

## Морфология и биология *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub в условиях культивирования на золоотвале Среднеуральской ГРЭС

### Morphology and biology of *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub in culture conditions at the ash dump of the Sredneural'skaya State District Power Station

Глазырина М. А., Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Титова О. А.

Glazyrina M. A., Lukina N. V., Filimonova E. I., Titova O. A.

Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

E-mails: puma2531@mail.ru; natalia.lukina@urfu.ru; elena.filimonova@urfu.ru; olga.titova462@gmail.com

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

**Реферат.** В статье представлены результаты изучения *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub в условиях культивирования на золоотвале Среднеуральской государственной районной электростанции (СУГРЭС) расположенной в таежной зоне. Исследования показали, что рекультивационные мероприятия на золоотвале СУГРЭС создали благоприятные условия для произрастания растений. *Bromopsis inermis* является наиболее перспективным для выращивания на золе с нанесением торфа. Биологическая особенность данного вида – развитие мощной корневой системы при достаточном содержании в торфе элементов минерального питания и интенсивное побегообразование, способствовали его активному вегетативному возобновлению и созданию длительно существующих (более 20 лет) продуктивных культурфитоценозов.

**Ключевые слова.** Золоотвал, культурфитоценоз, продуктивность, рекультивация, *Bromopsis inermis*.

**Summary.** The article presents the results of *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub study under cultivation conditions at the ash dump of the Sredneural'skaya state regional power station (SUGRES) located in the taiga zone. Studies have shown that rehabilitation activities at the ash dump of SUGRES created favorable conditions for the growth of plants. *Bromopsis inermis* is the most promising for growing on ashes with the application of peat. The biological feature of this species is the development of a powerful root system with a sufficient content of mineral nutrition elements in the peat and intensive shoot formation, which contributed to its active vegetative renewal and the creation of long-lasting (more than 20 years) productive culture phytocenoses.

**Key words.** Ash dump, *Bromopsis inermis*, crop phytocenosis, productivity, rehabilitation.

*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub (Poaceae Barnhart) – многолетний корневищно-рыхлокустовой злак, высокорослое, хорошо облиственное растение. *B. inermis* обладает исключительной побегообразовательной способностью. Наиболее интенсивно побегообразование идет на второй-третий год жизни. Интенсивность кущения зависит от условий произрастания, метеорологических факторов и возраста растения. Решающее значение в кущении имеет обеспеченность растения азотом и влагой (Андреев, 1970). В процессе кущения *B. inermis* образует надземные и подземные побеги. В надземной части различают три типа побегов: генеративные, удлинённые вегетативные и укороченные вегетативные. Генеративные побеги достигают 150 см. Корневая система мощно развита, достигает глубины 2 м. Вид образует длинные, упругие, ползучие побеги-корневища (Корякина, 1964). Однако, корневища распространены главным образом в поверхностных горизонтах на глубине 30–40 см. Благодаря корневой системе вид является засухоустойчивым (Лебедев, Углов, 1961). В природных условиях вид часто встречается на лугах Урала. На заливных лугах часто образует мощные, почти чистые травостои. Данный вид приспособляется к самым разнообразным экологическим условиям, но лучшими для него следует считать пойменные условия произрастания. *B. inermis* получил широкое распространение в полевых и луговых травостоях, как в одновидовых посевах, так и в травосмесях (Ламанова, Шере-

мет, 2010; Зарьянова и др., 2014). Вид рекомендован для биологической рекультивации промышленных отвалов, в том числе при закреплении склоновых поверхностей (Биологическая рекультивация земель, 1981). Для разработки рекомендаций очень важна оценка экспериментальных посевов, создаваемых на нарушенных промышленностью землях в различных экологических условиях.

Целью данной работы являлось изучение структуры и динамики посевов, а также морфологических параметров особей *B. inermis* в условиях культивирования на золоотвале СУГРЭС.

Исследования проводили в 2004, 2008 и 2019 гг. на золоотвале Среднеуральской государственной районной электростанции (СУГРЭС), на рекультивированном участке с нанесением торфа.

Золоотвал СУГРЭС находится в 15 км от г. Екатеринбурга, около г. Среднеуральска (Средний Урал, таёжная зона, подзона южной тайги). Площадь золоотвала составляет 192 га. Заполнение ёмкостей золоотвала было завершено к 1968 г., и на большую часть его поверхности был нанесён слой торфа толщиной от 20 до 30 см. В конце 1990-х гг. на части рекультивированной территории золоотвала СУГРЭС были высеяны многолетние злаки: *B. inermis*, *Phleum pratense* L. и *Dactylis glomerata* L. с целью создания растительного покрова санитарно-гигиенического назначения с частичным хозяйственным использованием как сенокосные угодья (Чибрик и др., 2011).

Климат района исследований умеренно континентальный, с холодной зимой и теплым летом. Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному режиму и количеству осадков. 2004 г. был умеренно теплым и очень влажным: среднегодовая температура воздуха составляла 3,5 °С, что близко к средней температуре за последние 10 лет (3,4 °С), при 3,0 °С среднемноголетнего уровня; сумма осадков за год – 604 мм или 111 % от их нормы. 2008 год был аномально теплым и засушливым: среднегодовая температура воздуха составила 4,6 °С, при 3,0 °С; сумма осадков за год – 537 мм или 99 % от их нормы. 2019 г. был также более теплым и влажным: средняя температура воздуха 3,85 °С, сумма выпавших за год осадков составила 582 мм или 107 % от их нормы (Справочно-информационный портал «Погода и климат»).

Одним из показателей влагообеспеченности, используемым в сельском и лесном хозяйстве, является гидротермический коэффициент увлажнения Г. Т. Селяниновым (ГТК) (Селянинов, 1928). ГТК, рассчитанный за период с температурами воздуха выше +10 °С, в 2004 г. составлял 1,31 (оптимальное увлажнение), в 2008 и 2019 гг. – 1,80 (избыточное увлажнение).

Геоботаническое обследование посевов проводилось детально-маршрутным методом с описанием растительности по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1964).

Для сравнительной характеристики плотности, возрастной и морфологической структуры ценопопуляции *B. inermis* в качестве «фитоценотической счетной единицы» (ценобионта) рассматривались парциальные побеги (Ценопопуляция растений..., 1976). Для морфологического анализа *B. inermis* на золоотвале СУГРЭС было взято в пределах 100 удлинённых вегетативных и 100 генеративных побегов. Анализ удлинённых вегетативных побегов данного вида проводился по 6 параметрам, генеративных – по 15. Для оценки посевных качеств семян *B. inermis* были собраны семена с рекультивированного участка золоотвала (культурфитоценоз). Определялись всхожесть и энергия прорастания семян (ГОСТ 12038-84). Экспериментальный материал был обработан на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ «Microsoft Excel 2010» и стандартными методами математической статистики с помощью программы «Statistika 10».

Наши исследования показали, что на рекультивированной территории золоотвала СУГРЭС к 2004 г. сформировался разнотравно-злаковый фитоценоз с доминированием *Ph. pratense* и *B. inermis* (сор<sub>2</sub> – сор<sub>3</sub>). Общее проективное покрытие растениями (ОПП) составляло 95 %. Значительное участие в травостое принимали *Festuca pratensis* Huds. (сор<sub>2</sub> gr), *Cirsium setosum* (Willd) Bess., *Linaria vulgaris* L. (сор<sub>1</sub> – сор<sub>2</sub>), *Equisetum arvense* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Elytrigia repens* (L.) Nevski (sp gr – сор<sub>1</sub>). Третий высеянный вид (*D. glomerata*) встречался единичными особями. Всего в фитоценозе было отмечено 58 видов. Продуктивность травостоя достигала значения 808,6 г/м<sup>2</sup>. Доля *B. inermis* в травостое составляла 36 %, *Ph. pratense* – 43 %, остальных видов – 21 %.

В 2008 г. при постоянном скашивании высеянные злаки сохраняли своё доминирование: *B. inermis* (сор<sub>2</sub>), значительно увеличилось обилие *D. glomerata* (сор<sub>2</sub> – сор<sub>3</sub>) и снизилось обилие *Ph. pratense* (sp gr). ОПП травостоя 95–100 %. Значительное участие в травостое принимали *Taraxacum officina-*

*le* (сор<sub>1</sub>), *E. repens* и *C. setosum* (sp gr – сор<sub>1</sub>). Видовой состав фитоценоза уменьшился до 26 видов. Продуктивность сообщества снизилась до 400 г/м<sup>2</sup>. В структуре общей фитомассы травостоя доля видов-рекультивантов также стала меньше 66 % (*Ph. pratense* – 29 %, *D. glomerata* – 20%, *B. inermis* – 17 %), доля видов-внедренцев увеличилась до 34 %.

В 2019 г. после прекращения хозяйственной деятельности (прекращение скашивания) из фитоценоза практически выпали *Ph. pratense* и *D. glomerata* (un gr – sol), а также некоторые сорные виды. ОПП травостоя снизилось до 85 %. Растительное сообщество трансформировалось в кострецовый фитоценоз (*B. inermis* (сор<sub>2</sub> – сор<sub>3</sub>)) с высоким обилием сорного вида *Urtica dioica* L. (сор<sub>1</sub>). Видовой состав растительного сообщества снизился до 22 видов. Продуктивность культурфитоценоза увеличилась по сравнению с 2008 г. в 1,5 раза – до 581,5 г/м<sup>2</sup>. *B. inermis* составлял 83 % от общей фитомассы травостоя, доля сорных растений соответственно – 17 %.

На рекультивированном участке золоотвала СУГРЭС за исследуемый период плотность побегов *B. inermis* увеличилась: от 292,9 побегов на 1 м<sup>2</sup> в 2004 г. до 651,2 побегов на 1 м<sup>2</sup> в 2019 г.

Во все годы исследования преобладали вегетативные побеги *B. inermis*. С увеличением возраста растительного сообщества их доля росла. Если в 2004 г. генеративных побегов было в 2,9 раза меньше, чем вегетативных, в 2008 г. – в 4,9 раза, то в 2019 г. – в 37,5 раз (рис.). Это свидетельствует о преобладании вегетативного размножения у данного вида в условиях золоотвала, и, по исследованиям М. А. Тормозина с соавт. (2018), характерно для данного вида в условиях Среднего Урала.

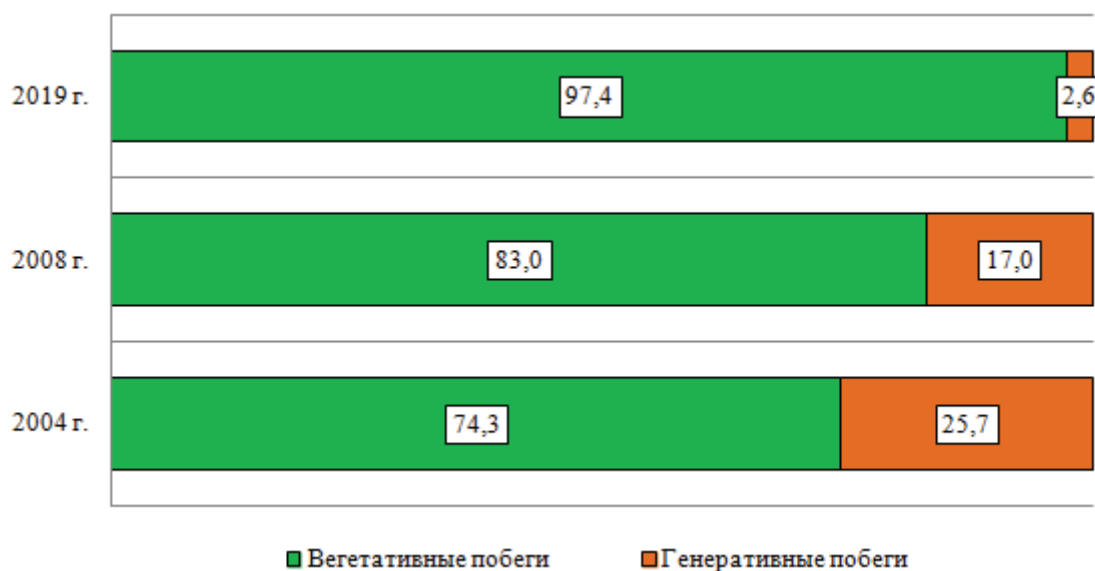


Рис. Динамика долевого участия побегов *Bromopsis inermis* в травостое рекультивированного участка золоотвала СУГРЭС.

Анализ биометрических показателей генеративных побегов *B. inermis* показал, что наиболее щуплые побеги развились в 2008 г. (табл. 1). Это, скорее всего, связано как с погодными условиями, так и с тем, что *B. inermis* – светолюбивая культура и сильно угнетается высокостебельными растениями.

Таблица 1

Некоторые биометрические показатели побегов *Bromopsis inermis*

Признаки	Год	n	Хср. ± m	lim	Cv, %
Генеративные побеги					
Высота побега, см	2004	100	117,4 ± 1,14	93,0 – 148,0	10
	2008	101	130,2 ± 1,53	86,0 – 164,0	12
	2019	100	122,5 ± 1,29	88,0 – 149,7	11

Таблица 1 (продолжение)

Признаки	Год	n	Хср. ± m	lim	Cv, %
Количество узлов, шт.	2004	100	5,4 ± 0,09	3 – 7	16
	2008	101	3,9 ± 0,09	3 – 7	23
	2019	100	6,5 ± 0,07	5 – 9	11
Количество зеленых листьев, шт.	2004	100	5,4 ± 0,10	3 – 9	18
	2008	101	3,6 ± 0,08	2 – 6	22
	2019	100	3,9 ± 0,10	1 – 8	26
Длина флага, см	2004	99	15,3 ± 0,31	7,5 – 23,0	20
	2008	101	15,2 ± 0,38	8,0 – 28,0	25
	2019	94	18,4 ± 0,34	11,0 – 26,4	18
Ширина флага, см	2004	100	0,5 ± 0,01	0,3 – 0,8	24
	2008	101	0,4 ± 0,01	0,2 – 0,6	26
	2019	100	0,5 ± 0,01	0,2 – 0,7	22
Длина предфлажья, см	2004	100	19,4 ± 0,34	12,0 – 30,0	18
	2008	101	19,6 ± 0,40	10,0 – 35,0	20
	2019	99	24,5 ± 0,36	16,0 – 32,0	15
Ширина предфлажья, см	2004	100	0,6 ± 0,01	0,1 – 1,0	24
	2008	101	0,5 ± 0,01	0,3 – 0,8	22
	2019	100	0,6 ± 0,01	0,4 – 1,0	17
Длина метёлки, см	2004	98	15,9 ± 0,24	10,5 – 22,6	15
	2008	–	–	–	–
	2019	100	17,5 ± 0,27	10,1 – 27,9	15
Количество веточек в метёлке, шт.	2004	100	25,7 ± 0,65	11 – 45	25
	2008	101	17,6 ± 0,48	8 – 34	27
	2019	99	21,6 ± 0,40	10 – 30	18
Количество колосков в метёлке, шт.	2004	100	35,0 ± 1,13	17 – 66	32
	2008	101	23,4 ± 0,63	12 – 47	27
	2019	99	30,9 ± 0,88	14 – 62	28
Количество цветков в метёлке, шт.	2004	100	234,1 ± 8,52	94 – 457	36
	2008	101	118,5 ± 4,61	32 – 256	39
	2019	99	182,3 ± 6,21	50 – 387	34
Масса метёлки, г	2004	98	0,34 ± 0,014	0,11 – 0,70	39
	2008	101	0,22 ± 0,013	0,05 – 0,84	58
	2019	100	0,33 ± 0,011	0,11 – 0,68	34
Масса побега, г	2004	98	2,16 ± 0,071	1,00 – 4,35	33
	2008	101	1,55 ± 0,068	0,32 – 3,98	44
	2019	100	2,40 ± 0,067	1,09 – 4,45	28
Удлиненные вегетативные побеги					
Высота побега, см	2004	100	53,4 ± 1,33	20,0 – 90,0	25
	2008	100	86,2 ± 1,30	48 – 112	15
	2019	81	80,0 ± 1,50	51,6 – 104,5	17
Количество зелёных листьев, шт.	2004	100	7,5 ± 0,17	3 – 11	22
	2008	100	6,1 ± 0,19	2 – 11	31
	2019	81	6,8 ± 0,25	3 – 12	33
Длина листа, см	2004	100	15,8 ± 0,30	9,0 – 25,0	19
	2008	–	–	–	–
	2019	81	25,7 ± 0,42	15,8 – 36,3	15
Ширина листа, см	2004	100	0,6 ± 0,17	0,3 – 1,0	28
	2008	–	–	–	–
	2019	81	0,5 ± 0,01	0,3 – 0,7	17

Таблица 1 (окончание)

Признаки	Год	n	Хср. ± m	lim	Cv, %
Масса побега, г	2004	97	0,54 ± 0,04	0,03 – 2,10	77
	2008	100	0,89 ± 0,05	0,15 – 2,97	56
	2019	81	1,19 ± 0,06	0,30 – 3,25	44

Данный вид размножается в травостое, как вегетативным, так и семенным путем. Наиболее важными показателями посевных качеств семян являются всхожесть и энергия прорастания. В 2004 г. семена *B. inermis* характеризовались высокими энергией прорастания и всхожестью (табл. 2). Анализ семян растений *B. inermis*, выросших на рекультивированном участке золоотвала в 2019 г., показал, что энергия прорастания и всхожесть значительно снизились по сравнению с 2004 г. Семена характеризовались низкими энергией прорастания и всхожестью. Кроме этого, были обнаружены загнившие и пораженные плесенью семена, которые составили в среднем 16,3 %.

Таблица 2

Анализ посевных качеств семян *Bromopsis inermis*

Показатель	Год	Повторности				Хср.
		I	II	III	IV	
Энергия прорастания, %	2004	69	82	88	77	79,0
	2008	15	16	9	9	12,3
	2019	38	35	34	25	33,0
Всхожесть, %	2004	76	89	93	84	85,5
	2008	80	70	65	70	71,3
	2019	57	73	63	68	65,3

Таким образом, исследования показали, что рекультивационные мероприятия на золоотвале СУГРЭС создали благоприятные условия для произрастания растений. *B. inermis* является наиболее перспективным для выращивания на золе с нанесением торфа. Биологическая особенность данного вида – развитие мощной корневой системы при достаточном содержании в торфе элементов минерального питания и интенсивное побегообразование, способствовали его активному вегетативному возобновлению и созданию длительно существующих (более 20 лет) продуктивных культурфитоценозов.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ FEUZ-2020-0057; РФФИ № 18-04-00714.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андреев Н. Г.* Костер безостый. – М.: Моск. рабочий, 1970. – 124 с.
- Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале* (рекомендации и экспериментальные схемы) / под общ. ред. С. С. Трофимова. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. – 113 с.
- ГОСТ 12038-84.* Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // Семена сельскохозяйственных культур: Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 36–64.
- Зарьянова З. А., Осин А. А., Кирюхин С. В.* Кормовая продуктивность и долголетие отдельных видов многолетних трав и травосмесей в условиях Орловской области // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры», 2014. – № 1(9). – С. 72–79.
- Корякина В. Ф.* Особенности роста и развития многолетних кормовых растений. – М.: Наука, 1964. – С. 41–44.
- Ламанова Т. Г., Шеремет Н. В.* Агротифоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины. – Новосибирск: Офсет, 2010. – 226 с.
- Лебедев П. В., Углов Н. П.* Биология и агротехника лугопастбищных трав. – Свердловск: Свердловское книжное изд-во, 1961. – 171 с.
- Полевая геоботаника.* В 5 т. – Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – 530 с.

**Селянинов Г. Т.** О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии, 1928. – Вып. 20. – С. 165–177.

*Справочно-информационный портал «Погода и климат».* URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>.

**Тормозин М. А., Беляев А. В., Тихолаз Е. М.** Влияние возраста травостоя на семенную продуктивность ко-стреца безостого // Аграрный вестник Урала, 2018. – № 6(173). – С. 59–63.

*Ценопопуляции растений* (основные понятия и структура). – М.: Наука, 1976. – 216 с.

**Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А.** Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. – 268 с.