

БОТАНИКА

Научная статья

УДК 581.93

doi: 10.17072/1994-9952-2024-1-5-15.

Экологическая структура флоры города Кемерово

**Борис Германович Андреев^{1, 5✉}, Светлана Анатольевна Шереметова^{1, 2},
Катерина Александровна Калабина^{3, 4}**

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия

² Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия,
ssheremetova@rambler.ru

³ Национальный исследовательский томский государственный университет, Томск, Россия,
pinkoctopoda@gmail.com

⁴ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

^{5✉} b.g.andreev@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты экологического анализа флоры сосудистых растений г. Кемерово. Исследования проводились методом модельных выделов в 2021–2023 гг. Растения флоры г. Кемерово распределялись по соответствующим группам согласно шкалам оптимумов для видов Западной и Южной Сибири [Королук, 2006; Ильминских 2021]. Анализ флоры проводился в соответствии с методическими рекомендациями В.М. Шмидта [1984], Б.М. Миркина и Л.Г. Наумовой [2017] с использованием пакетов программ Microsoft Office и IBIS [Зверев, 2007]. Для анализа экотопологической структуры города выделено 14 функциональных зон. По отношению к основным экологическим факторам все сосудистые растения флоры г. Кемерово распределены в группы по факторам: увлажнение, богатство и засоление почв, освещённость-затенение. По отношению к основным абиотическим факторам изученная флора характеризуется как гигромезофитно-мезогигрофитная, мезотрофная и гелиофитно-гелиосциофитная. Отмечено, что флора г. Кемерово отличается более ксерическими и гелиофитными чертами, по сравнению с флорой прилегающих природных территорий. Установлено, что городская среда способствует значительному увеличению числа видов, произрастающих на небогатых и слабокислых почвах. Сравнение соотношения экологических групп чужеродного и аборигенного компонентов флоры демонстрирует привнесение ксерических черт во флору города адвентивной фракцией.

Ключевые слова: экологическая структура, метод модельных выделов, флора города, сосудистые растения, город Кемерово

Для цитирования: Андреев Б. Г., Шереметова С. А., Калабина К. А. Экологическая структура флоры города Кемерово // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2024. Вып. 1. С. 5–15. <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2024-1-5-15>.

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания: АААА-А21-121011590010-5 «Разработка научных основ оценки состояния и восстановления флористического разнообразия in situ и ex situ в регионах с высокой степенью деградации экосистем в результате антропогенного и техногенного воздействий» с использованием коллекционного фонда УНУ Гербарий Кузбасского ботанического сада (КУЗ) № USU 508667.

BOTANY

Original article

Ecological structure of the city of Kemerovo flora

Boris G. Andreyev^{1, 5✉}, Svetlana A. Sheremetova^{1, 2}, Katerina A. Kalabina^{3, 4}

¹ Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo, Russia

² Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia, ssheremetova@rambler.ru

³ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, pinkoctopoda@gmail.com

⁴ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Tomsk, Russia

^{5✉} b.g.andreev@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the ecological analysis of the flora of higher plants of Kemerovo are presented. The research was carried out by the method of model areas in 2021–2023. Vascular plants of the

Kemerovo flora were distributed into appropriate groups according to the scales of optima for species of Western and Southern Siberia [Ilminskikh, 2021; Korolyuk, 2006]. The flora analysis was carried out in accordance with the methodological recommendations of M.V. Schmidt [1984] and B.M. Mirkin and L.G. Naumova [2017] using Microsoft Office and IBIS software packages [Zverev, 2007]. 14 functional zones were identified to analyze the ecotopological structure of the city. According to the main environmental factors, all vascular plants of the Kemerovo flora are divided into groups according to factors: humidity, salinity and richness, illuminance and shading of soils. According to the main abiotic factors, the flora of Kemerovo is characterized as hygromesophytic-mesohygrophytic, mesotrophic and heliophytic-helioscophytic. It is noted that the flora of the city of Kemerovo differs in more xeric and heliophytic features, compared with the flora of adjacent natural territories. It is established that the urban environment contributes to a significant increase in the number of species growing on poor and slightly acidic soils. A comparison of the ratio of the ecological groups of the alien and indigenous components of the flora demonstrates the introduction of xeric features into the flora of the city by the non-native faction.

Keywords: ecological structure, method of model areas, flora of the city, vascular plants, Kemerovo city

For citation: Andreyev B. G., Sheremetova S. A., Kalabina K. A. [Ecological structure of the city of Kemerovo flora]. *Bulletin of Perm University. Biology*. Iss. 1 (2024): pp. 5-15. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2024-1-5-15>.

Acknowledgments: the work carried out within the framework of the state task: AAAAA-A21-121011590010-5 "Development of scientific foundations for assessing the state and restoration of floral diversity in situ and ex situ in regions with a high degree of ecosystem degradation as a result of anthropogenic and man-made impacts", using the collection fund of the UNU Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden (KUZ) No. 508667.

Введение

Одним из перспективных направлений урбанофлористики XXI в. является изучение эколопологической структуры флоры городов, в том числе и их экологических особенностей [Урбанофлористика ..., 2021]. Поскольку городская среда является результатом целенаправленной трансформации человеком природных ландшафтов, постольку растения испытывают на себе совокупное воздействие антропогенного и абиотического факторов. Факторы увлажнения, богатства, засоления почв, освещённости и затенения каждой функциональной зоны города определяют возможность появления и закрепления или последующего исчезновения вида с исследуемой территории.

В настоящее время для территории Сибири имеются данные по исследованию флоры целого ряда городов [Мерзлякова, 1997; Суткин, 2002; Буданова, 2003; Копытина, 2003; Хозяинова, 2004; Рябовол, 2007; Шорина, 2010; Черных, 2012; Кулешова, 2013; Шанмак, 2019; Чеботарёва, 2023], которые различаются не только географическим положением и, соответственно, климатическими условиями, но и площадью, населением, датами основания, особенностями застройки частей города. Эти особенности затрудняют проведение сравнительного анализа флоры различных городских территорий. В основном, в работах, касающихся экологической структуры флоры городов, приводятся данные по отношению видов к фактору увлажнения почв и отмечается, что в целом экологический спектр соответствует природной зоне, в которой находится город. В отношении адвентивной фракции флоры городов существует тенденция к ксерофитизации. Исходя из того, что имеющиеся работы в основном рассматривают только фактор увлажнения, видится необходимость изучения экологической структуры флоры города по отношению и к другим экологическим факторам. В частности, человеческая деятельность влияет на такие факторы, как освещённость-затенение, богатство-засоление, т.к. человек возводит высокие сооружения, создавая условия затенения, меняющиеся в течении дня, а также изменяет почвенные условия, уничтожая или трансформируя почвенный покров, внося различные химические вещества как осознанно, так и неосознанно [Герасимова и др., 2003].

Первые сведения о флоре г. Кемерово стали появляться в выпускных квалификационных работах студентов Кемеровского госуниверситета К.С. Лазарева и Е.А. Фоминой, защищённых в 1997 и 2005 гг. соответственно. К сожалению, составленные ими списки флоры не были опубликованы, но в гербарии Кемеровского государственного университета (КЕМ) осталась значительная часть их сборов. Специальных исследований, затрагивающих экологическую структуру флоры, до настоящего времени не проводилось. В данной работе впервые приводятся особенности экологической структуры флоры в целом и отдельных функциональных зон г. Кемерово.

Кемерово – крупный промышленный региональный центр в Юго-Западной Сибири площадью 294.8 км² [Регионы России, 1999–2023], расположенный в равной степени на правом и левом берегах р. Томи, с населением 549 362 чел. История города начинается с 1925 г., когда из двух соседствующих деревень – Кемерово и Щеглово – был образован г. Щегловск, который в 1932 г. переименовали в Кемерово. Кемерово — крупный промышленный центр. Угольная горнодобывающая промышленность является основной отраслью города, второй по значимости является металлургия. Хорошо развита химическая про-

мышленность, представленная деятельностью коксохимического завода, предприятиями по производству азотных удобрений, пороховым заводом.

Согласно схеме ботанико-географического районирования [Куминова, 1950], территория г. Кемерово относится к Инско-Томскому лесостепному району, а по системе флористического районирования – к Кузнецкой котловине [Флора Кемеровской области, 2023]. Характерной особенностью Кузнецкой котловины является высокая плотность населения и самая большая степень антропогенной трансформации. Сохранившиеся участки естественной растительности в пределах города представлены берёзовыми, березово-осиновыми лесами, сосновыми борами (в правобережной части по склонам коренного берега р. Томи), различными вариантами степных (также склоны правого коренного берега р. Томи) и луговых сообществ. Почвенный покров левобережной части представлен преимущественно лесовидными карбонатными суглинистыми и легкоглинистыми аллохтонными отложениями лесостепи Кузнецкой котловины, правобережной части – суглинистыми и глинистыми бескарбонатными делювиальными, реже пролювиально-делювиальными наносами пояса нижней тайги, на которых располагаются оподзоленные и выщелоченные чернозёмы, серые лесные и лугово-чернозёмные почвы. Среднегодовая сумма осадков составляет 400–500 мм, район исследования характеризуется как умеренно увлажнённый и умеренно тёплый [Трофимов, 1975].

Материалы и методы исследования

Основой работы послужили материалы экспедиционных исследований, проведенных в г. Кемерово в течение полевых сезонов 2021–2023 гг., в ходе которых было собрано около 1 200 гербарных образцов, составлено 176 флористических списков и 360 геоботанических описаний. При составлении общего списка видов учтены данные гербариев Кузбасского ботанического сада (КУЗ) [Свидетельство о государственной ..., 2021] и Кемеровского государственного университета (КЕМ), а также литературные данные.

При проведении полевых исследований был использован метод модельных выделов [Ильминских, 2014]. В зависимости от степени нарушенности почвенного покрова флора города была подразделена на собственно урбанофлору, где почвенный покров был значительно трансформирован, и субурбанофлору, где условия обитания растений меняются опосредованно. Внутри урбанофлоры выделялись участки с разным хозяйственным назначением, где в зависимости от целей трансформации создавались специфические условия, в которых происходит регулярное или нерегулярное воздействие на растения, в т.ч. внесение новых и(или) уничтожение старых видов. С учетом всех особенностей городских местообитаний в пределах административной границы г. Кемерово было выделено 14 функциональных зон: многоэтажная жилая (МН), одноэтажная жилая (ОДН), приусадебная (СНТ), промышленная (ПРОМ), железнодорожная (ЖД), придорожная – трассы и трамвайные пути (ТР), свалочная (СВ), кладбищенская (КЛ), декоративная (ДЕК), лесная (ЛЕС), суходольных лугов (СЛ), заливных лугов (ЗЛ), каменистых обнажений и степей (СТ), рек и озёр (ВОДН). Для каждой из функциональных зон было заложено от 4 до 9 модельных выделов – квадратов площадью 250 × 250 м [Андреев, 2022].

Таксоны приведены по последней региональной сводке «Флора Кемеровской области» [2023], с учетом «Конспекта флоры Азиатской России» [2012] и «Флоры Сибири» [1987–2003], названия таксонов выверялись по IPNI [International ..., 2004].

Условно однородные экологические группы выделялись в соответствии с «Методическими указаниями...» [1974] и методологическими разработками Л.Г. Раменского, И.А. Цаценкина, О.Н. Чижикова, Н.А. Антипина [Экологическая оценка ..., 1956] и Д.Н. Цыганова [1983]. Формализованные параметры видов сопоставлялись с реальными условиями произрастания видов в городе. Анализ флоры проводился в соответствии с методическими рекомендациями В.М. Шмидта [1984] и Б.М. Миркина и Л.Г. Наумовой [2017] при помощи пакетов программ Microsoft Office и IBIS [Зверев, 2007].

При анализе экологической структуры флоры г. Кемерово в первую очередь учитывалась совокупность видов без разделения на адвентивную и аборигенную фракцию. Так как чужеродные виды в городских агломерациях зачастую характеризуются высокой частотой встречаемости и активностью, приведены данные отдельно для адвентиков по отношению к конкретным экологическим факторам.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что в настоящее время флора г. Кемерово представлена 827 видами, из них 222 вида являются чужеродными (156 инвазивных и 66 культиваров), 407 родами и 101 семейством.

По отношению к основным экологическим факторам все сосудистые растения флоры г. Кемерово распределены в группы по факторам увлажнения, богатства и засоления почв, освещённости-затенения.

По условиям увлажнения для флоры города выделено 7 групп (табл. 1) согласно экологическим оптимумам, рассчитанным А.Ю. Королюком [2006] и Н.Г. Ильминских [2021].

Группа ксеромезофитов (КСМ) (среднестепные виды) включает растения с оптимальными значениями 40–46. В административных границах города подобные виды чаще встречаются на суходольных лугах, остепнённых склонах, в сухих сосновых лесах, вдоль дорог и трамвайных путей. Она насчитывает 63 вида: *Adonis vernalis* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Artemisia frigida* Willd., *Astragalus testiculatus* Pall., *Carex duriuscula* C.A. Mey., *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Potentilla acaulis* L., *Scorzonera austriaca* Willd., *Senecio dubitabilis* C. Jeffrey et Y.L. Chen, *Seseli ledebourii* G. Don, *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth., *Spiraea hypericifolia* L., *Stipa capillata* L. и др. Группа мезоксерофитов (сухостепных видов) с экологическим оптимумом 31–39, которая представлена одним видом – *Androsace maxima* L., объединена с группой ксеромезофитов.

Мезофиты (М) – влажностепные и лугово-степные виды с экологическим оптимумом 47–52. На территории города отмечены следующие представители данной экологической группы: *Amaranthus blitoides* S. Wats., *Androsace lactiflora* Fisch. ex Duby, *Arenaria serpyllifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *A. dracunculus* L., *A. gmelinii* Web. ex Stechm., *Astragalus danicus* Retz., *Campanula sibirica* L., *Pulsatilla multifida* (Pritz.) Juz., *Phlomidoides tuberosa* (L.) Moench, *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Sisymbrium officinale* (L.) Scop., *Tragopogon orientalis* L. и др.; всего 131 вид.

Гигромезофиты (ГигМ) имеют оптимальные условия увлажнения на ступенях 53–63 балла. В природе преимущественно обитают на сухих и свежих лугах, в лесах. В условиях города многие относятся к адвентивным и культивируемым видам, способным надолго задерживаться в местах культивирования. Данная экологическая группа является самой многочисленной и насчитывает 288 видов. Часто в пределах функциональных зон можно встретить следующих представителей: *Acer negundo* L., *Amoria hybrida* C. Presl, *Arabis sagittata* (Bertol.) DC., *Adenophora lilifolia* (L.) A. DC., *Angelica decurrens* (Ledeb.) B. Fedtsch., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Chenopodium hybridum* L., *Lathyrus humilis* (Ser.) Spreng., *Lilium pilosiusculum* (Freyn) Miscz., *Lupinaster pentaphyllus* Moench, *Matricaria recutita* L., *Myosotis imitata* Serg., *Oxytropis campanulata* Vass, *Potentilla chrysantha* Trev., *Sedum aizoon* L., *Veronica krylovii* Schischk. и др.

Мезогигрофиты (МГиг) – растения, предпочитающие условия с более высоким уровнем увлажнения, чем гигромезофиты. Экологический оптимум в пределах 64–76. Это представители местообитаний влажных лесов и лугов: *Abies sibirica* Ledeb., *Agrostis gigantea* Roth., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Cirsium helenioides* (L.) Hill., *Cruciata krylovii* (Иjin) Pobed., *Equisetum pratense* Ehrh., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Inula helenium* L., *Myosotis palustris* (L.) Nathh., *Padus avium* Mill., *Poa trivialis* L., *Primula pallasii* Lehm., *Salix rorida* Laksch., *Solanum kitagawae* Schonb.-Tem., *Thysselium palustre* (L.) Hoffm.

Гигрофиты (Гиг) – сыролуговые виды с оптимальными значениями в диапазоне 77–88. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в лесах и на лугах в условиях избыточно увлажнённых местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы. Это *Bidens tripartita* L., *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., B. Mey. & Schreb., *Carex vesicaria* L., *Epilobium hirsutum* L., *Lycopus europaeus* L., *Oxalis acetosella* L., *Rorip-pa palustris* (L.) Besser, *Salix cinerea* L.

В группу гелофитов (Гел) (болотные виды) включаем и гигрогелофиты (виды болотно-луговой группы) с оптимальными условиями увлажнения 89–103. Они встречаются на заболоченных участках лугов и лесов. В г. Кемерово представлены в понижениях рельефа в большинстве модельных выделов: дренажных канавах, траншеях вдоль дорог, в том числе трамвайных и железнодорожных путей. Представители: *Bidens radiata* Thuill., *Caltha palustris* L., *Carex acuta* L., *C. rostrata* Stokes, *Cicuta virosa* L., *Equisetum fluviatile* L., *Ptarmica salicifolia* (Bess.) Serg., *Carex disticha* Huds., *C. vulpina* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

Гидрофиты (Гид) – водные растения и гелофиты-гидрофиты (прибрежно-водные) (оптимум 104–120). Представители этой группы находят подходящие условия в р. Томь и по ее берегам, в городской черте встречаются в искусственных водоёмах парков, в озёрах. Основные представители: *Alisma plantago-aquatica* L., *Butomus umbellatus* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Myriophyllum verticillatum* L., *Naumburgia thyrsiflora* (L.) Reichenb., *Potamogeton pectinatus* L. *Sagittaria natans* Pall.

Функциональные зоны в табл. 1 ранжированы от засухолюбивых к влаголюбивым в зависимости от представленности каждой из экологических групп в конкретной группе местообитаний.

В составе флоры преобладают группы гигромезофитов (288 видов (34,8%)) и мезогигрофитов (233 вида (28,2%)). Соответственно, для г. Кемерово характерны условия умеренного увлажнения, что соответствует природной зоне, в которой расположен город. Больше половины видов флоры имеют оптимальные условия произрастания на лугах и в лесах с умеренным увлажнением, к тому же многие виды городской флоры обладают относительно высокой экологической пластичностью.

Для чужеродной фракции отмечено преобладание мезогигрофитов (73 вида) и гигромезофитов (64), третье место занимают мезофиты (51), ксеромезофиты и мезоксерофиты объединяют 19 видов, гидрофиты – 13. Самое большое количество чужеродных растений отмечается для группы мезофитов (38,9%), в остальных экологических группах их вклад значительно ниже (ксеромезофиты – 14 видов, гидрофиты –

13, мезоксерофиты – 5). Сравнение соотношения экологических групп чужеродного и аборигенного компонентов флоры демонстрирует привнесение ксерических черт во флору города адвентивной фракцией. Группы ксеромезофитов и мезофитов во флоре города в целом составляют 23%, а в адвентивной фракции – около 30%.

Таблица 1

Соотношение экологических групп по фактору увлажнения во флоре г. Кемерово
[Correlation of ecological groups by the moisture factor in the flora of the city of Kemerovo]

ФЗ*	Экологические группы							Всего видов
	КСМ	М	ГигМ	МГиг	Гиг	Гел	Гид	
СТ	34	57	71	16	3	-	-	181
ТР	24	57	108	50	3	2	-	244
СЛ	37	82	203	107	23	10	-	462
ПРОМ	8	32	73	32	7	2	-	154
МН	18	58	143	89	15	3	-	326
СВ	9	39	104	63	6	4	-	225
ЖД	7	28	79	44	6	7	-	171
СНГ	11	40	103	71	8	2	1	236
ОДН	16	50	142	97	15	6	-	326
КЛ	7	34	118	79	11	3	-	252
ДЕК	12	34	101	78	12	5	2	244
ЛЕС	14	43	192	144	28	11	-	432
ЗЛ	12	43	142	117	36	14	-	364
ВОДН	1	-	9	17	23	26	15	91
Город	63	131	288	233	60	36	16	827

Примечание. ФЗ – функциональные зоны; расшифровка функциональных зон и экологических групп см. в тексте.

По отношению к фактору богатства и засоления почв во флоре г. Кемерово выделено 6 экологических групп (табл. 2).

Олиготрофы (ступени 4–6, почвы бедные азотом, реакция субстрата кислая) во флоре города не отмечены.

Олигомезотрофы (ОМ) – растения небогатых, слабокислых почв, оптимум видов находится в диапазоне 7–9. Представители группы: *Acer ginnala* Maxim ex Rupg., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Campanula rapunculoides* L., *Erigeron politus* Fr.

Мезотрофы (М) – растения умеренно богатых азотом почв, ступени – 10–13, среда от слабокислой до нейтральной, являются наиболее многочисленной группой видов по отношению к фактору богатства-засоления во всех функциональных зонах. Это такие виды, как *Achillea asiatica* Serg., *Aconitum septentrionale* Koelle, *Galium boreale* L., *Lathyrus pisiformis* L., *Pimpinella saxifraga* L.

Мезоэутрофы (МЭУ) – растения довольно богатых почв с нейтральной реакцией. Ступени – 14–16. Группа занимает второе место по вкладу в общее видовое разнообразие всех групп местообитаний, кроме лесной: *Achillea millefolium* L., *Alopecurus pratensis* L., *Chenopodium suecicum* Murr., *Convolvulus arvensis* L., *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.

Эутрофы (ЭУ) – растения богатых азотом почв (17–19): *Atriplex patula* L., *Chorispora tenella* (Pall.) DC., *Kochia scoparia* (L.) Schrad., *Lepidium densiflorum*, *Sonchus arvensis* L.

Галофитные эутрофы (ГФЭУ) – виды слабо засоленных, слабощелочных почв. Представители единично встречаются на территории парков, заливных лугов, скальных выходов, многоэтажной и одноэтажной застройки, суходольных лугов, свалок, а также вдоль транспортных путей. Для города Кемерово отмечено всего 2 вида данной группы – *Atriplex patens* Pjin и *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobrocz.

Паразиты (П) – растения, использующие в качестве субстрата другие растения. Часто представители данной группы встречаются на экотонных участках между лесными сообществами и остепненными склонами. Например, *Orobanchae coerulea* Stephan паразитирует на видах рода *Artemisia* L., или *Cuscuta lupuliformis* Krocke, паразитирующая на деревьях и кустарниках.

Для флоры города Кемерово отмечено преобладание растений умеренно богатых почв – мезотрофов (454 вида – 54.9%) и мезоэутрофов (171 вид – 20.7%), в совокупности они включают 75.5% видов флоры. В естественной флоре территорий (бассейнов р. Стрелина и Промышленная – притоков р. Томи), прилегающих к городу, мезотрофы и мезоэутрофы в совокупности также представляют лидирующие группы, но включают более 93% видов, а олигомезотрофы составляют лишь 3% [Шереметова, Шереметов, 2020]. Таким образом, городская среда способствует значительному увеличению числа видов, произрастающих на небогатых и слабокислых почвах, т.к. во флоре г. Кемерово олигомезотрофы составляют более 19%.

Для города наиболее бедные почвы отмечены в лесной и декоративной зонах, а наиболее богатые азотом – в промышленной, на свалках и вдоль дорог (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение экологических групп по фактору богатства-засоления во флоре г. Кемерово
[Correlation of ecological groups by the richness/salinity factor in the flora of the city of Kemerovo]

ФЗ	Экологические группы						Всего видов
	ОМ	М	МЭУ	ЭУ	ГфЭУ	П	
ЛЕС	104	247	67	10	-	4	432
ДЕК	57	127	48	11	1	-	244
ВОДН	20	42	23	6	-	-	91
ЗЛ	67	203	71	20	1	2	364
СНГ	38	130	58	9	-	1	236
КЛ	46	143	54	9	-	-	252
СТ	21	101	49	5	1	4	181
МН	57	168	83	17	1	-	326
ОДН	55	178	74	17	1	1	326
СЛ	74	266	96	24	1	1	462
ЖД	29	91	41	10	-	-	171
СВ	30	115	63	15	1	1	225
ПРОМ	20	85	38	11	-	-	154
ТР	36	115	71	20	1	1	244
Город	161	454	171	34	2	5	827

По отношению к световому довольствию (согласно шкале Д.Н. Цыганова [1983]) виды растений г. Кемерово поделены на 3 группы (табл. 3).

Таблица 3

Соотношение экологических групп по фактору освещённости-затенения во флоре г. Кемерово
[Correlation of ecological groups by the illuminance/shading factor in the flora of the city of Kemerovo]

ФЗ	Экологические группы			Всего видов
	Г	ГСЦ	СЦГ	
СТ	114	66	1	181
ТР	155	87	2	244
СВ	115	107	3	225
СЛ	234	222	6	462
СНГ	118	115	3	236
ПРОМ	75	79	-	154
МН	157	164	5	326
ОДН	149	174	3	326
ЖД	78	90	3	171
ВОДН	36	55	-	91
ЗЛ	146	209	9	364
КЛ	101	144	7	252
ДЕК	90	146	8	244
ЛЕС	134	270	28	432
Город	393	405	29	827

Гелиофиты (Г) – совокупность растений открытых местообитаний, представленных внелесной (1) и полевой (2) экологическими свитами. Эта экологическая группа занимает второе место во флоре города. Светолюбивые растения преобладают на остепнённых склонах, вдоль дорог, на свалках, суходольных лугах и в приусадебной зоне: *Anthemis tinctoria* L., *Armoracia rusticana* G. Gaertn, B. Mey. & Scherb, *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fernald, *Carduus crispus* L., *Cichorium intybus* L.

Гелиосциофиты (ГСЦ) – растения полуоткрытых местообитаний (кустарниковая (3) и разреженно-лесная (4) экологические свиты) и светлых лесов (5), испытывающие незначительное затенение, но имеющие доступ к прямому солнечному свету. Данная группа является доминирующей во флоре по причине неоднородности городского ландшафта: человек целенаправленной деятельностью, воздвигая здания, создал экологические ниши, где растения в течение дня находятся в затенении на протяжении нескольких часов, хотя и произрастают на открытых пространствах. Гелиосциофиты преобладают в промы-

ленной зоне, многоэтажной и одноэтажной жилой застройке, на железнодорожных станциях, в водоёмах, на заливных лугах, кладбищах, в парках и лесу: *Aegopodium podagraria* L., *Anemonoides caerulea* (DC.) Holub, *Arctium lappa* L., *Asparagus officinalis* L., *Corydalis bracteata* Pers.

Сциогелиофиты (СЦГ) – растения, входящие в густосветло-лесную (6) и тенисто-лесную экологические свиты (7), испытывающие значительное затенение. Группа является малочисленной по причине антропогенной трансформации значительных территорий города под нужды человека. Наиболее показательные представители: *Adoxa moschatellina* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W.C.P. Barton, *Circaea lutetiana* L., *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Ranunculus monophyllus* Ovcz.

В г. Кемерово соотношение групп гелиофитов и гелиосциофитов примерно составляет 1:1. В условиях естественных флор Кемеровской области [Шереметова, Шереметов, 2020] данные группы находятся в соотношении 1.4 : 1, что отражает влияние городской среды на состав экологических групп по отношению к свету – в городе увеличивается количество теневыносливых растений. В условиях городской среды к местообитаниям с наибольшей долей светолюбивых растений относятся остепнённые склоны и скальные обнажения, с наибольшей долей тенелюбивых – слаботрансформированные леса (табл. 3).

Соотношение видов флоры г. Кемерово по двум экологическим факторам – увлажнения и богатства-засоления – показывает, что основное число видов распределено между мезотрофными гигромезофитами (21.8%) и мезотрофными мезогигрофитами (14.2%), что соответствует ведущим группам, выделенным при однофакторном анализе. Меньший, но значительный вклад в видовое разнообразие городской флоры вносят мезотрофные мезофиты (9.31%), олигомезотрофные гигромезофиты (5.3%), олиготрофные мезогигрофиты (7.5%) и мезоэутрофные гигромезофиты (6.2%) (табл. 4). Среди гигромезофитов и мезогигрофитов олигомезотрофы (149 видов, 18.1%) и мезоэутрофы (171 вид, 20.7%) занимают вторые позиции в экологическом спектре по отношению видов к богатству почв азотом, а мезофиты (131 вид, 15.8%) являются третьими по отношению к оптимальному увлажнению среди мезотрофов.

Таблица 4

Распределение видов флоры г. Кемерово по экологическим группам, факторы увлажнения и богатства-засоления

[Flora species distribution in the city of Kemerovo by ecological groups, factors of moisture and richness\salinity]

Богатство-засоление	Увлажнение						
	КСМ	М	ГигМ	МГиг	Гиг	Гел	Гид
ОМ	2	12	50	67	21	6	3
М	28	77	180	117	25	17	10
МЭУ	23	33	51	39	11	11	3
ЭУ	10	5	7	7	3	2	-
ГфЭУ	-	1	-	1	-	-	-
П	-	3	-	2	-	-	-

При анализе соотношения видов по факторам увлажнения и освещённости-затенения отметим, что лидирующие по числу видов группы во флоре г. Кемерово представляют гелиофитные мезофиты (12.2%), гелиофитные гигромезофиты (15.5%), гелиосциофитные гигромезофиты (18.9%) и гелиосциофитных мезогигрофиты (18.1%). Среди светолюбивых растений большую долю составляют растения более засушливых местообитаний, среди теневыносливых – более влаголюбивые виды (табл. 5).

Таблица 5

Распределение видов флоры г. Кемерово по экологическим группам, факторы увлажнения и освещённости-затенения

[Flora species distribution in the city of Kemerovo by ecological groups, factors of moisture and illuminance/shading]

Освещённость-затенение	Увлажнение						
	КСМ	М	ГигМ	МГиг	Гиг	Гел	Гид
Г	54	101	128	65	21	16	8
ГСЦ	9	30	156	149	33	20	8
СЦГ	-	-	4	19	6	-	-

Распределение видов на группы по отношению к факторам освещённости-затенения и богатства-засоления показало преобладание мезотрофов в составе групп гелиофитов и гелиосциофитов, в то время как в группе сциогелиофитов максимально представлены олигомезотрофы. В группе гелиофитов второе место занимают виды, предпочитающие более богатые почвы (мезоэутрофы – 13.1%), а в группе гелиосциофитов – растения небогатых, слабокислых почв (олигомезотрофы – 12.2%) (табл. 6).

Распределение видов флоры г. Кемерово по экологическим группам, факторы освещённости-затенения и богатства-засоления
[Flora species distribution in the city of Kemerovo by ecological groups, factors of richness\salinity and illuminance/shading]

Богатство-засоление	Освещённость-затенение		
	Г	ГСЦ	СЦГ
ОМ	36	107	18
М	213	231	10
МЭУ	108	63	-
ЭУ	31	3	-
ГфЭУ	2	-	-
П	3	1	1

Заключение

В ходе проведенного исследования экологической структуры флоры установлено, что в условиях г. Кемерово преобладающими экологическими группами по отношению к фактору увлажнения являются гигромезофиты (288 видов, 34.8%), мезогигрофиты (233 вида, 28.1%) и мезофиты (131 вид, 15.8%). Таким образом, для большинства видов города оптимальные условия увлажнения – умеренные. Сравнение экологических групп по отношению к режиму увлажнения для чужеродного и аборигенного компонентов флоры демонстрирует привнесение ксерических черт во флору города адвентивной фракцией. Группы ксеромезофитов и мезофитов во флоре города в целом составляют 23%, а в адвентивной фракции – 30%.

Установлено, что по отношению к фактору богатства-засоления почв подавляющее большинство видов флоры города представлено мезотрофами (454 вида, 54.9%), мезоэутрофами (171 вид, 20.7%) и олигомезотрофами (149 видов, 18.1%). Оптимальными для видов г. Кемерово являются почвы умеренно богатые азотом. Следовательно, городская среда способствует значительному увеличению числа видов, произрастающих на небогатых и слабокислых почвах, т.к. в изученной флоре олигомезотрофы составляют более 19%, тогда как на прилегающих природных территориях их доля не превышает 3%. Для г. Кемерово наиболее бедные почвы отмечены в лесной и декоративной зонах, а наиболее богатые азотом – в промышленной, на свалках и вдоль дорог. Требования растений к почвам по содержанию азота практически не отличались в различных функциональных зонах.

По отношению к освещённости-затенению основу флоры г. Кемерово составляют теневыносливые (405 видов, 48.9%) и светолюбивые (393 вида, 47.5%) виды, в отличие от природных флор, где на первом месте находятся гелиофиты. По отношению к условиям освещённости-затенения функциональные зоны разделились на три группы: первая – с преобладанием светолюбивых растений, куда вошли скальные выходы и острепённые склоны, дорожная сеть, вторая – с соотношением светолюбивых и теневыносливых растений 1:1, куда вошли свалки, суходольные луга, СНТ, промышленная зона, многоэтажная и одноэтажная жилые зоны и железнодорожные станции, третья – с преобладанием теневыносливых: водоёмы, заливные луга, кладбища, парковые зоны и леса.

Двухфакторный анализ видов позволяет сделать вывод, что экологическая структура флоры г. Кемерово – мезогигрофитно-гигромезофитная, мезотрофно-гелиофитно-гелиосциофитная.

В целом природные условия г. Кемерово, структура и разнообразие функциональных зон обеспечивают относительно высокое видовое богатство флоры города и определяют специфику флористического состава: природные условия – условия увлажнения и богатство-засоление почв, а целенаправленная деятельность человека – условия освещённости-затенения.

Список источников

1. Андреев Б.Г. Экопопология структура флоры города Кемерово // Развитие – 2022: сб. тр. ежегод. конф. молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН. Кемерово, 2022. С. 253–261.
2. Буданова М.Г. Флора сосудистых растений города Омска: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 20 с.
3. Герасимова М.И. и др. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
4. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск, 2007. 301 с.
5. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. 470 с.

6. Ильминских Н.Г. Экофлора Урала и Западной Сибири (формализованные параметры видов). Ижевск: Удмуртский университет, 2021. 480 с.
7. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
8. Копытина Т.М. Флора города Рубцовска и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2003. 17 с.
9. Корольюк А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2006. № 12. С. 3–28.
10. Кулешова Ю.В. Флора г. Сосновоборска: юг Средней Сибири, Красноярский край: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2013. 19 с.
11. Куминова А.В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск: ОГИЗ. 1950. 167 с.
12. Мерзлякова И.Е. Флора сосудистых растений города Томска: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1997. 23 с.
13. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову / отв. ред. И.А. Савченко. М., 1974. 247 с.
14. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Введение в современную науку о растительности. М.: ГЕОС, 2017. 280 с.
15. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 1999–2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13206> (дата обращения 15.09.2023).
16. Рябовол С.В. Флора г. Красноярска: сосудистые растения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2007. 20 с.
17. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621654 Российская Федерация. Гербарий Кузбасского ботанического сада (КУЗ). Кемеровская область: № 2021621531: заявл. 27.07.2021: опубл. 03.08.2021 / Б.Г. Андреев, А.Н. Куприянов, И.А. Хрусталева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук». – EDN WPAHRS.
18. Суткин А.В. Флора сосудистых растений г. Улан-Удэ: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2002. 18 с.
19. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука, 1975. 300 с.
20. Урбанофлористика в России: современное состояние и перспективы / А.С. Третьякова, О.Г. Баранова, С.А. Сенатор и др. // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 1. С. 125–144.
21. Флора Кемеровской области / отв. ред. С.А. Шереметова. Новосибирск, 2023. 520 с.
22. Флора Сибири: в 14 т. Новосибирск, 1987–2003. Т. 1–14.
23. Хозяинова Е.Ю. Флора травянистых растений в условиях урбанизированной среды: на примере города Тюмени: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2004. 21 с.
24. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.
25. Чеботарева О.П. Флора г. Абакана: республика Хакасия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2023. 27 с.
26. Черных О.А. Флора города Бийска и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2012. 18 с.
27. Шанмак Р.Б. Флора города Кызыла: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2019. 17 с.
28. Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. Бассейн реки Томь: флористические и физико-географические особенности. Новосибирск: Гео, 2020. 323 с.
29. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 285 с.
30. Шорина А.А. Флора города Заринска и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2010. 15 с.
31. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков, Н.А. Антипин. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
32. International Plant Name Index (IPNI). 2004. URL: <https://www.ipni.org/> (дата обращения 10.09.2022).

References

1. Andreyev B.G. [Ecotopological structure of Kemerovo city flora]. *Razvitie – 2022. Sbornik. trudov.* [Development – 2022: proceedings of the annual conference of Young scientists of the FITZ UUH SB RAS]. Kemerovo, 2022, pp. 253–261. (In Russ.).
2. Budanova M.G. *Flora sosudistych rastenij goroda Omska. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of vascular plants of the city of Omsk. Abstract Cand. Diss.]. Tomsk, 2003. 20 p. (In Russ.).
3. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofyeva T.V. *Antropogennye počvy (genezis, geografija, rekultivacija)* [Anthropogenic soils (genesis, geography, land reclamation)]. Smolensk, Ojkumena Publ., 2003. 268 p. (In Russ.).

4. Zverev A.A. *Informacionnye tehnologii v issledovanijach rastitel'nogo pokrova* [Information technologies in vegetation cover research]. Tomsk, 2007. 301 p. (In Russ.).
5. Ilminskikh N.G. *Florogenez v uslovijach urbanizirovannoi sredy* [Florogenesis in an urbanized environment]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 2014. 470 p. (In Russ.).
6. Ilminskikh N.G. *Écoflora Urala i Zapadnoj Sibiri (formalizovannye parametry vidov)* [Ecoflora of the Ural and Western Siberia (formalized parameters of species)]. Izhevsk, Udm. universitet Publ., 2021. 480 p. (In Russ.).
7. Baikov K.S., ed. *Konspekt flory Aziatskoj Rossii: sosudistye rastenija* [Summary of the flora of Asian Russia: vascular plants]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN Publ., 2012. 640 p. (In Russ.).
8. Kopitina T.M. *Flora goroda Rubtsovsk i ego okrestnostej. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of the city of Rubtsovsk and its surroundings. Abstract Cand. Diss.]. Barnaul, 2003. 17 p. (In Russ.).
9. Koroljuk A.Ju. [Ecological optima of plants in the south of Siberia] *Botaničeskije issledovanija Sibiri i Kazachstana*. No. 12 (2006): pp. 3–28. (In Russ.).
10. Kuleshova Ju.V. *Flora g. Sosnovoborska: jug Srednej Sibiri. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of Sosnovoborsk. Abstract Cand. Diss.]. Ulan-Ude, 2013. 19 p. (In Russ.).
11. Kuminova A.V. *Rastitel'nost' Kemerovskoj oblasti* [Vegetation of the Kemerovo region]. Novosibirsk, OGIZ Publ., 1950. 167 p. (In Russ.).
12. Merzlyakova I.Je. *Flora sosudistych rastenij goroda Tomsk. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of vascular plants of the city of Tomsk. Abstract Cand. Diss.]. Tomsk, 1997. 23 p. (In Russ.).
13. Savchenko. I.A., ed. *Metodičeskie ukazanija po èkologičeskoj ocenke kormovyh ugodii lesostepnoi i stepnoi zon Sibiri po rastitel'nomu pokrovu* [Methodological guidelines for the ecological assessment of forage lands of the forest-steppe and steppe zones of Siberia by vegetation cover]. Moscow, 1974. 247 p. (In Russ.).
14. Mirkin B.M., Naumova L.G. *Vvedenie v sovremennuju nauku o rastitel'nosti* [Introduction to modern vegetation science]. Moscow, GEOS Publ., 2017. 280 p. (In Russ.).
15. *Regiony Rossii* [Regions of Russia. The main socio-economic indicators of cities]. 1999–2023. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13206> (accessed 09.15.2023). (In Russ.).
16. Rjabovol S.V. *Flora goroda Krasnojarska: sosudistije rastenija. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of Krasnojarsk: vascular plants. Abstract Cand. Diss.]. Krasnojarsk, 2007. 20 p. (In Russ.).
17. Certificate of state registration of the database No. 2021621654 Russian Federation. Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden (KUZ). Kemerovo Region: No. 2021621531 : application. 07/27/2021 : publ. 08/03/2021 / B.G. Andreyev, A.N. Kupriyanov, I.A. Khrustaleva [et al.] ; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences".(In Russ.).
18. Sutkin A.V. *Flora sosudistych rastenij g. Ulan-Ude. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of vascular plants of Ulan-Ude. Abstract Cand. Diss.]. Ulan-Ude, 2002. 18 p. (In Russ.).
19. Trofimov S.S. *Ècologija počv i počvennye resursy Kemerovskoj oblasti* [Soil ecology and soil resources of the Kemerovo region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975. 300 p. (In Russ.).
20. Tretjakova A.S., Baranova O.G., Senator S.A. et al. [Urban Floristics in Russia: current state and prospects]. *Turczaninovia*, V. 24, No. 1 (2021): pp. 125-144. (In Russ.).
21. Sheremetova S.A., ed. *Flora Kemerovskoi oblasti* [Flora of the Kemerovo region]. Novosibirsk, 2023. 520 p. (In Russ.).
22. *Flora Sibiri* [Flora of Siberia: in 14 volumes]. Novosibirsk, 1987–2003. V. 1-14. (In Russ.).
23. Khozjainova Je.Ju. *Flora travjanistych rastenij v uslovijach urbanizirovannoj sredy: na primere goroda Tjumeni. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of herbaceous plants in an urbanized environment : An example of the city of Tyumen. Abstract Cand. Diss.]. Tjumen, 2004. 21 p. (In Russ.).
24. Tsiganov D.N. *Fitoindikacija èkologičeskich režimov v podzone chvojno-širokolistvennyh lesov* [Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 198 p. (In Russ.).
25. Chebotareva O.P. *Flora g. Abakana: respublika Chakasija. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of the city of Abakan. Abstract Cand. Diss.]. Tomsk, 2023. 27 p. (In Russ.).
26. Chernikh O.A. *Flora goroda Bijska i ego okrestnostej. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of the city of Biysk and its surroundings. Abstract Cand. Diss.]. Barnaul, 2012. 18 p. (In Russ.).
27. Shanmak R.B. *Flora goroda Kizila. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [The flora of the city of Kyzyl. Abstract Cand. Diss.]. Novosibirsk, 2019. 17 p. (In Russ.).
28. Sheremetova S.A., Sheremetov R.T. *Bassejn reki Tom': florističeskie i fiziko-geografičeskie osobennosti* [The Tom River basin: floristic and physico-geographical features]. Novosibirsk, Geo Publ., 2020. 323 p. (In Russ.).
29. Shmidt V.M. *Matematičeskie metody v botanike* [Mathematical methods in botany]. L., Izd-vo LGU Publ., 1984. 285 p. (In Russ.).
30. Shorina A.A. *Flora goroda Zarinska i ego okrestnostej. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Flora of the city of Zarinsk and its surroundings. Abstract Cand. Diss.]. Barnaul, 2010. 15 p. (In Russ.).

31. Ramenskij L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A. *Ėcologiĉeskaja ocenka kormovyĉ ugodij po rastitel'nomu pokrovu* [Ecological assessment of forage lands by vegetation cover]. Moscow, Sel'choziz Publ., 1956. 472 p. (In Russ.).

32. International Plant Name Index (IPNI). 2004. Available at: <https://www.ipni.org/> (accessed 10.09.2022).

Статья поступила в редакцию 10.12.2023; одобрена после рецензирования 12.01.2024; принята к публикации 05.03.2024.

The article was submitted 10.12.2023; approved after reviewing 12.01.2024; accepted for publication 05.03.2024.

Информация об авторах

Б. Г. Андреев – аспирант, инженер лаборатории гербарий;

С. А. Шереметова – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гербарий, профессор;

К. А. Калабина – студент, лаборант лаборатории мониторинга углеродного баланса наземных экосистем.

Information about the authors

B. G. Andreyev – postgraduate student, engineer of the herbarium laboratory;

S. A. Sheremetova – doctor of biology, leading researcher of the herbarium laboratory, professor;

K. A. Kalabina – student of NR TSU, laboratory assistant of IMCES laboratory.

Вклад авторов:

Андреев Б. Г. – планирование эксперимента, сбор и обработка материалов, написание исходного текста, итоговые выводы.

Шереметова С. А. – доработка текста.

Калабина К. А. – дополнение фактор-множеств по условиям богатства-засоления.

Contribution of the authors:

Andreyev B. G. – experiment planning, collection of materials and data processing, writing the draft, final conclusions.

Sheremetova S. A. – followon revision of the text.

Kalabina K. A. – addition of factor sets according to the conditions of richness of soil.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.