

## *Moneses uniflora* (L.) A. Gray на промышленных отвалах Среднего Урала

### *Moneses uniflora* (L.) A. Gray on industrial dumps of the Middle Urals

Глазырина М. А., Баркова Н. Ю., Лукина Н. В., Филимонова Е. И.

Glazyrina M. A., Barkova N. Yu., Lukina N. V., Filimonova E. I.

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

E-mails: puta2531@mail.ru; barkovanu@gmail.com; natalia.lukina@urfu.ru; elena.filimonova@urfu.ru

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

**Реферат.** В статье представлены результаты изучения ценопопуляций *Moneses uniflora* (L.) A. Gray (сем. Ericaceae Juss.), обнаруженных при проведении мониторинга формирования растительности на отвалах добывающей и перерабатывающей промышленности Свердловской области (Средний Урал, подзона южной тайги). Исследования показали, что ценопопуляции *M. uniflora* (сем. Ericaceae Juss.) в растительных сообществах, формирующихся на техногенных отвалах и в естественном фитоценозе, являются нормальными, полночленными, молодыми. На морфологические параметры генеративных особей значительное влияние оказывают ценотические и эдафические факторы. В тонких корнях *M. uniflora* во всех изученных местообитаниях обнаружена микориза арбутоидного типа.

**Ключевые слова.** Арбутоидная микориза, золоотвалы, промышленные отвалы, ценопопуляции, *Moneses uniflora*.

**Summary.** The article presents the results of studying the coenopopulations of *Moneses uniflora* (L.) A. Gray (family Ericaceae Juss.) found during the monitoring of vegetation formation on the dumps of the mining and processing industry of the Sverdlovsk region (Middle Urals, southern taiga subzone). Studies have shown that the *M. uniflora* (family Ericaceae Juss.) coenopopulations in plant communities formed on industrial dumps and in natural phytocenosis are normal, full-fledged, young. The morphological parameters of generative individuals are significantly influenced by coenotic and edaphic factors. Arbutoid mycorrhiza was found in the thin roots of *M. uniflora* in all the studied habitats.

**Key words.** Arbutoid mycorrhiza, ash dumps, industrial dumps, cenopopulations, *Moneses uniflora*.

Антропогенное воздействие на растительный покров Земли приводит к глубоким его изменениям (упрощению, снижению устойчивости растительных сообществ, частичному или полному уничтожению на больших по площади территориях, замене естественных фитоценозов искусственными и т. д.). В связи с этим, не теряет своей актуальности исследование процессов восстановления биоразнообразия на различных типах нарушенных земель и изучение структуры и жизнеспособности ценопопуляций (ЦП) толерантных к специфическим условиям промышленных отвалов видов растений, в частности видов семейства Ericaceae Juss. (APG II, 2003). Публикации, посвященные изучению данных видов в техногенных условиях малочисленны. Для разработки теоретических основ экологического мониторинга, оценки состояния возобновляемых биологических ресурсов, оценки скорости восстановления биоразнообразия на нарушенных промышленностью землях, необходимы глубокие знания о популяционной жизни растений. Важно отметить, что популяционные исследования представляют собой биологическую основу для разработки способов рационального использования растительных ресурсов и их охраны (Жукова, 1995). Целью данной работы являлось изучение ценопопуляций *Moneses uniflora* (L.) A. Gray (сем. Ericaceae Juss.) обнаруженных в результате мониторинга формирования растительности на отвалах добывающей и перерабатывающей промышленности Свердловской области (Средний Урал, подзона южной тайги).

*Moneses uniflora* (L.) A. Gray (одноцветка крупноцветковая) – монокарпическое протосомное явнополицентрическое вечнозеленое травянистое растение со среднерозеточными побегами и полной ранней специализированной партикуляцией (Бобров, 2004; Онтогенетический атлас..., 2007). Борейаль-

ный циркумполярный вид, распространенный в Евразии и Северной Америке. Типичный представитель таежной флоры. Растет преимущественно в хвойных (чаще еловых и сосновых, реже пихтовых) лесах, но встречается также и в смешанных, а изредка и в мелколиственных (березовых, ольховых) лесах. Иногда растет по окраинам болот и в зарослях кустарников (Багдасарова, Вахрамеева, 1990). Предпочитает леса с разреженным травяным ярусом и хорошо развитым покровом из зеленых мхов. Является умеренным ацидофилом (произрастает на почвах в диапазоне pH от 4,7 до 5,7) (Таршис, 2005).

Исследования ЦП *M. uniflora* проводили в июле 2019–2020 гг. в лесных фитоценозах на отвале пустых пород и вскрыши Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня (ЦП1), золоотвалах Среднеуральской (СУГРЭС) и Верхнетагильской (ВТГРЭС) государственных районных электростанций (соответственно ЦП2 и ЦП3). В качестве контроля была изучена ЦП *M. uniflora* в естественном лесном фитоценозе Уктусского лесопарка г. Екатеринбурга (ЦПк).

Платообразный террасированный отвал пустых пород и вскрыши Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня находятся в 27 км к югу от г. Екатеринбурга (56°37'45" с. ш. 60°35'59" в. д.; 322 м над ур. м.). Высота отвала достигает 50 м, площадь около 1 км<sup>2</sup>. Породы, складываемые в отвале сильнокаменистые (каменистость 50–90 %). Агрохимическая характеристика субстратов отвалов показала, что реакция среды (pH) слабощелочная, обеспеченность азотом и доступными фосфатами очень низкая, обменным калием – средняя и высокая. В породах повышенное содержание Mn, Cr, Cu, Mo, Co, Ni, V, Pb и др. (Махонина, 2003).

Золоотвал СУГРЭС расположен в 26 км к северо-западу от г. Екатеринбурга, на восточном берегу Исетского озера, непосредственно рядом с г. Среднеуральском (57°00'36" с. ш. 60°27'54" в. д.; 257 м над ур. м.). Площадь золоотвала составляет 192 га. Образован золой бурого угля Челябинского бассейна и экибастузского угля (Чибрик и др., 2011).

Золоотвал ВТГРЭС находится в 5 км от г. Верхний Тагил, в 70 км к северо-западу от г. Екатеринбурга (57°20'45" с. ш. 59°56'46" в. д.; 276 м над ур. м.). Площадь золоотвала составляет 125 га. Образован золой бурого угля Коркинского карьера и Калачевских шахт (Чибрик, 2011). Характеристики зольного субстрата золоотвалов приведены ранее в трудах А. К. Махнева с соавторами (2002).

Уктусский лесопарк г. Екатеринбурга расположен в северной части Уктусских гор (56°45'43" с. ш. 60°39'32" в. д.; 285 м над ур. м.). Площадь – 414 га. – сосновый бор, растущий на основных горных породах и их продуктах выветривания. Почва на данной территории сухая, хорошо прогреваемая, в связи с этим местами встречаются участки остепненных сосновых боров (Лесопарки Екатеринбурга. URL: <https://uraloved.ru>).

Все объекты расположены в зоне умеренно континентального климата с характерной резкой изменчивостью погодных условий, хорошо выраженными сезонами года (с холодной зимой и теплым летом).

Геоботаническое обследование лесных фитоценозов проводили детально-маршрутным методом с описанием растительности по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1964). Для изучения ЦП *M. uniflora* закладывали учетные площадки (0,25 м<sup>2</sup>). За счетную единицу принимали особь вегетативного происхождения – рамет. На каждой площадке подсчитывали число особей изучаемого вида, устанавливали их онтогенетическое состояние (Онтогенетический атлас..., 2007). При анализе данных определяли плотность растений на единицу площади. При анализе возрастной структуры ЦП были вычислены индексы возрастности ( $\Delta$ ) (Уранов, 1975), эффективности ( $\omega$ ) (Животовский, 2001) и восстановления (Jв) (Жукова, 1995). В камеральных условиях проводили измерение морфологических параметров особей: высота (см), количество листьев (шт.), параметры листьев (см), высота цветоноса (см), вес побега (г) и др. Для исследования микоризы были сделаны поперечные срезы корневых окончаний на замораживающем микротоме, полученные препараты просматривали в поле зрения микроскопа Olympus CX-41 при 100–200 увеличении (Селиванов, 1981). Для обработки полученных данных использовали программный пакет MS Office (Excel) и Statistica 12.0.

Мониторинговые исследования показали, что на отвале пустых пород и вскрыши Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня сформировался лесной фитоценоз с доминированием *Pinus sylvestris* L. (cop<sub>1</sub>–cop<sub>2</sub>) и *Betula pendula* Roth (cop<sub>1</sub>). Сомкнутость крон – 0,45–0,7. В подлеске растут *Salix myrsinifolia* Salisb., *Sorbus aucuparia* L., *Populus tremula* L. Отмечены всходы *P. sylvestris* и *Acer negundo* L. (sol–sp). Общее проективное покрытие (ОПП) травяно-кустарничкового яруса изменялось от 1 до 50 %. На данном участке были встречены шесть видов сем. Ericaceae (трибы Pirolaceae): *Orthilia secunda* (L.) House (sp–cop<sub>1</sub>), *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton, *M. uniflora*, *Pyrola rotundifolia* L. (sol gr) и *P. chlorantha* Sw. (sol–sp gr), *P. minor* L. (sp gr–cop<sub>1</sub>) и три представителя сем. Orchidaceae Juss.:

восстанавливающая на Урале численность орхидея *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (sp gr), *Epipactis atropurpurea* (Hoffm.) Besser (sp) и *E. helleborine* (L.) Crantz. (sol); V класс постоянства имеет луговой вид *Pimpinella saxifraga* L. (sp).

Вдоль внешней дамбы золоотвала СУГРЭС, на золе с покрытием 10 см слоем глинистого грунта, сформировался смешанный лесной фитоценоз с доминированием *B. pendula* (cop<sub>2</sub>) и *P. sylvestris* (cop<sub>1</sub>–cop<sub>2</sub>). Высота древостоя достигала 18–20 м, сомкнутость крон – 0,7–0,8. Средний диаметр стволов *P. sylvestris* составлял 24,3 см, возраст деревьев – 30–35 лет. В подлеске были встречены: *S. aucuparia*, *P. tremula*, *Alnus incana* (L.) Moench, *Salix caprea* L. и др. В травяно-кустарничковом ярусе (ОПП 10–90 %) преобладали: *P. rotundifolia* (cop<sub>3</sub>), *Hieracium umbellatum* L. (sp–cop<sub>1</sub>), *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (sp–cop<sub>1</sub> gr), *Lathyrus pratensis* L. и *Vicia craca* L. (sp gr). Особи *M. uniflora* (sol gr) произрастали двумя локусами, численность особей насчитывала 1099 штук.

Исследования лесного фитоценоза, на нерекультивированном участке золоотвала ВТГРЭС, показали, что сомкнутость крон древесных составляла 0,5–0,6. Древесный полог двухярусный. В составе верхнего полога преобладали *B. pendula* (cop<sub>2</sub>), *P. tremula* (cop<sub>1</sub>–cop<sub>2</sub>), *P. sylvestris* (cop<sub>1</sub>–cop<sub>2</sub>). Второй подполг образовали *S. caprea* и *S. cinerea* L. В подросте обильны сеянцы основных культур, единично *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. В подлеске (ОПП 10–30 %) были зафиксированы *S. myrsinifolia*, *Chamaecytisus ruthenicus* (sol–sp), *S. aucuparia*, *Padus avium* Mill., *Viburnum opulus* L. (sol). ОПП травяно-кустарничкового яруса составляло от 7 до 80 %. Преобладали виды: *Trifolium repens* L., *P. rotundifolia* и *Ch. umbellata*, *O. secunda*, *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth (sp gr–cop<sub>1</sub>), *Poa pratensis* L., *Agrostis gigantea* Roth, *V. craca*, *P. bifolia* (sp). На данном участке были отмечены также шесть выше перечисленных видов трибы *Pirolaceae*. Численность *M. uniflora* на обследованной территории составляла 326 особей (sol gr–sp).

В естественном лесном фитоценозе Уктусского лесопарка в древесном ярусе доминирует *P. sylvestris* (cop<sub>2</sub>), сомкнутость крон – 0,7–0,8. В подлеске (высота 7–8 м) с обилием (sp) были встречены *S. aucuparia*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., из кустарников – *Rubus idaeus* L. ОПП травяно-кустарничкового яруса варьировало от 15 до 70 %, преобладали *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Fragaria vesca* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (sp–cop<sub>1</sub>), *P. rotundifolia*, *Geranium sylvaticum* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Galium mollugo* L. (sol). Численность *M. uniflora* на данном участке леса составляла 341 особь (sol gr–sp).

ЦП *M. uniflora* в исследуемых сообществах имели групповой тип распределения особей в пространстве. Наибольшее среднее значение плотности *M. uniflora* выявлено в ЦП2 (61,0 особей на 0,25 м<sup>2</sup>; плотность особей варьировала от 3 до 245 особей на 0,25 м<sup>2</sup>) (табл. 1). Наименьший показатель плотности отмечен в контрольной ЦП4. Среднее значение плотности ЦП Уктусского лесопарка в 2,3 раза ниже, чем на золоотвале СУГРЭС (21,3 особи на 0,25 м<sup>2</sup>, изменялась от 3 до 122 особи на 0,25 м<sup>2</sup>).

Таблица 1

Плотность особей *Moneses uniflora* (L.) A. Gray в ценопопуляциях (шт./0,25 м<sup>2</sup>)

Местообитание	ЦП	Хср.	lim
Отвал Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня	1	31,2	2–88
Золоотвал СУГРЭС	2	61,0	3–245
Золоотвал ВТГРЭС	3	46,6	19–74
Уктусский лесопарк	4 (контроль)	21,3	3–122

ЦП *M. uniflora* являются нормальными, полночленными. Возрастные спектры ЦП на всех местообитаниях одновершинные. У ЦП1 и ЦП3 пик приходился на виргинильное, а у ЦП2 и ЦП4 – на генеративное возрастное состояние. Во всех ЦП отмечено преобладание доли прегенеративных возрастных состояний. Воздействие данных ЦП *M. uniflora* на окружающую их среду невелико. Индексы, характеризующие ЦП, приведены в табл. 2. Анализ индексов возрастности ( $\Delta$ ) (Уранов, 1975) и эффективности ( $\omega$ ) (Живатовский, 2001) показал, что ЦП *M. uniflora* являлись молодыми и только ЦП2 с золоотвала СУГРЭС приближалась к зреющей.

Анализ морфологических параметров выявил значимые различия большинства генеративных особей *M. uniflora* (табл. 3). Дискриминантный анализ, проведенный с использованием морфологических признаков, отделил контрольный участок от опытных участков (рис. 1). Главными параметрами, определяющими разделение, являлись по дискриминантной функции 1 – количество листьев, по дис-

криминантной функции 2 – длина и ширина листа, количество мутовок. Средняя достоверность разделения групп 62,5 %.

Таблица 2

Индексы ценопопуляций *Moneses uniflora* (L.) A. Gray на изученных объектах

ЦП	Δ	ω	J <sub>v</sub>	Типы нормальных популяций (Животовский, 2001)
1	0,22	0,48	3,12	Молодая
2	0,33	0,59	1,34	Молодая / зреющая
3	0,23	0,46	3,56	Молодая
4 (контроль)	0,20	0,47	2,13	Молодая

Таблица 3

Некоторые биометрические показатели генеративных особей *Moneses uniflora* (L.) A. Gray

Показатели	ЦП	N	Хср. ± m	lim	Сv, %
Высота побега, см*	1(a)	30	15,09 ± 0,38	11,3–19,4	14
	2(a)	50	14,15 ± 0,53	3,8–22,0	27
	3(ab)	30	13,49 ± 0,44	8,5–17,5	18
	4(b)	30	11,93 ± 0,56	5,0–18,0	26
Количество листьев, шт.	1(a)	30	2,30 ± 0,20	1–5	49
	2(b)	50	4,44 ± 0,24	1–9	38
	3(a)	30	1,87 ± 0,16	1–5	48
	4(b)	30	4,27 ± 0,33	1–8	43
Средняя длина листа, см*	1(a)	30	1,72 ± 0,09	0,87–2,90	27
	2(b)	50	1,18 ± 0,04	0,70–1,80	22
	3(a)	30	1,69 ± 0,07	1–2,8	24
	4(a)	30	1,60 ± 0,06	0,89–2,23	22
Средняя ширина листа, см*	1(a)	30	1,71 ± 0,08	0,77–2,55	25
	2(b)	50	1,23 ± 0,05	0,6–1,9	27
	3(a)	30	1,71 ± 0,07	0,8–2,65	22
	4(c)	30	1,51 ± 0,06	0,8–2,1	21
Количество мутовок, шт.	1(a)	30	1,23 ± 0,08	1–2	35
	2(b)	50	1,70 ± 0,08	1–3	32
	3(a)	30	1,10 ± 0,06	1–2	28
	4(c)	30	2,03 ± 0,12	1–3	33
Высота цветоноса, см	1(a)	30	12,15 ± 0,28	9–16	13
	2(a)	50	11,46 ± 0,58	1,3–20,0	36
	3(a)	30	10,80 ± 0,40	6,2–15,5	22
	4(b)	30	8,90 ± 0,50	1,4–13,3	30
Вес побега, г	1(a)	30	0,1055 ± 0,0069	0,0436–0,2171	36
	2(a)	50	0,0891 ± 0,0070	0,0240–0,2456	84
	3(a)	30	0,1014 ± 0,0069	0,0435–0,1878	37
	4(a)	30	0,0897 ± 0,0052	0,0383–0,1404	32

Примечание: здесь и далее различные буквы в строках, соответствующих одинаковым параметрам, указывают на достоверные различия при уровне  $p < 0,05$ .

Изучение микоризы *M. uniflora* показало, что на поверхности корешков во всех ЦП, как на промышленных отвалах, так и в контроле, имеются рыхлые корневые чехлы. На поперечных срезах корней в коровых клетках наблюдаются продукты переваривания гриба и единичные фрагменты сети Гартига.

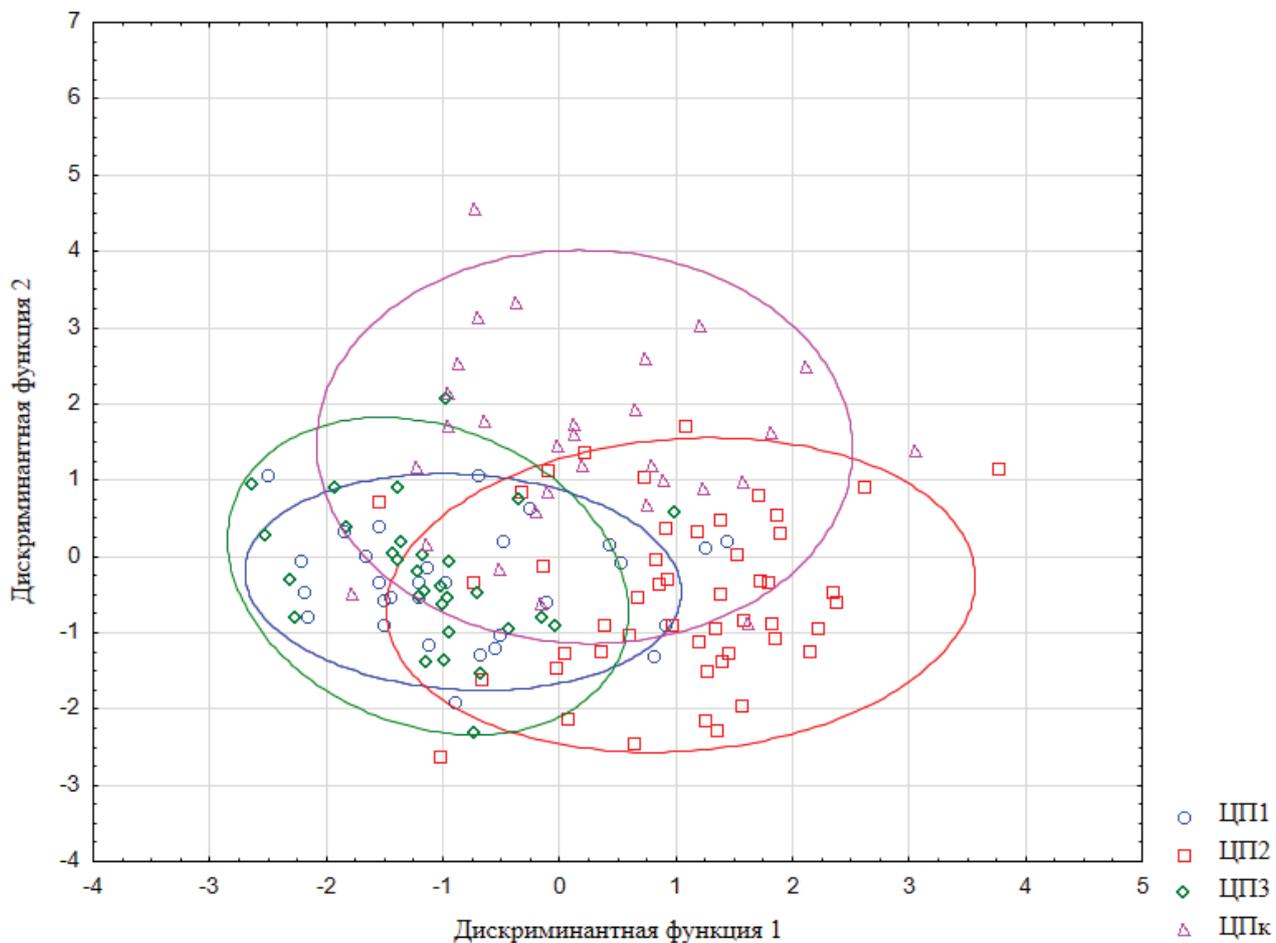


Рис. 1. Дискриминантный анализ по комплексу морфологических признаков *Moneses uniflora* (L.) A. Gray.

Таким образом, исследования показали, что ЦП *M. uniflora* в растительных сообществах, формирующихся на техногенных отвалах и в естественном фитоценозе, являются нормальными, полночленными, молодыми. На морфологические параметры генеративных особей значительное влияние оказывают ценогические и эдафические факторы.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ FEUZ-2020-0057 и при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Багдасарова Т. В., Вахрамеева М. Г.** Одноцветка крупноцветковая // Биологическая флора Московской области. – М.: МГУ, 1990. – С. 181–188.
- Бобров Ю. А.** О ранних стадиях развития особей европейских видов семейства Ругоlaceae // Ботанический журнал, 2004. – № 8. – С. 1342–1351.
- Животовский Л. А.** Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология, 2001. – № 1. – С. 3–7.
- Жукова Л. А.** Популяционная жизнь луговых растений. – Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. – 224 с.
- Лесопарки Екатеринбурга** / П. А. Рапспопов. URL: <https://uraloved.ru/ekaterinburg/lesoparki-ekaterinburga> (дата обращения: 15.03.2021)
- Махонина Г. И.** Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 355 с.

**Махнев А. К., Чибрик Т. С., Трубина М. Р., Лукина Н. В., Гебель Н. Э., Терин А. А., Еловиков Ю. И., Топорков Н. В.** Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 356 с.

*Онтогенетический атлас растений*: Научное издание. – Т. V. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. – 372 с.

*Полевая геоботаника*. В 5 т. – Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – 530 с.

**Селиванов И. А.** Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. – М.: Наука, 1981. – 230 с.

**Таршис Л. Г.** Об изменчивости морфологических и анатомических признаков у видов подсемейства Pyroloideae (Ericaceae) на Урале // Ботанический журнал, 2005. – № 8. – С. 1197–1208.

**Уранов А. А.** Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки, 1975. – № 2. – С. 7–34.

**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.

*An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II* // Botanical Journal of the Linnean Society, 2003. – Vol. 141. – P. 399–436.