НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР АЗИАТСКОЙ РОССИИ

Растительный мир Азиатской России, 2023, № 4, с. 326–334 **https://www.sibran.ru**

РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

DOI: 10.15372/RMAR20230402

СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВОГО АГРОФИТОЦЕНОЗА НА ГИДРООТВАЛЕ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

Н.В. Шеремет*, Т.Г. Ламанова

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия; nsheremet@yandex.ru

Проанализированы структурные особенности и продуктивность агрофитоценоза, созданного на землях, нарушенных при добыче угля гидромеханизированным способом в Кузбассе. Работы проводились на производственных площадях разреза "Моховский", расположенного в окр. г. Ленинск-Кузнецкий (Кемеровская обл.). Наши исследования охватывают девятилетний период (1990–1993, 1998 гг.). Установлено, что искусственное растительное сообщество на гидроотвале отличается высокой устойчивостью, а его формирование идет иначе, чем на зональных почвах. Бобово-злаковая основа травостоя сохранилась в хорошем состоянии на протяжении всего периода наблюдений, тогда как на зональных почвах виды бобовых выпадали через 2–3 года. Продуктивность агрофитоценоза близка или превышает показатели зональных сообществ. Максимальное значение воздушно-сухой фитомассы агрофитоценоза (63 ц/га) отмечено на втором году его жизни. Состав хозяйственно-ботанических групп можно считать хорошим, виды синантропного разнотравья составляют небольшой процент от общей фитомассы. Вертикальная структура сообщества характеризуется значительной высотой травостоя. Распределение надземной фитомассы травостоя по вертикальному профилю относится к приземному типу. Отличительной чертой горизонтальной структуры агрофитоценоза в первые четыре года является высокий процент видов, имеющих контагиозное распределение по площади гидроотвала. На десятый год наблюдений виды распределены по поверхности случайно. Анализ кривых значимости видов показал, что структура сообщества по этому показателю довольно сложная. Среди высеянных видов наиболее высокое жизненное состояние, при условии отсутствия антропогенного вмешательства, отмечено у *Agrostis gigantea*, *Trifolium pratense*, *T. hybridum* и *Medicago sativa*. Создание злаково-бобовых травосмесей замедляет процесс зарастания гидроотвала ивами, которые мешают использовать его в качестве сенокосных угодий.

Ключевые слова*: структура агрофитоценозов, продуктивность, гидроотвалы, рекультивация, Кемеровская область.*

Для цитирования: Шеремет Н.В., Ламанова Т.Г. 2023. Структура и продуктивность бобово-злакового агрофитоценоза на гидроотвале в лесостепной зоне Кузнецкой котловины. *Растительный мир Азиатской России*. 16(4):326-334. DOI 10.15372/RMAR20230402

ВВЕДЕНИЕ

Кузнецкий угольный бассейн является одним из крупнейших в России по запасам угля и объемам его добычи. При освоении угольных месторождений в регионе распространены три способа угледобычи: подземная, открытая и гидровскрыша. Суть последнего способа (гидромеханизированной технологии) состоит в транспортировке по трубопроводам с движущимся потоком воды разрыхленных гидромониторами в виде пульпы пород вскрыши и укладка их в специальные отстойники (гидроотвалы). Использование гидровскрышных работ в районах с развитым сельским хозяйством в Кузбассе, где острее всего ощущается утрата земли из-за проведения горных работ, позволяет снизить затраты на рекультивацию и сократить потери сельхозугодий под гидроотвалами.

Разработка месторождений полезных ископаемых сопровождается уничтожением природных ландшафтов и возникновением огромных площадей нарушенных земель, что негативно отражается на здоровье населения и приводит к усилению социальной напряженности в регионе. В связи с этим актуальны работы, связанные с нейтрализацией загрязнения окружающей среды, восстановлением биологической продуктивности техногенных ландшафтов, а также выявлением и внедрением новых перспективных для этой цели видов растений. Группой сотрудников Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск) по предложению концерна "Кузбассразрезуголь" была разработана и внедрена в производство новая методика, позволяющая создавать высокопродуктивные и устойчивые искус-

© Н.В. Шеремет, Т.Г. Ламанова, 2023

ственные сообщества. Проведенные исследования имеют большое практическое значение, так как являются основой новой биотехнологии восстановления земель, нарушенных при открытом способе добычи угля и гидровскрыше в Кузбассе, когда посевы производятся прямо на спланированную поверхность отвала без нанесения водоупорного и плодородного слоев почвы, без внесения минеральных и органических удобрений, как это рекомендуется ГОСТом (2002).

Настоящая статья продолжает серию работ, посвященных изучению структурных особенностей агрофитоценозов, сформированных на вскрышных породных отвалах Кузнецкой котловины (Ламанова, Шеремет, 2010; Шеремет, Ламанова, 2022). В данной работе рассматриваются структурные особенности и продуктивность бобово-злакового агрофитоценоза, созданного нами на гидроотвале разреза "Моховский", расположенного в окр. г. Ленинск-Кузнецкий (Кемеровская обл.). Такие исследования проводятся впервые, информация об изучении агрофитоценозов на гидроотвалах горнодобывающей промышленности за рубежом отсутствует, в нашей стране представлена мало (Малинина и др., 2011).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Территория разреза "Моховский" по геоботаническому районированию А.В. Куминовой (1950) относится к Центральному лесостепному району Кузнецкой котловины. Согласно почвенно-географическому районированию Кемеровской области С.С. Трофимова (1975) – к почвенному округу "островной" лесостепи Кузнецкой котловины.

Район достаточно обеспечен теплом в течение летнего периода. Сумма температур выше 10 °С составляет 1800–1900 °С. Годовое количество осадков 350–450 мм. В отдельные годы весной и летом отмечаются полузасушливые и редко – непродолжительные засушливые периоды. Лето умеренно теплое, средняя температура июля +18–19 °С. Период без заморозков 110–115 дней. Зима умеренно суровая, средняя температура января от –17 до –20 °С (Хлонов, 1979).

Рельеф на большей площади равнинный, слабо расчлененный. Характерны выровненные широкие водоразделы с небольшими отметками. На открытых безлесных пространствах по склонам и водораздельным участкам преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы. На площади, покрытой лесом, господствуют темно-серые и серые лесные почвы (Трофимов, 1975). Почвообразующие породы гидроотвалов каменноугольных месторождений (лессовидных суглинков, почв) по химическим и физическим свойствам относятся к потенциально плодородным, пригодным для биологической рекультивации, но бедным азотом (Рагим-Заде, 1992).

Характер растительного покрова лесостепной, хотя процент облесенности чрезвычайно низкий. Небольшие, преимущественно, березовые колки встречаются по окраинам в более пересеченной местности, занимая участки северных склонов. Пространство по левобережью р. Ини отнесено В.В. Ревердатто (1924) к разнотравно-луговой подзоне лесостепной зоны. На плакорах встречаются фрагменты ковыльно-разнотравных степей со *Stipa pennata* L., *Festuca pseudovina* Hack., *Koeleria gracilis* Pers. (названия растений даны по цитируемым литературным источникам). Травостой негустой, производительность 8.5–10.0 ц/га.

Изучаемый гидроотвал расположен в овраге на территории землепользования разреза "Моховский", намыв гидросмеси был прекращен в 1989 г. Формирование гидроотвалов исключает деформацию поверхностей, что позволяет вводить эти отвалы сразу же после их дренирования в сельскохозяйственный оборот. Посевы многолетних трав проводились вручную в мае–июле 1989 г. сначала на поверхность гидроотвала, покрытую небольшим слоем воды, затем по мере высыхания влаги, на влажную поверхность. Всходы растений появились в этом же году. Основой для проведения работ стал генофонд кормовых растений, полученный в результате многолетних исследований сотрудниками интродукционных лабораторий ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск). Из бобовых культур на гидроотвале высевали люцерну посевную сорт 'Токмакский' (*Medicago sativa* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) и клевер гибридный (*T. hybridum* L.). Из злаков были посеяны полевица гигантская (*Agrostis gigantea* Roth.), интродуктор к.б.н. Г.И. Сенаторова; ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub), овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), интродукторы этих видов – д.б.н. Р.Я. Пленник и к.б.н. Г.В. Кузнецова. В начале вегетационного периода 1990 г. на гидроотвале выпас скота не проводился. В конце лета этого года началось антропогенное вмешательство, которое повлекло стравливание травостоя, его сбой и вымокание. Во-первых, прошел сброс воды на поверхность отвала, во-вторых, стали выпасать крупный рогатый скот, находившийся на окружающих гидроотвал выпасах Моховского совхоза.

Материал на гидроотвале разреза "Моховский" собирали, начиная со второго года жизни сообществ в июле–начале августа 1990–1993, 1998 гг., с использованием общепринятых геобота-

нических методик (Полевая геоботаника, 1959–1976). Надземную фитомассу и долю участия в ней отдельных видов, состав хозяйственно-ботанических групп определяли методом укосов (Полевая геоботаника, 1959–1976; Павлова, 1980). Ежегодно отбирали растительные пробы в каждом местообитании в период максимального развития травостоя на площадках 0.5 м^2. Укосные площадки закладывались в типичных местах, повторность укосов четырехкратная. Все обнаруженные виды относятся к одной из трех хозяйственно-ботанических групп: злаки, бобовые и разнотравье (осоки отсутствовали).

Вертикальную структуру определяли в 1991–1993, 1998 гг., когда травостой приобрел черты, характерные для пастбищного режима использования. Для установления вертикального сложения травостоя в период полного развития растений проводили учет надземной фитомассы по горизонтам в 10 см, начиная от основания растений (Корчагин, Лавренко, 1976).

В 1990–1993 гг. ежегодно закладывалось по 10 учетных площадок, каждая размером 1 м^2, на которых определяли общее проективное покрытие, численность видов, возрастной состав, проводили измерения морфологических признаков и плотности всех видов, встречающихся на площадках.

Для изучения горизонтальной структуры использовали отношение дисперсии к среднему с применением критерия, предложенного Г. Блэкманом (Василевич, 1969).

Выравненность относительного распределения особей среди видов сосудистых растений оценивали с помощью кривых относительной значимости видов: по оси абсцисс располагали виды, ранжированные от наиболее к наименее обильным, а по оси ординат откладывали долю каждого вида в выборке в логарифмическом масштабе (Уиттекер, 1980; Песенко, 1982; Мэгарран, 1992). Значимость представляет группу оценок, с помощью которых виды в сообществе могут сравниваться друг с другом. Для сравнения популяций растений между собой использовали вес воздушно-сухой надземной фитомассы на единицу площади. Для анализа видового разнообразия сообществ использовали четыре модели: геометрический ряд, логарифмическое распределение, логнормальное распределение и "модели разломанного стержня". Считается, что именно в этой последовательности снижается степень доминирования и растительное сообщество становится более выравненным по обилию.

Для выявления степени выравненности распределения особей по видам применялся индекс полидоминантности Симпсона $S_\lambda = 1/\sum_i p_i^2$, где p_i – доля обилия каждого вида растений от их обилия в фитоценозе (Уиттекер, 1980; Песенко, 1982). В качестве счетной единицы принимались генеты, а у вегетативно подвижных видов – раметы (Злобин, 1989).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным показателем развития растительного сообщества является его вертикальная структура, которая отражает состав компонентов и условия среды. Наблюдения за вертикальной структурой бобово-злакового агрофитоценоза, созданного на гидроотвале разреза "Моховский", выявили ряд отличий от структуры ранее существовавших здесь зональных сообществ. Средняя высота травостоя природных овсяницево-разнотравных лугов, которые преобладали на этой территории до проведения гидровскрыши, составляла 40 см, а максимальная 70–90 см (Куминова, 1950; Павлова, 1980). Высота травостоя агрофитоценоза значительно больше: генеративные побеги злаков достигали высоты 60–115 см (среднее максимальное значение 93.0 ± 11.0 см) (рис. 1). Второй особенностью вертикальной структуры искусственно созданного сообщества является распределение надземной фитомассы по вертикальному профилю. На гидроотвале во все годы наблюдений основная масса травостоя (85 %) приходилась на высоту 24.0 ± 4.4 см (лимиты 15–35 см). Данное распределение фитомассы по вертикальному профилю описывается приземным типом распределения, которое свойственно ценозам с содоминированием бобовых и мелкотравья (Павлова, 1980). В-третьих, график вертикальной структуры, приближающийся по конфигурации к графику зональных сообществ, получен в изучаемом агрофитоценозе в 1991, 1992, 1993 гг. Это оптимальная форма распределения биомассы в травянистых сообществах, позволяющая наиболее полно использовать солнечную энергию, что в конечном итоге приводит к повышению устойчивости сообщества.

Отличительной особенностью горизонтальной структуры агрофитоценоза в первые годы его развития можно считать высокий процент видов, имеющих групповое или контагиозное распределение по площади гидроотвала, что характерно для большинства естественных фитоценозов (Уиттекер, 1980). На второй год жизни сообщества эти виды составляли 73.7 %, на третий – 81.3 %, на четвертый – 70.6 %. Процент видов, характеризующихся случайным распределением, был следующим: 1990 г. – 26.3 %, 1991 г. – 18.7 %, 1992 г. – 29.4 %. Виды с регулярным типом распределения

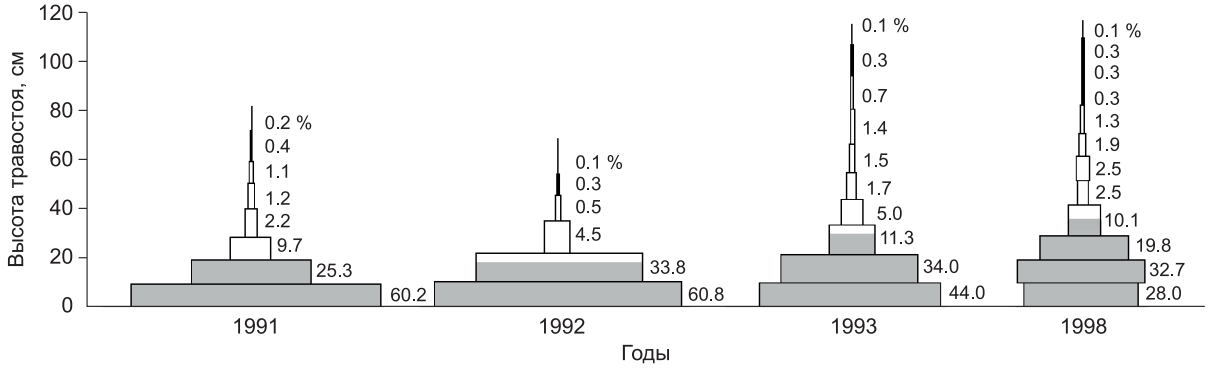

Рис. 1. Вертикальное распределение надземной фитомассы на гидроотвале разреза "Моховский".
Серым цветом выделены 85 %, основная фитомасса.

Fig. 1. Vertical distribution of the above-ground phytomass on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank. Vertical axis: height in cm.
The grey colouring indicates 85 %, the main phytomass.

по площади изучаемого сообщества в описываемый период нами не отмечены. Неравномерность распределения видов по площади агрофитоценоза обусловлена неоднородностью поверхности гидроотвала и случайностью распределения семян растений в травосмеси. На десятом году жизни агрофитоценоза (1998 г.) преобладали виды, которые были распределены по поверхности гидроотвала случайно. При этом типе распределения положение каждой особи в пространстве определяется максимально независимыми факторами.

Состав хозяйственно-ботанических групп можно считать хорошим, так как виды синантропного разнотравья составляют небольшой процент от общей фитомассы. Наибольший вклад в надземную фитомассу внесли виды, относящиеся к семействам бобовых и злаковых (рис. 2). В первые годы жизни агрофитоценоза преобладали представители семейства бобовых: *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *T. hybridum*. На второй год особи *M. sativa* достигли молодого генеративного состояния и образовали большое число генеративных

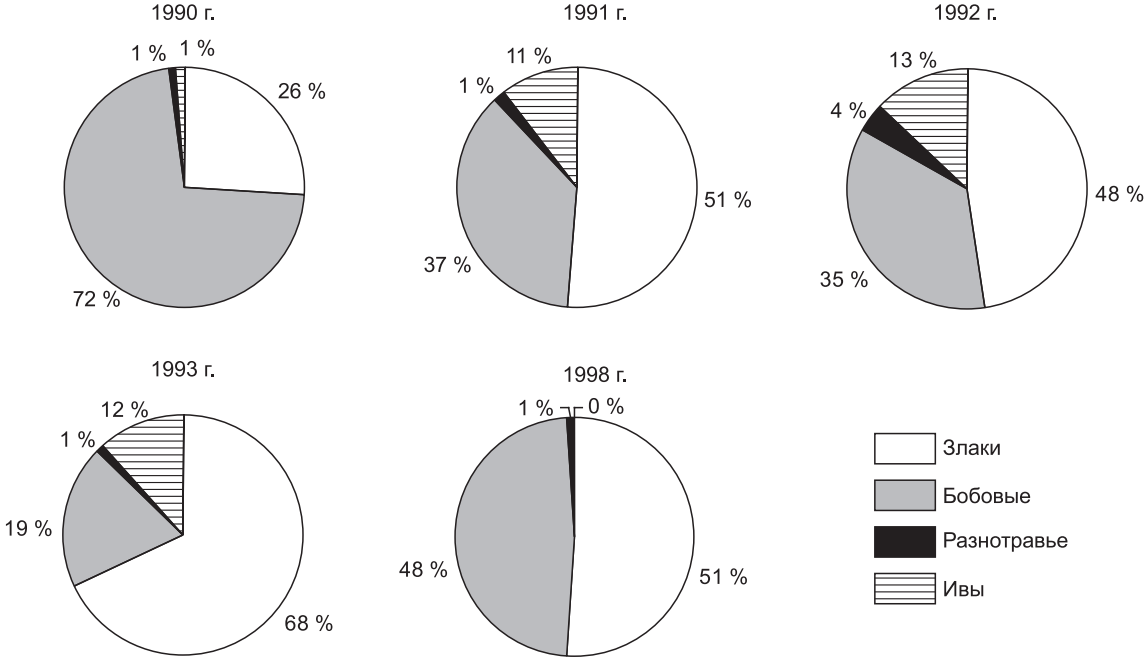

Рис. 2. Состав хозяйственно-ботанических групп травостоя на гидроотвале разреза "Моховский".

Fig. 2. The proportion of economical groups for revegetation on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank.

побегов (табл. 1), воздушно-сухая надземная фитомасса этого вида составила 14.8 ц/га. В результате сброса излишков воды на площадь гидроотвала люцерна выпала, и в дальнейшем из бобовых остались три вида клевера. Кроме высеянных нами появился и начал постепенно разрастаться и клевер ползучий (*T. repens* L.) – растение, характерное для луговых пастбищ. Наибольшую фитомассу за весь период наблюдений дал *T. pratense* на второй год жизни агрофитоценоза (1990 г.) – 28.0 ц/га. Выпас скота на гидроотвале привел к частичному выпадению клевера лугового из состава травостоя, значение воздушно-сухой надземной фитомассы этого вида составило: 5.7 ц/га в 1991 г., 0 ц/га в 1992 г. и 5.8 ц/га в 1993 г. Со временем в результате новой экономической политики совхоз закрыли, выпасать скот перестали. В 1998 г. травостой был очень хорошим, высокопродуктивным, с высоким качественным составом. На десятый год жизни агрофитоценоза клевер луговой становится одним из основных доминантов, доля его участия в формировании надземной фитомассы составила 48.1 % (11.8 ц/га).

Среди злаков во все годы наблюдений преобладал *Agrostis gigantea*, вклад вида в надземную фитомассу в отдельные годы изменялся от 6.2 до 20.3 ц/га, что составило от 20 до 65 % от сухого веса надземной фитомассы сообщества. Показатели надземной фитомассы для *Bromopsis inermis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Phleum pratense* невысоки. Так, единичные особи *B. inermis* были отмечены только в 1991 и 1993 гг., воздушно-сухая надземная фитомасса этого вида составила 0.02 и 0.7 ц/га соответственно. Небольшое участие костра в составе агрофитоценоза, вероятно, связано со значительной плотностью почвогрунтов. На десятый год жизни агрофитоценоза среди злаков по обилию выделяются *A. gigantea* (39.9 %) и *F. arundinacea* (8.5 %).

Разнотравье немногочисленное. Вклад хозяйственно-ботанической группы разнотравья в надземную фитомассу за изучаемый период составляет от 1 до 4 %. Это те же виды, что широко встречаются на отвалах вскрышных пород – *Sonchus arvensis* L., *Tussilago farfara* L., *Taraxacum officinale* Wigg., кроме того, появляются *Juncus bufonius* L., *Equisetum palustre* L., *Glaux maritima* L., что связано с повышенным увлажнением местообитания.

Исследования показали, что основное отличие условий зарастания гидроотвалов от вскрышных отвалов заключается в массовом заселении их ивами на первом этапе существования: *Salix caprea* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L., семена которых заносятся с ближних участков водой и ветром. За-

Таблица 1

Некоторые показатели жизненного состояния агропопуляций бобовых и злаковых видов на гидроотвале разреза "Моховский"

Vitality indicators for legume and grass populations on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank

Вид	Год	Проективное покрытие, %	Плотность на 1 м^2	Число генеративных побегов на 1 м^2
Medicago sativa	1990	5.5 ± 3.8	5.0 ± 4.2	24.9 ± 16.6
Trifolium pratense	1990	4.3 ± 3.9	980.1 ± 930.0	2.8 ± 2.0
	1991	7.9 ± 3.5	5.8 ± 3.7	1.1 ± 0.7
	1992	13.0 ± 7.6	4.5 ± 2.7	0.5 ± 0.5
T. hybridum	1990	6.5 ± 5.4	2.2 ± 1.4	12.3 ± 8.2
	1991	3.6 ± 3.5	2.7 ± 2.5	4.5 ± 5.8
	1992	11.6 ± 6.0	16.1 ± 4.1	0.8 ± 0.7
Agrostis gigantea	1990	7.3 ± 2.5	337.8 ± 283.0	43.2 ± 23.0
	1991	5.0 ± 1.3	1034.9 ± 443.0	23.6 ± 12.0
	1992	19.1 ± 5.3	920.4 ± 550.0	39.1 ± 27.0
Festuca arundinacea	1990	0.7 ± 0.5	5.2 ± 4.8	4.1 ± 3.9
	1991	0.08 ± 0.05	0.8 ± 0.7	0.1 ± 0.1
	1992	0.11 ± 0.05	1.0 ± 0.6	–
Phleum pratense	1990	2.3 ± 2.0	6.9 ± 4.9	11.3 ± 8.7
	1991	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.4	1.1 ± 0.7
	1992	3.0 ± 1.5	7.4 ± 2.6	4.6 ± 4.4
Dactylis glomerata	1990	0.7 ± 0.4	22.1 ± 10.0	0.1 ± 0.1
	1991	0.2 ± 0.1	1.0 ± 0.7	0.3 ± 0.2
	1992	0.01 ± 0.01	0.2 ± 0.1	–

Примечание. Прочерк означает, что показатель отсутствует.

растание гидроотвалов ивами стало одной из причин, мешающих их превращению в сенокосные угодья. Установлено, что создание злаково-бобовых травосмесей замедляет этот процесс. Вклад ив в общую фитомассу по годам следующий: 1990 г. – 0.7 ц/га (1 %), 1991 г. – 1.7 ц/га (11 %), 1992 г. – 1.7 ц/га (13 %), 1993 г. – 0.3 ц/га (12 %), 1998 г. – всходы ив не были обнаружены, только отдельные особи достигли взрослого состояния высотой более 2 м. В качестве рекомендации нужно отметить, что для предотвращения разрастания кустарников по поверхности гидроотвала следует проводить рубки ухода.

Проективное покрытие видов, высеянных на гидроотвале, как правило, не превышает 10 %, а у *F. arundinacea* оно менее 1 % (см. табл. 1). На четвертый год жизни сообщества (1992 г.) этот показатель увеличился у трех видов – *T. pratense, T. hybridum* и *A. gigantea*. Плотность особей анализируемых видов тоже, как правило, невелика, а ее высокие значения у полевицы гигантской и клевера лугового связаны с большим числом проростков, преобладающая часть которых переходит в следующую возрастную группу. Самое высокое число генеративных побегов образует тоже полевица гигантская. Жизненное состояние ценопопуляций на гидроотвале гораздо выше, чем в агрофитоценозах, созданных на вскрышных отвалах в лесостепной зоне Кузбасса (Ламанова, Шеремет, 2010).

Анализ моделей распределения видов по обилию показал, что структура сообщества по этому параметру оказалась довольно сложной: в 1990, 1991, 1993, 1998 гг. – лог-ряд, в 1992 г. – логнормальное распределение (рис. 3). Лог-ряд соответствует состоянию, при котором наблюдается малое число "обильных" видов и большое "редких". Логнормальное распределение отображает наиболее распространенную в природе ситуацию, характерную для многовидовых зональных фитоценозов, которым свойственно преобладание видов со средним обилием.

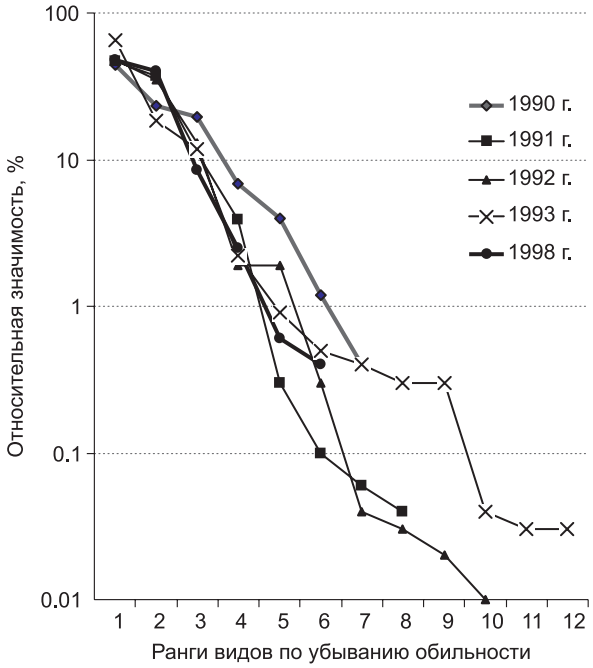

Рис. 3. Кривые значимости видов в бобово-злаковой травосмеси на гидроотвале разреза "Моховский".

Fig. 3. Species significance graphs for the legume-grass mixture on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank. Horizontal axis: abundance ranks, descending. Vertical axis: relative significance in %, log scale.

Кроме того, видовое разнообразие оценивалось по числу видов на 1 м^2 и индексу полидоминантности Симпсона. Сравнение проводилось с показателями естественного фитоценоза в долине р. Карасук (Новосибирская обл.), так как изучение структурных особенностей проводилось по одной схеме и методике (Ламанова, Попова, 1989). Мятликово-разнотравный остепненный луг расположен в лесостепной зоне Западной Сибири на выщелоченных черноземах. Это деградированный вариант суходольных лугов, где основным доминантом является *Poa angustifolia* L. и виды непоедаемого или плохопоедаемого разнотравья. Так как

Таблица 2

Некоторые структурные особенности бобово-злакового агрофитоценоза на гидроотвале разреза "Моховский" и естественного растительного сообщества в долине р. Карасук (Новосибирская обл.)

Structure specifics for the legume-grass agrophytocoenosis on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank and natural vegetation in the valley of Karasuk river (Novosibirsk region)

Показатель	Мятликово-разнотравный остепненный луг	Бобово-злаковая травосмесь на гидроотвале		
		1990	1991	1992
Число видов на 1 м^2	21.8 ± 1.8	6.6 ± 0.6	5.1 ± 1.0	7.3 ± 0.4
Число экземпляров на 1 м^2	253.7 ± 18.6	3646 ±1573	1110 ±441	1023 ± 560
Индекс полидоминантности Симпсона	9.524	2.523	1.148	1.233

рядом с гидроотвалом интенсивно выпасают скот, есть вероятность, что и на месте гидроотвала были такие луга. Число видов на 1 м^2 в бобово-злаковой травосмеси на гидроотвале небольшое, изменение по годам практически отсутствует, и значения существенно уступают мятликово-разнотравному остепненному лугу (табл. 2), что говорит о простоте структуры по этому показателю. Индекс полидоминантности Симпсона тоже невелик, в разные годы колеблется от 1.148 до 2.523. Это значительно меньше аналогичного показателя даже в нарушенных естественных сообществах.

В то же время число экземпляров растений на 1 м^2 в изучаемом агрофитоценозе очень велико, в отдельные годы на начальной стадии формирования сообщества достигает 3646–1023 шт. особей. Этот скачок возник благодаря обилию всходов ив, полевицы гигантской, клевера лугового.

Количество производимой органической массы является основным свойством фитоценоза, характеризующим степень использования им энергии солнца в данных условиях местообитания. Продуктивность посевов на гидроотвале (сырая надземная фитомасса) в 1990–1993 гг. изменялась от 135.4 до 27.8 ц/га при среднем значении 66.4 ц/га (см. рис. 3). Среднее значение воздушно-сухой надземной фитомассы в тот же период составило 30.6 ц/га, лимиты от 12.9 до 63.0 ц/га. На десятый год жизни агрофитоценоза (1998 г.) сырая надземная фитомасса достигла 70.8 ц/га, воздушно-сухая – 24.5 ц/га (рис. 4). Продуктивность суходольных лугов в Кемеровской обл., по данным А.В. Куминовой (1950), изменялась от 20 до 35 ц/га. Таким образом, бобово-злаковая травосмесь, созданная на гидроотвале Моховского разреза, если не проводить чрезмерного выпаса, не уступает по продуктивности природным суходольным лугам, которые преобладали на этой территории до начала угледобычи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведенные многолетние исследования (1990–1993, 1998 гг.) структуры и продуктивности бобово-злакового агрофитоценоза, созданного на гидроотвале в лесостепной зоне Кузнецкой котловины, показали следующее.

Продуктивность агрофитоценоза не уступает, а иногда превышает продуктивность суходольных лугов, которые преобладали на этой территории до проведения гидровскрышных работ.

Созданное растительное сообщество отличается высокой устойчивостью. Злаки и бобовые, начиная со 2–3-го года жизни агрофитоценоза, обычно составляют свыше 90 % от общего веса надземной фитомассы. Группа разнотравья представлена в основном синантропными видами, на долю которых приходится небольшой процент.

Горизонтальная структура агрофитоценоза на 2–3-й год становится близкой к структуре зональных фитоценозов: преобладают виды с контагиозным распределением особей по площади. На десятый год наблюдений виды распределены по поверхности гидроотвала случайно.

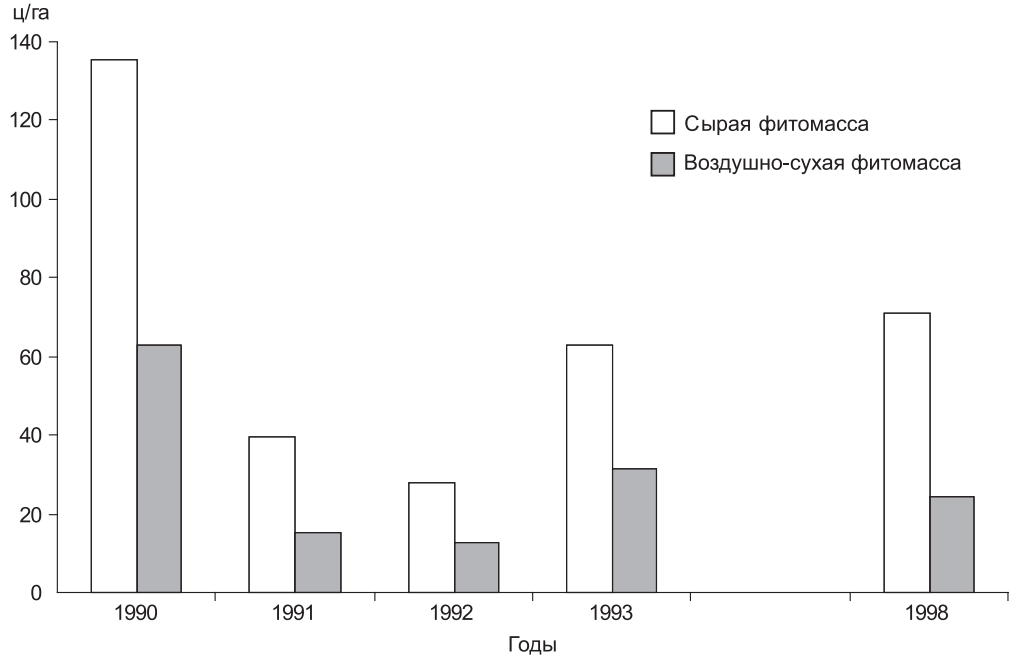

Рис. 4. Динамика накопления воздушно-сухой надземной фитомассы в бобово-злаковой травосмеси на гидроотвале разреза "Моховский".

Fig. 4. The above-ground phytomass productivity dynamics for the legume-grass mixture on "Mokhovsky" hydraulic spoil bank.

Особенности вертикальной структуры изучаемого сообщества следующие: высота травостоя превышает высоту ранее существовавших здесь зональных сообществ. Распределение фитомассы по профилю относится к приземному типу. Общий вид графиков вертикальной структуры в первые годы жизни агрофитоценоза имеет форму пирамиды, свойственной графикам суходольных лугов. На десятом году жизни график имеет другую конфигурацию.

Видовое разнообразие низкое, на одном квадратном метре обычно растут 8–9 видов высших сосудистых растений. Значения индексов доминирования Симпсона невелики. Модели распределения видов по обилию показывают, что в разные годы структура сообщества по этому показателю сложная.

Выпас скота на гидроотвале на 2-м году жизни агрофитоценоза привел к частичному выпадению видов, в частности, снизилось участие *Trifolium pratense*. Следует запретить выпас скота на вновь созданных местообитаниях, так как на первоначальных этапах развития они отличаются неустойчивостью.

Благодарности. *Исследование выполнено в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № АААА-А21-121011290024-5.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Василевич В.И. 1969. Статистические методы в геоботанике. Л. 231 с. [Vasilevich V.I. 1969. Statistical methods in geobotany. Leningrad. 231 p. (in Russian)]

ГОСТ 17.5.3.05-84. 2002. Рекультивация земель. Охрана природы, земли. М. 56-59. [GOST 17.5.3.05-84. 2002. Nature protection, Land reclamation. General requirements for lands to be backfilled. Moscow. 56-59. (in Russian)]

Злобин Ю.А. 1989. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань. 147 с. [Zlobin Yu.A. 1989. Principles and methods of studying coenotic plant populations. Kazan'. 147 p. (in Russian)]

Корчагин А.А., Лавренко Е.М. 1976. Морфологическое строение сообществ (синморфология). В: Полевая геоботаника. Отв. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Т. 5. М., Л. 28-130. [Korchagin A.A., Lavrenko E.M. 1976. Morphological structure of communities (synmorphology). In: Korchagin A.A., Lavrenko E.M. (Eds.). Field Geobotany. Vol. 5. Moscow, Leningrad. 28-130 (in Russian)]

Куминова А.В. 1950. Растительность Кемеровской области. Новосибирск. 167 с. [Kuminova A.V. 1950. Vegetation of the Kemerovo region. Novosibirsk. 167 p. (in Russian)]

Ламанова Т.Г., Попова Н.А. 1989. Характеристика естественных пастбищ долины р. Карасук. В: Сенокосы и пастбища Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск. 32-35. [Lamanova T.G., Popova N.A. 1989. Characteristics of the natural pastures of the valley of the river Karasuk. In: Hayfields and pastures of Siberia: Collection of scientific papers. Novosibirsk. 32-35. (in Russian)]

Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В. 2010. Агрофитоценозы на отвалах в Южной части Кузнецкой котловины. Новосибирск. 226 с. [Lamanova T.G., Sheremet N.V. 2010. Agrophytocoenoses on the spoil banks in the southern part of the Kuznetsk Basin. Novosibirsk. 226 p. (in Russian)]

Малинина Т.А., Панков Я.В., Федотов В.И., Дюков А.Н. 2011. Причины гибели культур сосны обыкновенной на гидроотвале Березовый лог КМА. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 1:122-128. [Malinina T.A., Pankov Ya.V., Fedotov V.I., Dyukov A.N. 2011. Meeting of Scotch pine cultures at the hydro dump Berezovy log KMA. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya, Geoekologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography, Geoecology*. 1:122-128. (in Russian)]

Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и меры его изменения. М. 184 с. [Magurran A. 1992. Ecological diversity and its measurement. Moscow. 184 p. (in Russian)]

Павлова Г.Г. 1980. Суходольные луга Средней Сибири. Новосибирск. 213 с. [Pavlova G.G. 1980. Dry meadows of Central Siberia. Novosibirsk. 213 p. (in Russian)]

Полевая геоботаника. 1959–1976. Под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. Т. I–V. Л. [Lavrenko E.M., Korchaginf A.A. (Eds.). 1959–1976. Field Geobotany. Vol. I–V. Leningrad. (in Russian)]

Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. 281 с. [Pesenko Yu.A. 1982. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic research. Moscow. 281 p. (in Russian)]

Рагим-Заде Ф.К. 1992. Почвообразующие породы техногенных ландшафтов. В: Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Отв. ред. И.М. Гаджиев. Новосибирск. 15-33. [Rahim-Zade F.K. 1992. Soil-forming rocks of technogenic landscapes. In: Hajiyev I.M. (Ed.). Ecology and reclamation of technogenic landscapes. Novosibirsk. 15-33. (in Russian)]

Ревердатто В.В. 1924. Луговая растительность долины реки Томи в пределах Кузнецкого и Щегловского уездов. Томск. 199 с. [Reverdatto V.V. 1924. Meadow vegetation of the Tom river valley within the Kuznetsk and Shcheglovsky counties. Tomsk. 199 p. (in Russian)]

Трофимов С.С. 1975. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск. 299 с.

[Trofimov S.S. 1975. Soil ecology and soil resources of the Kemerovo region. Novosibirsk. 299 p. (in Russian)]

Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М. 327 с. [Uitteker R. 1980. Communities and Ecosystems. Moscow. 327 p. (in Russian)]

Хлонов Ю.П. 1979. Деревья и кустарники юго-восточной части Западной Сибири. Новосибирск. 125 с. [Khlonov Yu.P. 1979. Trees and shrubs of the southeastern part of Western Siberia. Novosibirsk. 125 p. (in Russian)]

Шеремет Н.В., Ламанова Т.Г. 2022. Состояние агропопуляций *Elytrigia repens* (Poaceae) на промышленных отвалах на территории Кемеровской области. *Растительные ресурсы*. 58(3):272-289. DOI 10.31857/S0033994622030116. [Sheremet N.V., Lamanova T.G. 2022. State of agricultural populations of *Elytrigia repens* (Poaceae) on industrial dumps in the Kemerovo region. *Rastitel'nye Resursy = Plant Resources*. 58(3):272-289. DOI 10.31857/S0033994622030116. (in Russian)]

THE STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF LEGUME-GRASS AGROPHYTOCOENOSIS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE KUZNETSK BASIN

Natalia V. Sheremet*, Tatiana G. Lamanova

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia; nsheremet@yandex.ru

The Kuznetsk basin is one of the richest by the coal budget in the world, and hydraulic mining is in use there. The resulting large areas of disturbed lands have a negative influence on the local people health. Rather actual in this connection are activities to neutralise the environment pollution, to reclaim the disturbed lands, and also to reveal and introduce new and promising plant species. In this work we study the agrophytocoenosis created in 1989 by the authors on the hydraulic spoil bank of "Mokhovsky" open-cut coal mine (Kemerovo region).

Based on long-term observations (years 1990–1993 and 1998) we establish that the artificial plant community on the hydraulic spoil bank is highly sustainable and its development is not similar to that on the zonal soils. The legume-grass base of our agrophytocoenosis is remaining to prevail during all the observation period, whereas legumes fall away within 2–3 years on the zonal soils. The productivity of our plant community is close to or higher than that of zonal plant communities. Maximal productivity of air-dry phytomass (63 cwt/ha) is observed on the second year of our agrophytocoenosis. The main contribution to the above-ground phytomass is due to legumes and grasses. The vertical structure of our plant community features a remarkable height of the herbage; and the main part (85 %) of the above-ground phytomass is contained in the layer 0–35 cm. It is so called near-surface vertical distribution (according to G.G. Pavlova, 1980), it is typical for the plant communities with legumes and small grasses as dominating species. As to the horizontal structure, the significant part of our agrophytocoenosis during the initial years (1990–1993) are species with a contagious distribution by the surface; and the horizontal species distribution on the tenth year (1998) is random. The species variety is usually not big.

The significance graphs indicate rather developed structure of the agrophytocoenosis. On the tenth year of observation, species significance demonstrates a log-normal distribution, which is characteristic for multi-species zonal plant communities with predominance of species with an average abundance.

The highest vitality amongst the seeded species was demonstrated by *Agrostis gigantea*, *Trifolium pratense* и *Medicago sativa*. Seeding legume-grass mixtures impedes the overgrowth of spoil banks by willows, which keeps the opportunity to use spoil banks as hayfields in the future.

Key words: *agrophytocoenosis structure, productivity, hydraulic spoil bank, recultivation, Kemerovo region.*

For citation: Sheremet N.V., Lamanova T.G. 2023. The structure and productivity of legume-grass agrophytocoenosis in the forest-steppe zone of the Kuznetsk basin. *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 16(4):326-334. DOI 10.15372/RMAR20230402

***Acknowledgements**. The study was carried out within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS under the project No. AAAA21-121011290024-5.*

ORCID ID
N.V. Sheremet 0000-0003-2973-3008
T.G. Lamanova 0000-0001-6691-3732

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received by the editors 10.02.2023
Принята к публикации / Accepted for publication 15.06.2023