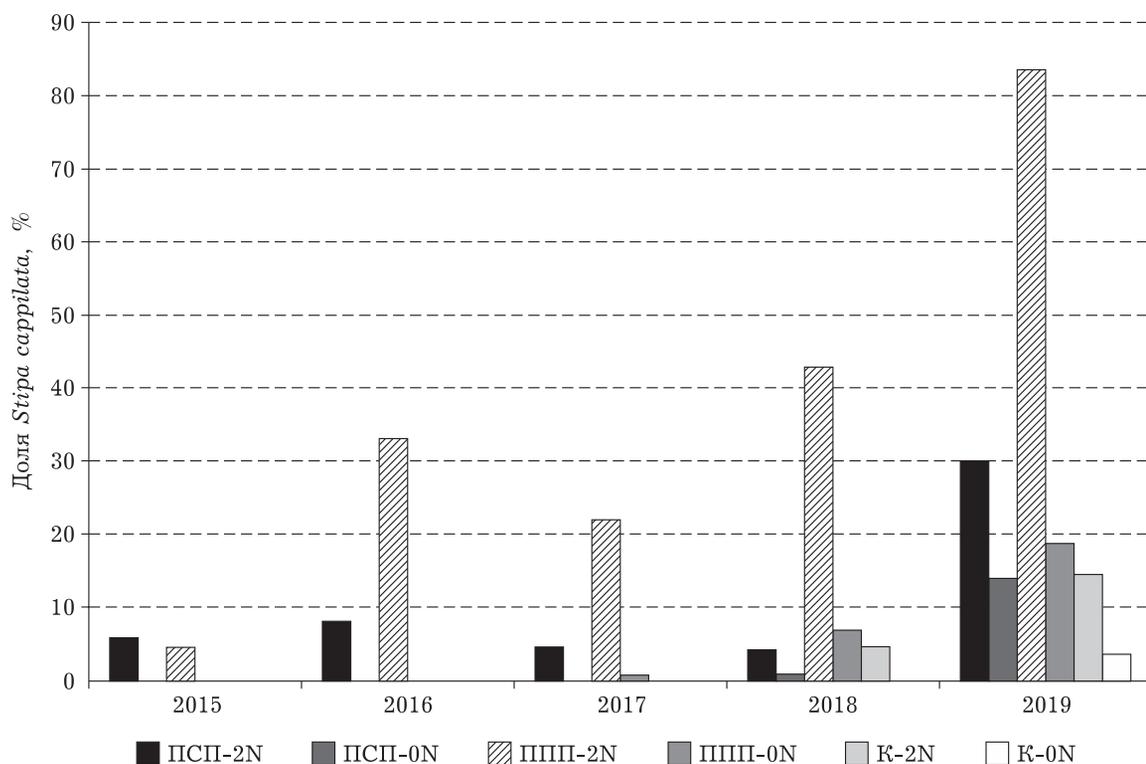


Рис. 2. Доля массы *S. capillata* в сообществах

менительно к техногенным образованиям, лишенным биологической оболочки, природоподобное сообщество представляется как устойчивое самоподдерживающееся долготелее растительное сообщество, воспроизведенное по образцу исходных природных сообществ, ранее существовавших на данной территории или взятых за основу в качестве доноров семенного материала. Основным критерием природоподобных сообществ является формирование многовидового сообщества, в той или иной степени соответствующего структуре исходных или маточных сообществ. *S. capillata* является главным эдификатором фрагментов мало- и средненарушенных степей, наиболее стойкий к различным видам антропогенного воздействия [Остапко и др., 2013]. Поэтому он выбран в качестве индикаторного вида для оценки различных способов подготовки отвала.

Необходимо отметить, что в вариантах с нанесением суглинков в течение нескольких лет кроме *S. capillata* отмечены другие лугово-степные растения: *Allium nutans* L., *Artemisia austriaca* Jacq., *Dianthus versicolor* Fisch. ex Link, *Galium verum*, *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Gypsophila patrinii* Ser.,

Hedysarum gmelinii Ledeb., *Heteropappus altai-cus* (Willd.) Novopokr., *Medicago falcata* L., *Plantago media* L., *Potentilla virgata* Lehm., *Seseli ledebourii* G. Don fil., что уже позволяет сделать вывод о возможности “перепрыгнуть” первичные стадии сингенеза зарастания отвалов.

По условиям эксперимента использовано два способа подготовки отвала: нанесение ПСП и ППП. Применение складированных почв для целей биологической рекультивации регламентировано большим количеством рекомендаций и инструкций [Клопотовский, 1981]. Бурт представляет собой склад ПСП различной высоты и площади, трапециевидной формы, с естественными откосами крутизной около 45°. Высота буртов зависит от площади снятия ПСП, а также мощности гумусово-аккумулятивного горизонта почв на данном земельном отводе и достигает иногда 8 м и более. В последнее время появляются исследования структуры и агрофизических свойств почв в бурте [Андроханов и др., 2000; Кожевников, Заушинцена, 2015], и авторы делают вывод, что агрофизические свойства почв ухудшаются. Формирование растительного покрова на буртах ПСП происходит исключительно за счет сорных растений. Происходит

биологическое загрязнение буртов корневищами *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Elytrigia repens*, которые являются доминантами растительного покрова буртов с очень высокими активностью и проективным покрытием. Сохранение стадии зарастания длиннокорневищными растениями на буртах ПСП может затянуться на десятилетия. В нашем эксперименте после внесения почвы на отвал формирование природоподобного сообщества с доминированием *S. capillata* за наблюдаемый период не происходит, что связано с наличием другого мощного эдификатора – *Elytrigia repens*, который обладает наибольшим количеством побегов (первые два года более 400 шт./м²) и наибольшей массой на учетных площадках.

В этом случае использование суглинков вскрыши намного перспективней, поскольку они первоначально не содержат никаких семян и дериватов растений. Внесение на подготовленные участки отвала ТСС позволяет избежать протекания первоначальных стадий сукцессии. По данным Д. С. Дзыбова [2001], при реставрации карьерных выработок обилие целинно-степных видов возрастает уже со второго года за счет выхода из покоя семян высеянной смеси. М. Р. Абдуллин [1995] указывает, что сходство с маточными участками существенно возрастает на третий вегетационный период за счет массового выпадения рудеральных видов, а к пятому году возрастание сходства затухает. Достижение на участках реставрации представленности более половины видового состава маточной степи рассматривается как положительный результат технологии. По данным М. Р. Абдуллина [1995], сукцессия фитоценозов протекает в соответствии с моделью толерантности, когда за счет повышения общего уровня конкуренции и дифференциации ниш виды сегетально-рудеральной ориентации постепенно вытесняются видами зональных степных сообществ, при этом в наиболее продуктивных вариантах сходство видового состава агростепи и маточного участка к пятому году наблюдений достигает 75,4 %.

Другим важнейшим критерием природоподобных сообществ является их способность к самовоспроизводству. В нашем эксперименте большинство лугово-степных видов, отмеченных в первый год, уже на второй вступают в стадию плодоношения, у *S. capillata* наблю-

дается стабильный самосев с третьего года наблюдений. Д. С. Дзыбов [2001] отмечает, что начиная со второго года вегетации на участках агростепи происходит накопление собственного семенного материала, а к 5–7-летнему возрасту цветут и плодоносят 97–98 % видов. В свою очередь контрольные участки самозарастания резко отличаются по видовому составу, и даже в окружении целинной луговой степи через 30 и более лет не приближаются к составу агростепи [Дзыбов, 2001]. На отвалах Кузбасса, вокруг которых степные комплексы занимают ничтожно малую площадь, самовосстановление лугово-степных сообществ совершенно не представляется возможным. Как и на зональных естественных степях, возобновление участков реставрации происходит лишь за счет ежегодного спонтанного поступления диаспор собственной генерации.

В этих условиях *S. capillata* является мощным эдификатором формирования лугово-степных сообществ на отвале и успешным конкурентом для видов сорной растительности, занос которых осуществляется постоянно.

Следует отметить, что в контроле на пятый год доля *S. capillata* заметно выросла, и растения, поселившиеся в контроле, обладают быстрым ростом. Скорее всего, это связано с интенсивным выветриванием пород техногенного элювия и ускорением почвообразовательного процесса [Андроханов и др., 2000].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе разработки технологии реставрации растительного покрова на отвалах вскрыши угольного разреза “Виноградовский” путем создания природоподобных сообществ произведена оценка состояния *Stipa capillata* L. – доминанта лугово-степных сообществ. Оценивалось два способа подготовки поверхности отвала: нанесение 10 см плодородного слоя почвы (ПСП) из буртов, образованных при снятии почвенного покрова при образовании отвала, и потенциально-плодородной породы (ППП), представленной суглинками отвала вскрыши. В качестве контроля использовался эмбриозем инициальный без нанесения ПСП и PPP. Внесение семян *S. capillata* осуществлялось в составе травяно-семенной смеси (ТСС), заготавливаемой на естественных участках-донорах на территории степно-

го ботанического заказника “Бачатские сопки” летом и осенью 2014 г.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития *S. capillata* складываются в варианте с нанесением слоя суглинков. Уже в первый год единичные растения приступают к цветению, на третий год к цветению и плодоношению приступают все особи. С третьего года отмечен самосев как вблизи маточных растений, так и на соседних вариантах. Высота растений на четвертый год составила около 90 см, что больше, чем в местах природного обитания. На пятый (2019) год вес одного растения составил 12,7–12,9 г/раст., продуктивность – 178,4 г/м², что составляет 83,6 % от общей продуктивности растительного сообщества. Растения образуют мощную дернину и становятся конкурентно-способными с сорными растениями.

В варианте с нанесением плодородного слоя почвы отмечено замедленное развитие особей *S. capillata*: первые два года растения находились в состоянии всходов или кущения; на третий и четвертый год большая часть растений приступила к цветению; на пятый год неблагоприятные погодные условия (жара в июне) привели к тому, что большая часть растений (80 %) осталась в вегетативном состоянии. Высота растений на четвертый год составила 73 см, что соответствует размерам в местах природного обитания. На пятый год (2019) вес одного растения составил 8,0–9,5 г/раст., продуктивность 42,0 г/м², что составляет 30,1 % от общей продуктивности растительного сообщества. Подавление особей *S. capillata* связано с высокой конкурентной способностью *Elytrigia repens* (L.) Nevski, корневища которого попали на отвал вместе с ПСП из буртов.

В контроле в вариантах с внесением ТСС в 2015–2017 гг. всходы *S. capillata* периодически появлялись, но не сохранялись, появление “благонадежных” особей отмечено на четвертый – пятый год эксперимента, вероятная причина этого – в улучшении агрофизических свойств эмбриоземов.

Работа выполнена благодаря многолетней поддержке ОАО “КТК” на базе УНУ Интродукционный фонд КузБС № USU 508670.

ЛИТЕРАТУРА

Абдуллин М. Р. Опыт анализа сукцессии агростепи в Башкирском Зауралье: автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Уфа, 1995. 17 с.

- Андроханов В. А., Овсянникова С. В., Курачев В. М. Технозоны: свойства, режимы, функционирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 200 с.
- Баранник Л. П. Экологическое обоснование и опыт биологической лесной рекультивации на техногенных территориях в Кузбассе // Методика изучения техногенных биогеоценозов. М., 1978. С. 159–165.
- Баранник Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск, 1988. 81 с.
- Гаджиев И. М., Курачев В. М., Андроханов В. А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. 37 с.
- ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения.
- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 368 с.
- Дзыбов Д. С. Метод агростепей. Ускоренное восстановление природной растительности: методич. пособие. Саратов, 2001. 40 с.
- Зайцев Г. Н. Фенология травянистых растений М., 1978. 150 с.
- Клопотовский А. П. Определение мощности природного слоя почв, снимаемого при земляных работах // Почвоведение. 1981. С. 97–105.
- Кожевников Н. В., Заушинцева А. В. Проблема хранения плодородного слоя почвы в горнодобывающей отрасли промышленности // Вестн. КемГУ. 2015. № 1 (4). С. 10–14.
- Конвенция о биологическом разнообразии Организации Объединенных Наций, 1992. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-ru.pdf> (дата обращения: 30.03.2018).
- Королюк А. Ю., Макунина Н. И. Луговые степи Алтае-Саянской горной области. Общая характеристика // Krylovia. 2000. Т. 2, № 1. С. 26–37.
- Куприянов А. Н., Манаков Ю. А. Динамика зарастания отвала вскрыши Федоровского угольного месторождения за 30 лет // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Кемерово, 2008. Вып. 3. С. 45–55.
- Куприянов А. Н., Морсакова Ю. В. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса // Сиб. экол. журн. 2008. № 2. С. 255–261. [Kupriyanov A. N., Morsakova Yu. V. Initial Stages of the Formation of Plant Cover on Industry-caused Ecotopes of the Kuznetsk Basin // Contemporary Problems of Ecology. 2008. N 2. P. 255–261].
- Куприянов А. Н., Поклонов А. А. Разработка технологии реставрации растительного покрова // Сб. инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора. Кемерово; Новокузнецк: ИнЭКА, 2017. С. 125–126
- Куприянов А. Н., Манаков Ю. А., Баранник Л. П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 165 с.
- Лашинский Н. Н. Растительность Салаирского кряжа. Новосибирск, 2009. 264 с.
- Лашинский Н. Н., Шереметова С. А., Макунина Н. И., Буко Т. Е., Писаренко О. Ю. Растительный мир Караканского хребта. Новосибирск: Академ. изд-во “ТЕО”, 2011. 120 с.
- Манаков Ю. А., Куприянов А. Н. Критерии для диагностики первичных стадий сукцессии на отвалах Кузбасса // Горн. информ.-аналит. бюл. 2009. № 7. С. 186–193.

- Олонова М. В., Шаврова П. Д. Популяционная изменчивость ковылей (Poaceae) рода *Stipa pennata* L. горных районов юга Западной Сибири // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2009. № 2 (6). С. 19–28.
- Определитель растений Кемеровской области /под ред. И. М. Красноборова. Новосибирск, 2001. 477 с.
- Остапко В. М., Ибатулина Ю. В., Зыбенко О. В. Популяционный мониторинг сукцессий степной растительности на территории ботанического памятника природы местного значения “Балка сухая” // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15, № 3 (7). С. 2175–2182.
- Подгаевская Е. Н., Золотарева П. В. Особенности произрастания и состояние популяций *Stipa pennata* L. на северной границе распространения (Свердловская область) // Вестн. ТГУ. Сер. биол. 2015 № 3 (31). С. 40–53.
- Работнов Т. А. Фитоценология. 3-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 352 с.
- Серикова В. И., Лепешкина Л. А., Воронин А. А., Кузнецов Б. И. Онтогенез ковыля перистого (*Stipa pennata* L.) // Онтогенетический атлас растений. Йошкар-Ола, 2013. С. 260–264.
- Скрипчинский В. В. Опыт искусственного воссоздания разрушенных фитоценозов и возможности его использования в условиях Северного Кавказа // Географические проблемы. Ставрополь, 1973. С. 7–8.
- Таранов С. А., Кандрашин Е. Р., Факулин Ф. А., Шушурова М. Г., Родынюк И. С. Парцеллярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 19–57.
- Ульянова Т. Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств. Барнаул, 2005. 297 с.
- Уфимцев В. И. Метод реставрации степной растительности на отвалах угольной промышленности в Кузбассе // Материалы X Междунар. конф. “Биологическая рекультивация нарушенных земель”. 4–7 сентября 2017 г., г. Екатеринбург. Екатеринбург, 2017. С. 320–328.
- Manakov Yu. Modern conditions of biodiversity conservation in Russian coal mining sector // III-rd International Innovative Mining Symposium (Kemerovo, 03–05 October 2018). E 3S Web of Conferences 41, 02009 (2018). doi: 10.1051/e3sconf/20184102007
- Manakov Yu., Kupriyanov A. The available techniques for disturbed lands reclamation in Kuzbass // III-rd International Innovative Mining Symposium (Kemerovo, 03–05 October 2018). E 3S Web of Conferences 41, 02009 (2018). doi: 10.1051/e3sconf/20184102006

Effects of soil substrate on the recovery of *Stipa capillata* L. populations on overburden dumps

A. N. KUPRIYANOV, O. A. KUPRIYANOV, Yu. A. MANAKOV, V. I. UFIMTSEV

Federal Research Center of Coal and Coalchemistry of SB RAS, Kuzbass botanical garden
650055, Kemerovo, Leningradskiy av., 10
E-mail: kupr-42@yandex.ru

A five-year study was carried out to investigate the possibility of creating a nature-like community of meadow-steppe plant species with the dominance of *Stipa capillata* L. on an overburden dump at the Vinogradov coal mine (Kemerovo region). The preparation of the dump surface for revegetation consisted in spreading the technogenic eluvium and covering it with a 10 cm layer of fertile topsoil (TS), which was taken from soil heaps formed during the formation of the dump, or potentially fertile undersoil (US) represented by loess-like loams. The control was a horizontal section of a sandstone slope with a lithogenically under-developed soil layer without applying TS and/or US. An herbal-seed blend (HSB) was harvested during summer and autumn months on steppe slopes of the “Bachatskiye Sopki” regional botanical reserve, the vegetation of which included meadow-steppe plant communities dominated by *S. capillata*. Observations were carried out over 5 years during the 2015–2019 period. It was found that the growth and development of *S. capillata* was most pronounced in loamy soils. In such soils, individual plants begin to bloom during the 1st year, while all plants bloom and bear fruit in the 3rd year. The share of *S. capillata* in the total productivity comprised 83.6 % by the 5th year of observations. *S. capillata* plants form a powerful sod thus competing with weeds. In experiments with the application of TS, the share of *S. capillata* comprised 4–8 % from 2015 to 2018, increasing to 30.1 % in 2019. In this experimental site, suppression of individual *S. capillata* plants was associated with the highly competitive *Elytrigia repens* (L.) Nevski species, whose rhizomes were introduced to the site with the TS from soil heaps. In the control, an *S. capillata* community was formed during the 4th–5th year as a result of re-seeding from experimental sites.

Key words: *Stipa capillata* L., overburden dumps, topsoil, potentially fertile undersoil, herbal-seed blend, nature-like community.