

**ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ  
НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ САМОЗАРАСТАНИЯ ЗОЛОТОВАЛОВ  
С НАНЕСЕНИЕМ ПЛОДОРОДНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ (ТЭЦ-5, г. Новосибирск)**

**Н.В. Шеремет, Т.Г. Ламанова, В.М. Доронькин**

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,  
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: nsheremet@yandex.ru

Впервые изучены особенности начальной стадии зарастания разновозрастных участков золоотвала с нанесением плодородного слоя почвы, расположенного в лесостепной зоне на юге Западной Сибири (г. Новосибирск, ТЭЦ-5), после 9 лет самовосстановления растительного покрова. Описано, что на золоотвале во всех трех выделенных серийных сообществах наблюдается в основном травяной тип зарастания. Выявлено 85 видов травянистых растений, 8 видов древесных и 6 видов мхов. Наибольший вклад в надземную фитомассу вносят злаки, доминирующая роль среди которых принадлежит *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea* и др. Среди бобовых преобладают *Trifolium hybridum*, *T. pratense*, среди разнотравья – *Artemisia dracuncululus*, *A. vulgaris*, *Cirsium setosum* и др. Для вертикальной структуры растительных сообществ характерен растянутый тип распределения. Продуктивность воздушно-сухой фитомассы составила в клеверо-полевицевом фитоценозе 20.8 ц/га, в разнотравно-клеверо-злаковом – 30.6 ц/га, в разнотравно-бобово-злаковом с кустами облепихи и ивы фитоценозе – 50.9 ц/га. Установлено, что надземная фитомасса преобладает над подземной на двух участках золоотвала, в разнотравно-клеверо-злаковом фитоценозе показатели имеют равные значения.

**Ключевые слова:** золоотвалы, нанесенный плодородный слой почвы, растительные сообщества, естественное зарастание, лесостепь, ТЭЦ.

**PLANT COMMUNITIES FORMATION  
IN INITIAL STAGES OF SPONTANEOUS VEGETATION ON ASH DUMPS  
WITH A FERTILE LEVEL APPLIED (TPS-5, Novosibirsk)**

**N.V. Sheremet, T.G. Lamanova, V.M. Doronkin**

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,  
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: nsheremet@yandex.ru

The article presents the results of an original research on the specific of spontaneous vegetation on ash dumps in the forest-steppe zone in the south of West Siberia (Thermal Power Station 5, Novosibirsk, Russia) during the initial 9 years. The grass vegetation prevails: we detected 85 grass species, 8 tree species and 6 moss species. The dominating species according to the above-ground phytomass are grasses *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata* and *Agrostis gigantea*; amongst the legumes, *Trifolium hybridum* and *T. pratense*; amongst the forbs, *Artemisia dracuncululus*, *A. vulgaris* and *Cirsium setosum*. The vertical structure of the plant communities has the extended type. The air-dry phytomass was estimated as 2080 kg/ha for the bent grass-clover community, 3060 kg/ha for the forbs-clover-grass community, and 5090 kg/ha for forbs-legumes-grass community with willow and sea buckthorn bushes. The above-ground phytomass exceeds the below-ground one in two communities; the values are equal for the forbs-clover-grass community.

**Key words:** ash dumps, fertile layer, plant communities, natural revegetation, forest-steppe, Thermal Power Station.

**ВВЕДЕНИЕ**

Одна из форм антропогенных нарушений целостности ландшафта – золоотвалы тепловых электростанций. Занимая огромные площади, они являются постоянным источником загрязнения воздуха и почвы. Установлено, что в золошлаковых смесях ТЭЦ-5 содержится значительное количество тяжелых металлов, и для восстановления

территории необходима отсыпка плодородного слоя почвы – ПСП (Ибрагимова, Сиухина, 2016). Кроме того, золоотвалы служат причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного использования. Техническая рекультивация, заключающаяся в нанесении на поверхность золоотвала потенциально плодо-

родного грунта, выполняет санитарно-гигиеническую роль за счет снижения пыльных бурь. Нанесение почвогрунтов способствует не только закреплению поверхности, но и ускорению темпов их самозарастания. Изучение особенностей развития растительных сообществ на каменноугольной золе представляет значительный интерес в связи с разработкой общей теории адаптациогенеза растений к новым экологическим факторам техногенного происхождения и имеет прикладное значение для рекультивации нарушенных земель (Махнев и др., 2002). Ведутся работы по изучению формирования фитоценозов на золоотвалах Урала (Лукина, 2010; Лукина и др., 2012; Раков, 2013; Раков и др., 2018).

Золоотвал № 1 ТЭЦ-5 находится в черте г. Новосибирска вблизи водораздела рек Иня и Плющиха, который сложен преимущественно золой каменных углей шахт и разрезов Кузнецкого угольного бассейна. Введен в эксплуатацию в 1987 г., состоит из двух секций, разделенных дам-

бой, общая площадь около 41.4 га. В 2008 г., после прекращения подачи золошлакового материала, первая секция золоотвала оставлена под самозарастание. На второй секции (площадью 23.7 га) зимой 2010 г. был проведен технический этап рекультивации. Поверх золошлакового материала (с целью прекращения дефляции золы, водной и ветровой эрозии) был отсыпан лёссовидным суглинком мощностью от 30 до 60 см. В настоящее время на второй секции золоотвала также происходит естественный процесс самозарастания. Отсчет его возраста ведется от года отсыпки, поскольку возобновление растительности начинается в тот же год. На момент исследования условный возраст изучаемых участков золоотвала составляет 9 лет.

**Цель исследований** – изучить особенности формирования растительности на начальных этапах зарастания золоотвала ТЭЦ-5 г. Новосибирска на участках с нанесением плодородного слоя почвы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По агроклиматическому районированию Новосибирская область входит в лесостепную зону Северо-Предалтайской провинции (Шашко, 1985). Климат территории континентальный. Климатические показатели в Новосибирске следующие: сумма температур выше 10 °С составляет 1926 °С; годовая сумма осадков – от 300 до 400 мм; безморозный период продолжается в среднем 119 дней; средняя температура июля – 17–20 °С.

Зональным типом почв являются серые лесные почвы. Ландшафт района сложен сочетанием березовых колков, чередующихся с безлесными пространствами, занятыми суходольными лугами и фрагментами степной растительности. В настоящее время на прилегающей к отвалам территории сохранились небольшие участки березового леса со злаково-снытьевым покровом (в подлеске господствуют *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun, *Viburnum opulus* L., *Crataegus sanguinea* Pall.). Древесный полог образован преимущественно *Betula pendula* Roth. Травяной покров хорошо развит, основными доминантами являются злаки *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., среди разнотравья большую долю в травяном покрове занимают *Aegopodium podagraria* L., *Galium boreale* L., *Lathyrus gmelinii* Fritsch, *Sanguisorba officinalis* L. В покрове имеется мох *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Сбор материала осуществляли в июле–августе 2017–2018 гг. Для изучения флористического состава сообществ был проведен сбор гербарных материалов и выполнены геоботанические описания (Воронов, 1973). Название фитоценозов дано по доминирующим видам.

Для определения продуктивности надземной фитомассы и состава хозяйственно-ботанических

групп были взяты повидовые укусы в четырехкратной повторности. Продуктивность подземной фитомассы определяли в 2018 г. методом выемки почвенных монолитов с помощью бура по слоям: 0–10, 10–20, 20–30 см (предварительные наблюдения показали, что основная корневая масса сосредоточена в этих слоях, глубже отмечаются только единичные корни растений). Корневые системы отмывали, высушивали и взвешивали. Повторность взятия проб четырехкратная.

Разнообразие растительных сообществ определяли с помощью индекса Симпсона (Уиттекер, 1980; Песенко, 1982).

Продуктивность изучаемых растительных сообществ сравнивали с результатами исследований золоотвалов Южного Урала (Махнев и др., 2002; Лукина, 2010) по нескольким причинам. Во-первых, золоотвалы находятся в одной природно-климатической зоне, и климат районов их расположения во многом сходен, во-вторых, технический этап рекультивации проведен по одной схеме, в-третьих, сбор материала осуществляли по одной методике, и возраст золоотвалов примерно одинаков. Различие состоит в том, что на золоотвалах ТЭЦ-5 биологического этапа с посевом многолетних трав не было. Литературные данные для сравнения, удовлетворяющие всем требованиям, отсутствуют.

Золоотвал Южноуральской государственной районной электростанции (ЮУГРЭС) расположен в лесостепной зоне на юге Челябинской области рядом с г. Южноуральский. Район местонахождения по термическим условиям теплый, сумма среднесуточных температур с температурой выше 10 °С составляет 2000–2200 °С. По степени увлажнения район умеренно влажный, годовое количе-

ство осадков 300–400 мм в год. Безморозный период 110–120 дней, средняя температура июля 23 °С. Ландшафт района характеризуется разбросанными по всей территории березовыми, реже березово-осиновыми колками, чередующимися с безлесными пространствами, занятыми луговыми степями. Золоотвал вплотную примыкает к территории электростанции, сформирован золой углей шахт и разрезов Челябинского угольного бассейна, большинство углей которого бурые. Площадь золоотвала составляет 68 га, эксплуатация прекращена в начале 60-х годов прошлого века.

В 1964–1966 гг. на золоотвале ЮУГРЭС проведена рекультивация со сплошным покрытием слоем почвы толщиной 10–15 см и посевом мно-

голетних трав (*Onobrychis arenarea* (Kit.) DC., *Medicago media* Pers., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), через 10 лет был подсеян *Agropyron cristatum* (L.) Beauv. Наблюдения проводились через 15, 25 и 35 лет после биологической рекультивации. Полученные результаты сравнивали с данными наблюдений, наиболее близкими по временным рамкам. За 15 лет на рекультивированном золоотвале сформировалась разнотравно-злаково-полынная и разнотравно-полынно-злаковая растительность с преобладанием полыней и злаков, высеянные виды бобовых полностью исчезли. Всего зафиксировано 87 видов растений. Надземная фитомасса на золоотвале составила 8.9 ц/га, а подземная – почти в 2.6 раза больше (23.3 ц/га).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При покрытии поверхности золоотвала ПСП процессы самозарастания (по сравнению с “чистой” золой) ускоряются и формируются сообщества, разнообразные по флористическому составу и обладающие определенной устойчивостью. Занос зачатков различных видов растений является лимитирующим фактором и при первичном зарастании, когда семена попадают из окружающей среды, и при вторичном, когда семена находятся внесенном на поверхность субстрате.

Флористический состав и динамика формирующихся сообществ в значительной степени определяются условиями местообитания. При изучении начальных стадий зарастания золоотвала с нанесением ПСП выделено три участка с разной степенью увлажнения грунта. На увлажнение влияет, по всей вероятности, спуск воды, производимый ТЭЦ.

**На участке № 1** к 2018 г. сформировался разнотравно-клеверово-злаковый фитоценоз, преобладающие виды: *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Trifolium hybridum* L., *T. pratense* L., *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., *Artemisia dracunculus* L., *Galium boreale* L. Видовой состав на этом участке самый многочисленный, что может быть связано с банком семян луговых видов, сохранившихся в покрывающем поверхность золоотвала ПСП, и с их успешной адаптацией в условиях золоотвала. Формирование растительных сообществ идет по пути сближения с луговыми сообществами. Общее проективное покрытие составляет 70 % при средней высоте травостоя 70–80 см. Доминантами среди злаков являются *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis epigeios*, среди бобовых – *Trifolium hybridum* и *T. pratense* и среди разнотравья – *Artemisia dracunculus*, *A. vulgaris*, *Cirsium setosum*, *Galium boreale*. На участке отмечено наличие мха *Brachythecium* sp. и гриба дождевика *Lycoperdon* sp. Древесные породы представлены следующими вида-

ми: *Acer negundo* L., *Salix rosmarinifolia* L., *Pinus sylvestris* L. и *Hippophaë rhamnoides* L., которая обильно плодоносит.

В целом флора на этом участке представлена 75 видами из 62 родов и 27 семейств.

Воздушно-сухая надземная фитомасса составила 305.8 г/м<sup>2</sup>, мортмасса – 158.5 г/м<sup>2</sup>, воздушно-сухая подземная фитомасса – 306.0 г/м<sup>2</sup>. Индекс Симпсона равен 10.4.

**На участке № 2** сформировался фитоценоз разнотравно-бобово-злаковый с кустами облепихи и ивы, преобладающие виды: *Phleum pratense*, *Calamagrostis epigeios*, *Trifolium pratense*, *T. hybridum*, *Sonchus arvensis*. Сформирован древесно-кустарниковый ярус с разной высотой – до 1.5–2.5 м. Видовой состав деревьев и кустарников – 6 видов. Доминанты: *Hippophaë rhamnoides*, *Salix caprea* L., *S. viminalis* L., которые местами образуют заросли. Высота *Hippophaë rhamnoides* до 2.5 м, отмечается плодоношение. Общее проективное покрытие поверхности золоотвала на этом участке растительностью составляет 90–100 %, средняя высота травостоя – 80–90 см. Доминируют из злаков – *Phleum pratense*, *Calamagrostis epigeios*, *Agrostis gigantea* Roth, из бобовых – *Trifolium pratense* и *T. hybridum*, *Lathyrus pratensis* L., из разнотравья – малоценные в хозяйственном отношении виды (*Sonchus arvensis* L. и *Cirsium setosum*). В фитоценозе имеются три вида мха (*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum* sp., *Brachythecium* sp.).

Флора на этом участке состоит из 43 видов из 32 родов и 16 семейств.

Воздушно-сухая надземная фитомасса составила 509.3 г/м<sup>2</sup>, мортмасса – 70.1 г/м<sup>2</sup>, воздушно-сухая подземная фитомасса – 167.0 г/м<sup>2</sup>. Индекс Симпсона равен 4.6.

**Участок № 3** примыкает к небольшому водоему, образовавшемуся в результате спуска воды от ТЭЦ. Сформировался клеверо-полевичевый фитоценоз, преобладающие виды: *Agrostis gigantea*,



*Trifolium pratense*, *T. hybridum*. Для территории характерно периодическое затопление, по всей площади участка имеются отмершие надземные побеги гидрофита *Typha laxmanii* Lepech. Общее проективное покрытие поверхности золоотвала растительностью составляет 60 %, средняя высота травостоя равна 55–60 см. В травянистом покрове среди злаковых видов доминируют *Agrostis gigantea*, *Calamagrostis epigeios*, *Phragmites australis* (Gav.) Trin. ex Steudel, среди бобовых виды из рода клевер – *Trifolium pratense*, *T. hybridum*, *T. repens* L., среди разнотравья доминанты отсутствуют. Мхи здесь представлены тремя видами (*Bryum caespiticium* Hedw., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils., *Barbula unguiculata* Hedw.).

В небольшом числе в виде подростка на участке встречаются древесные виды: *Betula pendula* Roth, *Populus italica* (Du Roi) Moench, *Pinus sylvestris*, среди кустарников два вида ив – *Salix caprea*, *S. viminalis* L., а также и *Hippophaë rhamnoides*.

Флора на участке 3 представлена 23 видами из 19 родов и 11 семейств.

Воздушно-сухая надземная фитомасса составила 208.0 г/м<sup>2</sup>, мортмасса – 49.3 г/м<sup>2</sup>, воздушно-сухая подземная фитомасса – 146.0 г/м<sup>2</sup>. Индекс Симпсона равен 4.5.

Флора золоотвала ТЭЦ-5 трех участков с нанесением ПСП представлена: отделом Хвощевидные (Equisetophyta) – семейством Хвощовые (Equisetaceae) – единственным видом *Equisetum sylvaticum* L., отделом Голосеменные (Pinophyta) – семейством Сосновые (Pinaceae) – видом *Pinus sylvestris*. Покрытосеменные (Magnoliophyta) – 30 семейств, 67 родов, включающих 93 вида растений, среди которых 26 семейств – двудольные (86.7 %) и 4 – однодольные (13.3 %). Древесно-кустарниковые растения составляют 20 % от всей флоры (6 семейств), а травянистые – 80 % (24 семейства). Мохообразные (Bryophyta) представлены 5 семействами, 5 родами, 6 видами.

Общий флористический список второй секции золоотвала насчитывает 93 вида, что составляет 71.5 % от выявленной флоры всей территории зольных отвалов ТЭЦ-5. Основная часть спектра семейств (первая пятерка семейств) выглядит следующим образом: *Asteraceae–Poaceae–Fabaceae–Scrophulariaceae–Salicaceae*. Спектр ведущих семейств, преимущественно первых трех, характерен в целом для бореальной флоры.

Наиболее богаты видами роды *Artemisia* и *Trifolium* (по 5 видов), *Salix* и *Medicago* (по 3 вида). По 2 вида содержится в родах *Typha* и *Melilotus*, 61 род представлен одним видом.

Два вида из состава флоры (*Astragalus alopecurus* Pall., сем. *Fabaceae* и *Scrophularia umbrosa* Dumort., сем. *Scrophulariaceae*) включены в третье издание “Красной книги Новосибирской области”

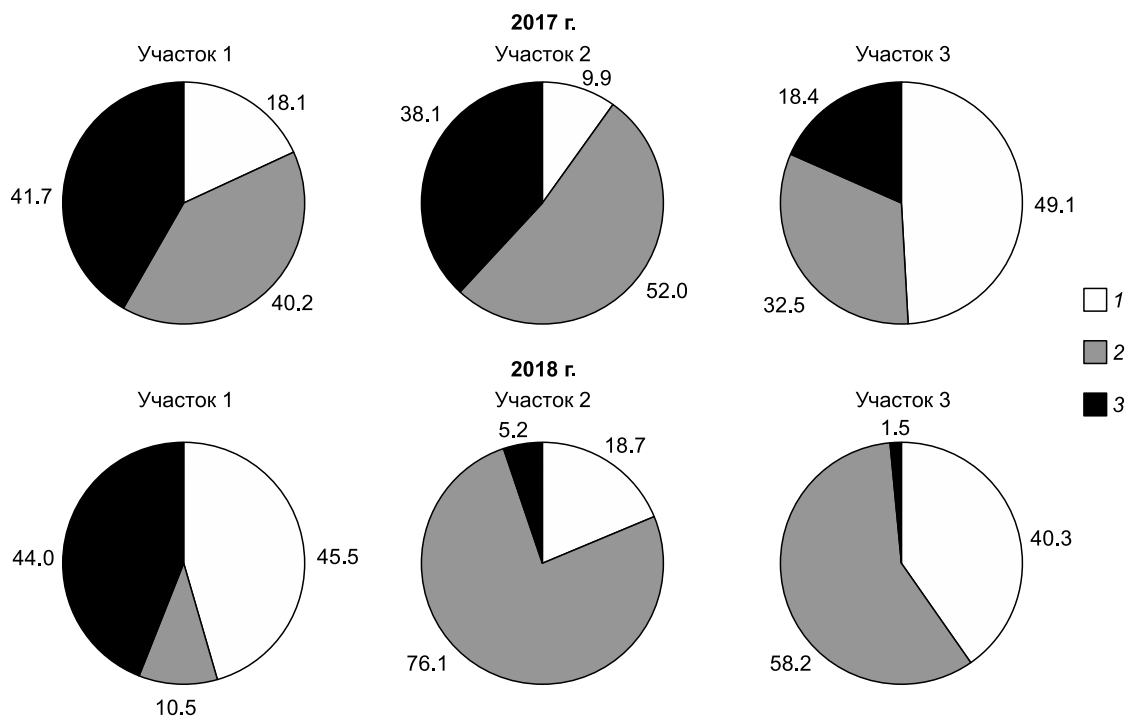
(2018). Клен американский (*Acer negundo* L., сем. *Aceraceae*) и трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., сем. *Asteraceae*) являются инвазивными видами и входят в список “Черной книги флоры Сибири” (2016).

Формирование растительных сообществ на золе с покрытием почвой на золоотвале в лесостепной зоне идет по пути сближения с растительностью зонального типа, закономерность также отмечена на золоотвалах Южного Урала (Махнев и др., 2002; Лукина, 2010; Лукина и др., 2012).

Анализ хозяйственно-ботанических групп показал, что злаки вносят наибольший вклад в продуктивность надземной фитомассы на третьем участке, бобовые – на втором и третьем участках золоотвала (рис. 1). Нанесенный на поверхность золоотвала ПСП был хранилищем семян многолетних трав, и появление ценных в кормовом отношении видов злаков и бобовых произошло раньше, чем на участках золоотвала, оставленных под самозарастание (Шерemet и др., 2018). Доминирующая роль в фитоценозах среди злаковых видов принадлежит *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea*, *Calamagrostis epigeios*, *Phragmites australis*; среди бобовых – *Trifolium pratense*, *T. hybridum*, *Lathyrus pratensis*.

Группа разнотравья широко представлена на первом участке, доминируют в разных фитоценозах *Artemisia dracunculus* и *A. vulgaris*, *Achillea millefolium*, *Cirsium setosum*, *Sonchus arvensis*. На золоотвалах Южного Урала на 15-м году жизни из хозяйственно-ботанических групп в значительной степени преобладало разнотравье (76.5 %), бобовые и злаки составили 14.7 и 8.8 % соответственно (Махнев и др., 2002). В качестве доминантов отмечены различные виды полыней: *Artemisia dracunculus*, *A. absinthium* L., *A. campestris* L., из злаков *Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis*, *Poa pratensis*. Виды-доминанты техногенной флоры можно применять как эталон физиологической толерантности к комплексу неблагоприятных условий, существующих на золоотвалах. Характерные структурные или функциональные особенности таких видов могут быть впоследствии использованы для целенаправленного отбора фитомелиорантов из зональной растительности в целях их интродукции на золоотвалах (Внуков, 1997).

Вертикальное распределение надземной фитомассы относится к типичным элементам структуры сообществ и является показателем, который отражает состав компонентов, условия среды, характер воздействия человека и прошлое ценоза. По типу распределения надземной фитомассы по вертикальному профилю Г.Г. Павлова (1980) выделяет три типа: растянутое, при котором основная масса травостоя (85 % от общей массы) заключена в слое 65 см, среднее, при котором основная масса

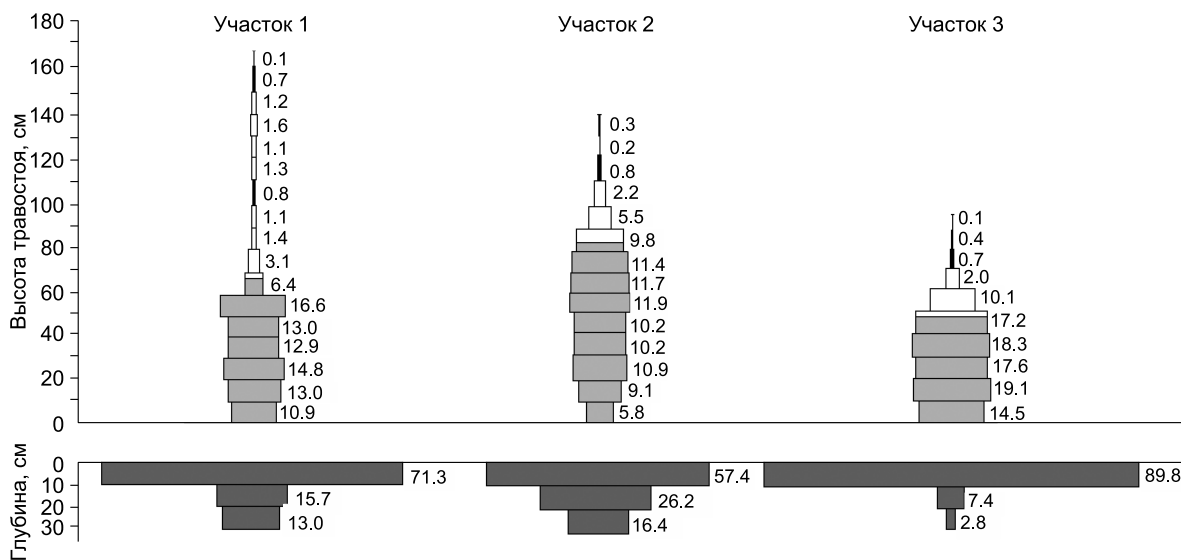


**Рис. 1.** Состав хозяйственно-ботанических групп при зарастании золоотвалов с нанесением ПСП (%): 1 – злаки; 2 – бобовые; 3 – разнотравье.

сосредоточена на высоте 0–50 см, и приземное, когда показатель приурочен к слою 0–40 см. Растянutosть профиля свойственна лесным вариантам суходольных лугов юга Сибири. Приземным распределением надземной массы отличаются ценозы с содоминированием бобовых, мелкотравья. Среднее положение по характеру распределения фитомассы занимает группа ассоциаций суходольных лугов с полидоминантными сообществами, с пестрыми по видовому составу синузиями злаков

и разнотравья, т. е. более сложноорганизованные сообщества.

Вертикальной структуре изучаемых растительных сообществ на золоотвале с нанесением ПСП присуща значительная высота травостоя. Основная масса травостоя в двух растительных сообществах заключена в слое выше 60 см, что характерно для растянутого типа распределения (рис. 2). Графики вертикальной структуры, приближающиеся по конфигурации к пирамиде, свой-



**Рис. 2.** Распределение по вертикальному профилю (по слоям 10 см) надземной и подземной фитомассы (%) на участках золоотвала ТЭЦ-5 с нанесением ПСП.

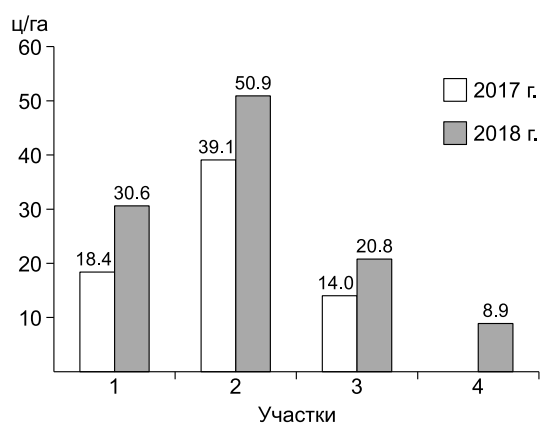
ственной для зональных сообществ и являющейся оптимальной формой распределения фитомассы в травянистых сообществах (Павлова, 1980), не отмечены.

Важным фактором и свойством каждого растительного сообщества, в значительной степени определяющим его строение и степень использования им энергии солнца в данных условиях местообитания, является фитомасса. Воздушно-сухая надземная фитомасса растительных сообществ золоотвала с нанесением ПСП Южноуральской ГРЭС на 15-м году жизни составила 8.9 ц/га (рис. 3).

Воздушно-сухая надземная фитомасса растительных сообществ при естественном зарастании золоотвала ТЭЦ-5 с нанесением ПСП на 9-м году их жизни превышает данное значение более чем в 5 раз – на втором участке (50.9 ц/га), в 3 раза – на первом (30.6 ц/га) и в 2 раза – на третьем (20.8 ц/га).

Самые высокие показатели мортмассы (15.8 ц/га) отмечены на первом участке, высокий вклад в которые дают остатки генеративных побегов полыней.

Сухопутные растительные сообщества можно разделить на два “блока” – надземный и почвенный. Каждая из этих частей имеет свое вертикальное строение и играет неодинаковую роль в жизни сообщества, поэтому их следует рассматривать отдельно (Лавренко, Дылис, 1968). При самозарастании золоотвала ТЭЦ-5 с нанесением ПСП основная масса корней сосредоточена на глубине 0–20 см (изменяется от 83.6 до 97.2 % от общей подземной фитомассы), в слое 20–30 см количество их резко снижается (см. рис. 2). Продуктивность подземной фитомассы данного горизонта составляет от 2.8 до 16.4 % от общей продуктивности по профилю. Самые высокие значения продуктивности воздушно-сухой подземной фито-



**Рис. 3.** Воздушно-сухая надземная фитомасса (ц/га) на золоотвалах с нанесением ПСП в лесостепи на юге Западной Сибири и на Южном Урале:

1, 2, 3 – участки ТЭЦ-5 (г. Новосибирск); 4 – Южноуральская ГРЭС (г. Южноуральск).

массы выявлены в разнотравно-клеверово-злаковом фитоценозе (30.6 ц/га), что происходит за счет формирования хорошо развитых корневых систем доминирующих рыхлокустовых злаков и полыней. Показатели этого участка в 1.8 раза превышают аналогичные показатели разнотравно-бобово-злакового с кустами облепихи и ивы фитоценоза (16.7 ц/га) и в 2.1 раза клеверо-полевицевого фитоценоза (14.6 ц/га) (см. таблицу), а также в 1.3 раза выше продуктивность подземной фитомассы на золоотвале с нанесением ПСП ЮУГРЭС (23.3 ц/га).

На золоотвале ТЭЦ-5 с нанесением ПСП надземная фитомасса преобладает над подземной на двух из трех участков, а на первом участке показатели равны между собой. На золоотвале Южноуральской ГРЭС с нанесением ПСП накопление подземного вещества в растительных сообществах идет быстрее, и преобладают подземные органы.

Индекс Симпсона показывает, что видовое разнообразие растительных сообществ близко на втором (4.6) и третьем (4.5) участках. Более высокие значения индекса полидоминантности, соответствующие более сложной организации структуры сообщества, отмечены в разнотравно-клеверово-злаковом фитоценозе (10.2).

Таким образом, на золоотвале ТЭЦ-5 после покрытия слоем почвы формируется более сложноорганизованные растительные сообщества, продуктивные, хозяйственно ценные растительные сообщества с преобладанием в своем составе видов ценных хозяйственно-ботанических групп, представляющих интерес в санитарно-гигиеническом отношении. Формирование фитоценозов на золе с ПСП идет по пути сближения с растительностью луговых сообществ, что обуславливается банком семян, присутствующих в почве. Проведение рекультивационных мероприятий дает возможность разнообразить экотопы, ускорить формирование растительного покрова и изменить направление развития фитоценозов.

**Продуктивность фитомассы (ц/га) на золоотвалах с нанесением ПСП ТЭЦ-5 (г. Новосибирск) и ЮУГРЭС (г. Южноуральск)**

Компонент фитомассы	Золоотвал ТЭЦ-5, фитоценоз			Золоотвал ЮУГРЭС
	разнотравно-клеверово-злаковый	разнотравно-бобово-злаковый с кустами облепихи и ивы	клеверо-полевицевый	разнотравно-злаково-полынный
Надземная:	46.4	57.9	25.7	–*
фитомасса	30.6	50.9	20.8	8.9
мортмасса	15.8	7.1	4.9	–
Подземная	30.6	16.7	14.6	23.3
Общая	77.0	74.6	40.3	32.2

\* Прочерк – нет данных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение особенностей начальных этапов зарастания золоотвала ТЭЦ-5 (г. Новосибирск) с нанесением ПСП, расположенного в лесостепной зоне на юге Западной Сибири, проведенное для данного региона впервые, позволяет отметить следующее.

На 9-м году жизни растительных сообществ на всей поверхности золоотвала преобладают травянистые растения (85 видов), древесные растения немногочисленны (8 видов), мхи представлены 6 видами. Наибольший вклад в продуктивность надземной фитомассы растительных сообществ вносят злаковые и бобовые виды. Доминирующая роль в фитоценозах среди злаков принадлежит *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea* и др.; среди бобовых – *Trifolium hybridum*, *T. pratense*; среди разнотравья – *Artemisia dracunculus*, *A. vulgaris*, *Cirsium setosum* и др. Для сравнения, на 15-летнем золоотвале Южного Урала с нанесением ПСП и посевом многолетних трав отмечено 87 видов растений.

Вертикальная структура растительных сообществ характеризуется значительной высотой травостоя, основная масса которого в двух растительных сообществах заключена в слое 0–60 см (распятный тип распределения).

Продуктивность воздушно-сухой надземной фитомассы составила в клеверо-полевицевом фитоценозе – 20.8 ц/га, в разнотравно-клеверо-злаковом – 30.6 ц/га, в разнотравно-бобово-злаковом с кустами облепихи и ивы фитоценозе – 50.9 ц/га. Продуктивность надземной фитомассы растительных сообществ на рекультивированном золоотвале Южноуральской ГРЭС на 15-м году жизни значительно ниже этих значений (8.9 ц/га).

Самое высокое значение продуктивности подземной фитомассы выявлено в разнотравно-кле-

веро-злаковом фитоценозе – 30.6 ц/га, что выше аналогичных показателей в разнотравно-бобово-злаковом с кустами облепихи и ивы фитоценозе – 16.7 ц/га и клеверо-полевицевом фитоценозе – 14.6 ц/га. Продуктивность подземной фитомассы в разнотравно-злаково-попынном фитоценозе на золоотвале Южного Урала также ниже данного показателя – 23.3 ц/га.

Продуктивность надземной фитомассы выше продуктивности подземной фитомассы на золоотвале с нанесением ПСП в Южной Сибири, в отличие от золоотвалов с нанесением ПСП на Южном Урале, где подземная фитомасса преобладает.

Самые высокие значения индекса Симпсона, соответствующие более сложной организации структуры сообщества, отмечены в разнотравно-клеверово-злаковом фитоценозе (10.2).

*Astragalus alopecurus* (астрагал лисохвостный) и *Scrophularia umbrosa* (норичник тенистый) включены в “Красную книгу Новосибирской области” (2018), а *Acer negundo* (клен американский) и *Tripleurospermum indorum* (трехреберник непахучий) – в список инвазивных видов издания “Черная книга флоры Сибири” (2016).

**Благодарности.** Авторы выражают глубокую признательность д.б.н. О.Ю. Писаренко (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск) за определение видового состава мхов, а также О.А. Савенкову, М.С. Шеремету, В.В. Доронькину за помощь при сборе данных по продуктивности подземной фитомассы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 18-44-540002 и в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, № АААА-А17-117012610055-3.

## ЛИТЕРАТУРА

- Внуков А.А.** Экологические аспекты лесовосстановления на нарушенных землях (на примере золоотвалов Верхнетагильской и Рефтинской ГРЭС) // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Междунар. совещ. (Екатеринбург, 26–29 авг. 1996 г.). Екатеринбург, 1997. С. 32–49.
- Воронов А.Г.** Геоботаника / А.Г. Воронов. М., 1973. 384 с.
- Ибрагимова М.Ф., Сиухина М.С.** Рекультивация золоотвала ТЭЦ-5 г. Новосибирска и его почвенно-экологическое состояние // Достижения и перспективы студенческой науки: сб. науч. студен. тр. агроном. ф-та, посвящ. 80-летию Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2016. С. 93–96.
- Красная книга Новосибирской области.** Животные, растения и грибы. 3-е изд. Новосибирск, 2018. 588 с.
- Лавренко Е.М., Дылис Н.В.** Успехи и основные задачи в изучении биогеоценозов суши в СССР // Бот. журн. 1968. Т. 53, № 2. С. 155–161.
- Лукина Н.В.** Формирование фитоценозов на золоотвалах Южноуральской ГРЭС // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 4 (44). С. 62–69.
- Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А.** Восстановление фиторазнообразия на золоотвалах Урала // Вісн. Дніпропетровського державного аграр. ун-та. Днепропетровск, 2012. С. 110–113.
- Махнев А.К.** Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / А.К. Махнев, Т.С. Чибрик, М.Р. Трубина, Н.В. Лукина, Н.Э. Гебель, А.А. Терин, Ю.И. Еловиков, Н.В. Топорков. Екатеринбург, 2002. 356 с.

- Павлова Г.Г.** Суходольные луга Средней Сибири / Г.Г. Павлова. Новосибирск, 1980. 213 с.
- Песенко Ю.А.** Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. М., 1982. 281 с.
- Раков Е.А.** Комплексный подход к оценке состояния фитоценозов, формирующихся на начальных этапах существования золоотвалов тепловых электростанций // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2013. № 39. С. 177–179.
- Раков Е.А., Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А.** Трансформация растительного покрова на рекультивационном золоотвале Нижнетуринской ГРЭС // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 16–19 апр. 2018). Екатеринбург, 2018. С. 777–781.
- Уиттекер Р.** Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. М., 1980. 328 с.
- Черная книга флоры Сибири** / ред. Ю.К. Виноградова, А.Н. Куприянов. Новосибирск, 2016. 440 с.
- Шашко Д.И.** Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко. Л., 1985. 248 с.
- Шеремет Н.В., Ламанова Т.Г., Доронькин В.М., Ветлужских Н.В.** Формирование растительности при естественном зарастании золоотвалов на юге Западной Сибири // Раст. мир Азиатской России. 2018. № 4 (32). С. 95–101. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2018-4(95-101)

*Поступила в редакцию 13.08.2019 г.,  
после доработки – 25.09.2019 г.,  
принята к публикации 15.10.2019 г.*