
Экология И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ECOLOGY AND CONSERVANCY

УДК 574, 574.3, 581.41

ЭКОЛОГО-БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРИДОРОЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВДОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ г. МИНСКА И МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. С. ШАВАЛДА¹⁾, А. В. СУДНИК¹⁾

¹⁾Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Проведена оценка экологической (в зависимости от трофности (эдафотоп) и увлажненности (гидротоп) почвогрунта) и биоморфологической (по системам классификации жизненных форм Раункиера и Серебрякова) структуры растительности в пределах различных экспозиций полосы отвода вдоль автодорог г. Минска и Минской области. Всего в полосе отвода произрастает 267 видов растений, включая 7 видов мохообразных и 37 видов древесно-кустарниковых растений. В эдафотопической структуре преобладают мезотрофы (96 видов, или 36,9 %) со сдвигом в сторону эвтрофности (широко представлены мезоэвтрофы (85 видов, или 32,7 %) и эвтрофы (54 вида, или 20,8 %)). Гидротопическая структура характеризуется доминированием мезофитов (160 видов, или 61,5 %) с признаками ксерофитизации флоры (насчитывается 55 видов, или 21,2 % ксеромезофитов). Согласно результатам анализа биоморфологической структуры по системе Раункиера преобладают гемикриптофиты (139 видов,

Образец цитирования:

Шавалда ЕС, Судник АВ. Эколого-биоморфологическая структура придорожной растительности вдоль автомобильных дорог г. Минска и Минской области. *Экспериментальная биология и биотехнология*. 2024;3:69–81.
EDN: ZYTTSY

For citation:

Shavalda YaS, Sudnik AV. Ecological-biomorphological structure of roadside vegetation along the highways of Minsk and the Minsk Region. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2024;3:69–81. Russian.
EDN: ZYTTSY

Авторы:

Евгений Сергеевич Шавалда – научный сотрудник лаборатории оптимизации и мониторинга экосистем.

Александр Владимирович Судник – кандидат биологических наук, доцент; заведующий лабораторией оптимизации и мониторинга экосистем.

Authors:

Yauheni S. Shavalda, researcher at the laboratory of optimisation and monitoring of ecosystems.

e.shavalda@gmail.com

Aliaksandr V. Sudnik, PhD (biology), docent; head of the laboratory of optimisation and monitoring of ecosystems.

asudnik@tut.by

или 53,5 %) и терофиты (64 вида, или 24,6 %) (гемикриптофитно-терофитный тип флоры). По классификации Серебрякова доминируют стержнекорневые (87 видов, или 39,5 %), длиннокорневищные (44 вида, или 20,0 %) и короткокорневищные (40 видов, или 18,2 %) формы. Установлены особенности флористического разнообразия и эколого-биоморфологической структуры придорожной растительности в зависимости от конструкции полосы отвода и сохранности почвенного покрова при различном антропогенном воздействии. Даны краткие рекомендации по уходу за полосой отвода в условиях обилия терофитов и стержнекорневых форм растений.

Ключевые слова: автомобильная дорога; полоса отвода; придорожная растительность; эдафотопическая структура; гидротопическая структура; биоморфологическая структура по Раункиеру; биоморфологическая структура по Серебрякову.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Б23М-001).

ECOLOGICAL-BIOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF ROADSIDE VEGETATION ALONG THE HIGHWAYS OF MINSK AND THE MINSK REGION

Ya. S. SHAVALDA^a, A. V. SUDNIK^a

^aV. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany, National Academy of Sciences of Belarus,
27 Akademichnaja Street, Minsk 220072, Belarus

Corresponding author: Ya. S. Shavalda (e.shavalda@gmail.com)

Abstract. An assessment was made of the ecological (depending on the trophicity (edaphotope) and moisture (hydrotope) of the soil) and biomorphological (according to the Raunkiaer and Serebryakov classification systems of life forms) structure of vegetation within various exposures of the right-of-way along the highways of Minsk and the Minsk Region. A total of 267 plant species have been identified, including 7 species of bryophytes and 37 species of trees and shrubs. The edaphotopic structure is dominated by mesotrophs (96 species, or 36.9 %) with a shift towards eutrophicity (mesoeutrophs (85 species, or 32.7 %) and eutrophs (54 species, or 20.8 %) are widely represented). The hydrotopic structure is characterised by the dominance of mesophytes (160 species, or 61.5 %) with signs of xerophytisation of the flora (there are 55 species, or 21.2 % xeromesophytes). According to the Raunkiaer system, hemicryptophytes (139 species, or 53.5 %) and therophytes (64 species, or 24.6 %) dominate (the hemicryptophytic-therophytic type of flora). According to the Serebryakov system is dominated by taproot (87 species, or 39.5 %), long-rhizome (44 species, or 20.0 %) and short-rhizome (40 species, or 18.2 %) forms. The features of floristic diversity and ecological-biomorphological structure of roadside vegetation were established depending on the design of the right-of-way and the preservation of the soil cover under various anthropogenic impacts. Brief recommendations are given for caring for the right-of-way in conditions of an abundance of therophytes and taproot forms of plants.

Keywords: highway; right-of-way; roadside vegetation; edaphotopic structure; hydrotopic structure; biomorphological structure according to Raunkiaer; biomorphological structure according to Serebryakov.

Acknowledgements. This work was carried out with financial support from the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (grant No. B23M-001).

Введение

Антропогенное воздействие в полосе отвода вдоль автодорог приводит к формированию специфических антропогенно измененных фитоценозов. На эколого-биоморфологическую структуру данных сообществ особое влияние оказывают положение в рельефе, конструкция полосы отвода (наличие кюветов и откосов), состояние почвенного покрова (степень деградации почвы вследствие ее эрозии) и периодичность сезонных мероприятий по уходу (кошение, засевание семян травосмесей и подсыпание почвогрунта) [1]. Комплексное воздействие различных антропогенных факторов, включая загрязнение придорожных территорий, обуславливает формирование качественно новой динамичной среды произрастания, нехарактерной для региональных растений и их сообществ. В этих условиях происходит развитие высокотолерантных растительных сообществ вдоль автодорог [2].

Формируется так называемая автодорожная геотехническая система – линейный трансформированный участок с полным или частичным уничтожением почвенного покрова и доминированием адвентивной растительности [3]. Серьезной трансформации подвержены сообщества на откосах: эрозионные процессы вследствие смыва почвы атмосферными осадками и механическое повреждение в результате сезонного кошения приводят к развитию сорно-рудеральной растительности с псаммофитными, ксерофитными и гелиофитными свойствами [4]. Сезонное кошение обуславливает сужение экологического спектра видов, что отражается на формировании специфической экологической ниши из наиболее устойчивых луговых и сорно-рудеральных видов в полосе отвода [5–7].

Для придорожных сообществ характерны специфические диагностические процессы вследствие изменения мероприятий по уходу за полосой отвода. Так, увеличение периодичности сезонного кошения приводит к уменьшению доли корневищных и увеличению доли дерновинных форм растений, а регулярное кошение – к росту вклада однолетников, являющихся терофитами¹ [8]. Особое влияние на структуру придорожных сообществ оказывает использование травосмесей из многолетних злаков различных жизненных форм (дерновинных, длиннокорневищных, столонообразующих) с необходимыми свойствами антропоустойчивости и образования дернины. К широко применяемым видам относятся кострец безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), овсяница красная (*F. rubra*), плевел многолетний (*Lolium perenne*), тимopheевка луговая (*Phleum pratense*) и др.²

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлась придорожная растительность в пределах полосы отвода вдоль автодорог г. Минска и Минской области³. В 2021–2023 гг. было заложено 112 эколого-фитоценологических профилей вдоль магистральных и республиканских автодорог М-1 (Е-30), М-2, М-3, М-4, М-5 (Е-271), М-6 (Е-28), Р-1, Р-23, Р-53, Р-65, МКАД-1 (М-9) и МКАД-2 (М-14) (рис. 1).

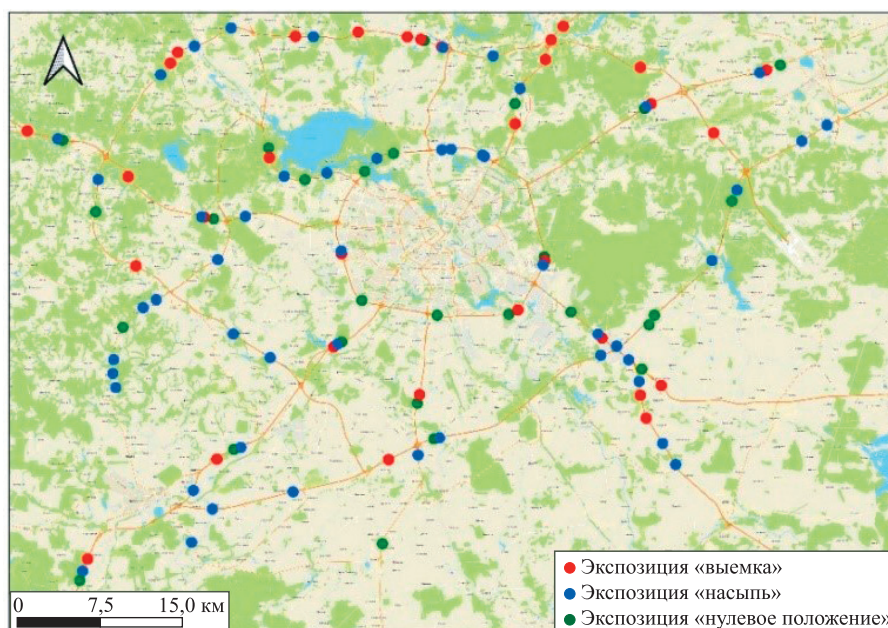


Рис. 1. Участки исследования придорожной растительности в зависимости от конструкции полосы отвода (экспозиции)

Fig. 1. Areas for studying roadside vegetation depending on the design of the right-of-way (exposure)

¹Березуцкий М. А., Кашин А. С. Антропогенная трансформация флоры и растительности : учеб. пособие. Саратов : Наука, 2008. 100 с.

²Благоустройство территорий. Озеленение. Правила проектирования и устройства : ТКП 45-3.02-69-2007 (02250) : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 20.12.2007 : введ. в действие с 01.07.2008. Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. III, 21 с.

³Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности : Закон Респ. Беларусь от 2 дек. 1994 г. № 3434-ХП // Ведомости Верховного Совета Респ. Беларусь. 1995. № 5. С. 31.

Участки исследования закладывались в трех экспозициях полосы отвода в зависимости от положения автодороги в рельефе. Исследование придорожной растительности выполнялось по обе стороны от дорожного полотна с учетом конструкции экспозиции: полоса отвода разделялась на соответствующие сектора (рис. 2–4). В экспозиции «выемка» были выделены четыре сектора, а в экспозициях «насыпь» и «нулевое положение» – три сектора по обе стороны от автодороги. Для каждого сектора определены видовой состав⁴ и доля основных экологических групп растений в зависимости от трофности (эдафотоп) и увлажненности (гидротоп) почвогрунта⁵, проведен биоморфологический анализ по системам Раункиера⁶ и Серебрякова⁷ (подземная часть растения). При классификации по Раункиеру не учитывались мохообразные, а при классификации по Серебрякову – древесно-кустарниковый ярус, полукустарники, кустарнички, полукустарнички, мохообразные и растения с лиановидным побегом.

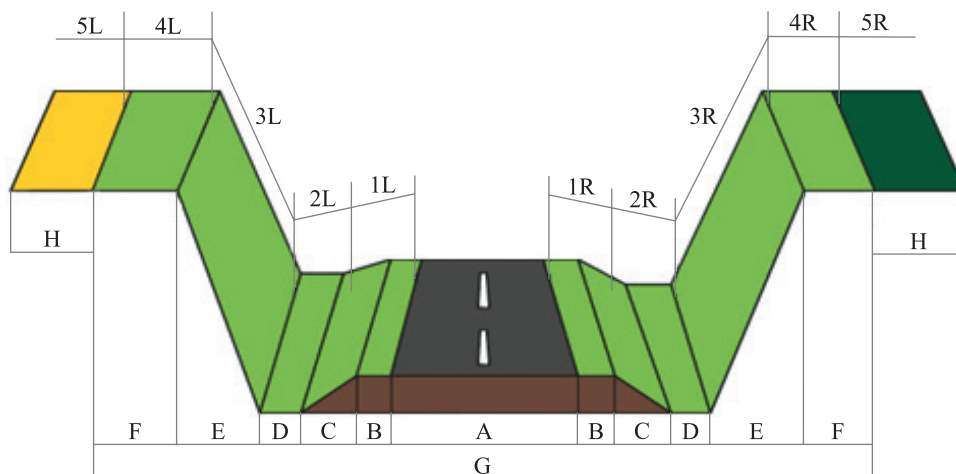


Рис. 2. Структурные части (сектора) полосы отвода в экспозиции «выемка»:
А – проезжая часть; В – сектор 1; С, D – сектор 2; Е – сектор 3; F – сектор 4;
G – полоса отвода; H – сообщества экосистемы, в которой протекает дорога

Fig. 2. Structural parts (sectors) of the right-of-way in the «notch» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C, D – sector 2; E – sector 3; F – sector 4;
G – right-of-way; H – communities of the ecosystem in which the road runs

⁴Определитель высших растений Беларуси : учеб. пособие для студентов биол. специальностей вузов / Т. А. Сауткина [и др.] ; под ред. В. И. Парфенова. Минск : Дизайн ПРО, 1999. 471 с. ; Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб. : Изд-во С.-Петерб. гос. хим.-фарм. акад., 2000. 781 с. ; Рыковский Г. Ф., Масловский О. М. Andreaeopsida – Bryopsida / под ред. В. И. Парфенова. Минск : Техналогія, 2004. 437 с. (Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. ; т. 1) ; Они же. Hepaticopsida – Sphagnopsida / под ред. В. И. Парфенова. Минск : Беларус. навука, 2009. 213 с. (Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. ; т. 2) ; Lycopodiophyta. Equisetophyta. Polypodiophyta. Ginkgophyta. Pinophyta. Gnetophyta / Р. Ю. Блажевич [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск : Беларус. навука, 2009. 199 с. (Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. ; т. 1) ; Liliopsida (Acoraceae, Alismataceae, Araceae, Butomaceae, Commelinaceae, Hydrocharitaceae, Juncaginaceae, Lemnaceae, Najadaceae, Poaceae, Potamogetonaceae, Scheuchzeriaceae, Sparganiaceae, Typhaceae, Zannichelliaceae) / Д. И. Третьяков [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск : Беларус. навука, 2013. 447 с. (Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. ; т. 2) ; Liliopsida (Agavaceae, Alliaceae, Amaryllidaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae, Cannaceae, Colchicaceae, Convallariaceae, Cyperaceae, Dioscoreaceae, Iridaceae, Ixioliriacae, Hemerocallidaceae, Hostaceae, Hyacinthaceae, Juncaceae, Liliaceae, Melanthiaceae, Ophiopogonaceae, Orchidaceae, Pontederiaceae, Tofieldiaceae, Trilliaceae) / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова. Минск : Беларус. навука, 2017. 573 с. (Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. ; т. 3) ; Magnoliopsida (Actinidiaceae, Aizoaceae, Aristolochiaceae, Berberidaceae, Betulaceae, Buxaceae, Calycanthaceae, Cannabaceae, Caryophyllaceae, Ceratophyllaceae, Cactaceae, Fagaceae, Fumariaceae, Juglandaceae, Lardizabalaceae, Magnoliaceae, Menispermaceae, Moraceae, Nyctaginaceae, Nymphaeaceae, Papaveraceae, Platanaceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Saururaceae, Schisandraceae, Urticaceae) / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, Д. В. Дубовика. Минск : Беларус. навука, 2023. 743 с. (Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. ; т. 4) ; The Plant List [Electronic resource]. URL: <http://www.theplantlist.org> (date of access: 14.11.2022).

⁵Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран : открытый онлайн атлас и определитель растений. URL: <https://www.plantarium.ru> (дата обращения: 23.11.2023).

⁶Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford : Clarendon Press, 1934. XVI, 632 p. ; Pladias : website. URL: <https://pladias.cz> (date of access: 14.11.2023).

⁷Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосеменных и хвойных : учеб. пособие для гос. ун-тов, пед. и лесотехн. вузов СССР. М. : Высш. шк., 1962. 277 с. ; Раков Н. С. Карасевское болото как ценный ботанический объект в городе Ульяновске (Ульяновское Заволжье) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20, № 1. С. 143–164 ; Булохов А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации : учеб. пособие. Брянск : Изд-во БГПУ, 1996. 104 с.

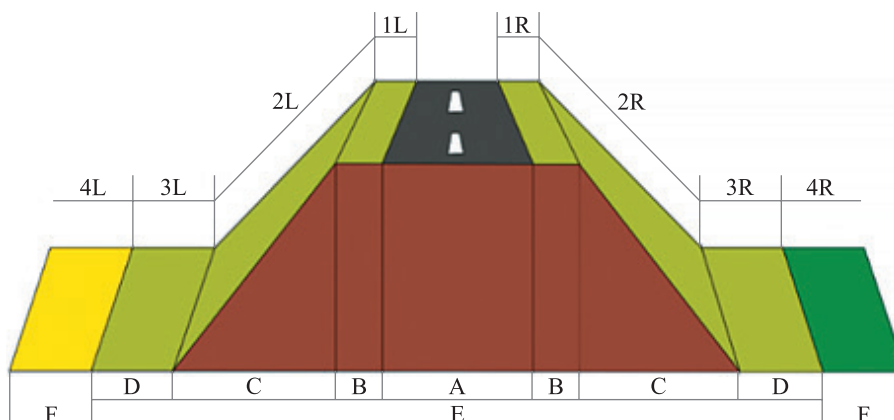


Рис. 3. Структурные части (сектора) полосы отвода в экспозиции «насыпь»:
А – проезжая часть; В – сектор 1; С – сектор 2; D – сектор 3; E – полоса отвода;
F – сообщества экосистемы, в которой пролегает дорога

Fig. 3. Structural parts (sectors) of the right-of-way in the «embankment» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C – sector 2; D – sector 3; E – right-of-way;
F – communities of the ecosystem in which the road runs

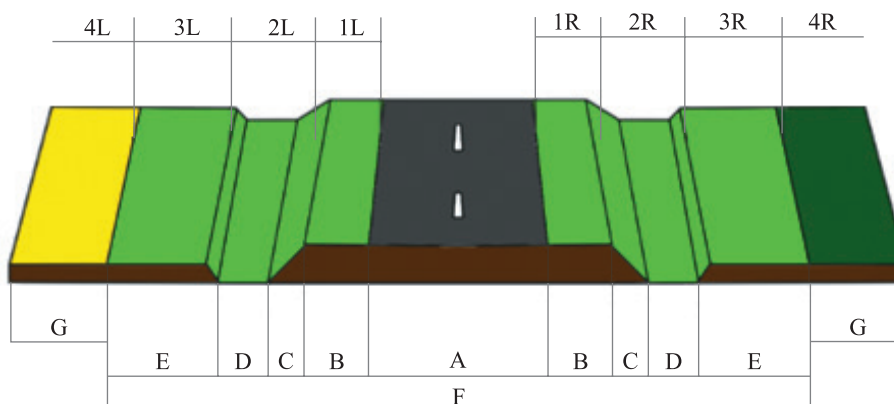


Рис. 4. Структурные части (сектора) полосы отвода в экспозиции «нулевое положение»:
А – проезжая часть; В – сектор 1; C, D – сектор 2; E – сектор 3; F – полоса отвода;
G – сообщества экосистемы, в которой пролегает дорога

Fig. 4. Structural parts (sectors) of the right-of-way in the «zero position» exposure:
A – roadway; B – sector 1; C, D – sector 2; E – sector 3; F – right-of-way;
G – communities of the ecosystem in which the road runs

Анализ корреляционной зависимости между экологическими и биоморфологическими группами в различных секторах осуществлялся с помощью коэффициента корреляции (r). Построение групп растительности выполнялось с использованием одновыборочного t -критерия в программе *StatSoft Statistica* (версия 12.0).

Результаты и их обсуждение

Всего в полосе отвода вдоль автодорог было обнаружено 267 видов растений, включая 7 видов мохообразных и 37 видов древесно-кустарникового яруса. В эдафотопической структуре придорожной растительности преобладают мезотрофы (36,9 %) со сдвигом в сторону эвтрофности (широко представлены мезоэвтрофы (32,7 %) и эвтрофы (20,8 %)), вероятно, из-за влияния примыкающих к полосе отвода агрофитоценозов (табл. 1). Гидротопическая структура характеризуется признаками ксерофитизации: доминируют мезофиты (61,5 %) и ксеромезофиты (21,2 %).

Согласно системе Раункиера в полосе отвода преобладают гемикриптофиты (53,5 %) и терофиты (24,6 %), т. е. сформировался гемикриптофитно-терофитный тип флоры (табл. 2). Доминирование гемикриптофитов определяется зональными особенностями региональной растительности, а высокая

доля терофитов обуславливается антропогенным воздействием [9]. По классификации Серебрякова преобладают поликарпические травы и однолетники, а именно стержнекорневые (39,5 %), длинно-корневищные (20,0 %) и короткокорневищные (18,2 %) формы, что объясняется развитием сообществ в условиях постоянного антропогенного воздействия [10].

Таблица 1

Экологические группы придорожной растительности

Table 1

Ecological groups of roadside vegetation

Группа растений	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
<i>Эдафотопические группы</i>		
Олиготрофы	2	0,8
Олигомезотрофы	20	7,7
Мезотрофы	96	36,9
Мезоэвтрофы	85	32,7
Эвтрофы	54	20,8
Нитрофилы	3	1,1
<i>Гидротопические группы</i>		
Гигрофиты	10	3,8
Гигромезофиты	20	7,7
Мезогигрофиты	14	5,4
Мезофиты	160	61,5
Ксеромезофиты	55	21,2
Ксерофиты	1	0,4

Таблица 2

Биоморфологические группы придорожной растительности

Table 2

Biomorphological groups of roadside vegetation

Группа растений	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
<i>Биоморфы по системе Раункиера</i>		
Макрофанерофиты	15	5,8
Нанофанерофиты	18	6,9
Хамефиты	7	2,7
Гемикриптофиты	139	53,5
Геофиты	17	6,5
Терофиты	64	24,6
<i>Биоморфы по системе Серебрякова</i>		
Стержнекорневые	87	39,5
Кистекарневые	17	7,7
Короткокорневищные	40	18,2
Длиннокорневищные	44	20,0
Рыхлодерновинные	18	8,2
Плотнoderновинные	3	1,4

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Группа растений	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
Столonoобразующие	5	2,2
Наземно-ползучие	3	1,4
Корнеотпрысковые	3	1,4

Экспозиция «выемка». В эдафотопической структуре экспозиции «выемка» доминируют мезотрофные виды со сдвигом в сторону эвтрофности, количество мезотрофов в секторах составляет 34,2–40,3 % (рис. 5). Наиболее распространены *Achillea millefolium*, *B. inermis*, *Plantago major* и др. Отмечается отрицательная корреляция между долей мезотрофов в секторе 2 (кювет) и секторе 3 (откос) ($r = -0,3$ при $p < 0,05$) вследствие эрозии почвогрунта на откосах и его смыва в кюветы. С мезотрофами содоминируют мезоэвтрофы (29,6–35,1 %) (*Artemisia vulgaris*, *Calamagrostis epigeios*, *D. glomerata* и др.) и эвтрофы (19,5–29,5 %) (*Echinochloa crus-galli*, *Elytrigia repens*, *Polygonum arenastrum* и др.). Влияние эрозии полосы отвода наиболее отражается в схожей динамике количества мезоэвтрофов в секторах 1 и 3 ($r = 0,4$ при $p < 0,05$). Вклад олигомезотрофов (3,4–7,5 %) (*Poa compressa*, *Rumex acetosella*, *Sedum acre* и др.) положительно коррелирует в секторах 1 и 4 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$). Общий анализ участков экспозиции «выемка» показал увеличение количества олигомезотрофов в 2,4 раза от сектора 2 к сектору 3 (из-за смыва почвогрунта и элементов питания в результате эрозии) и рост количества мезоэвтрофов в 2,3 раза от сектора 1 к сектору 4 (за счет попадания в полосу отвода минеральных удобрений с примыкающих агрофитоценозов).

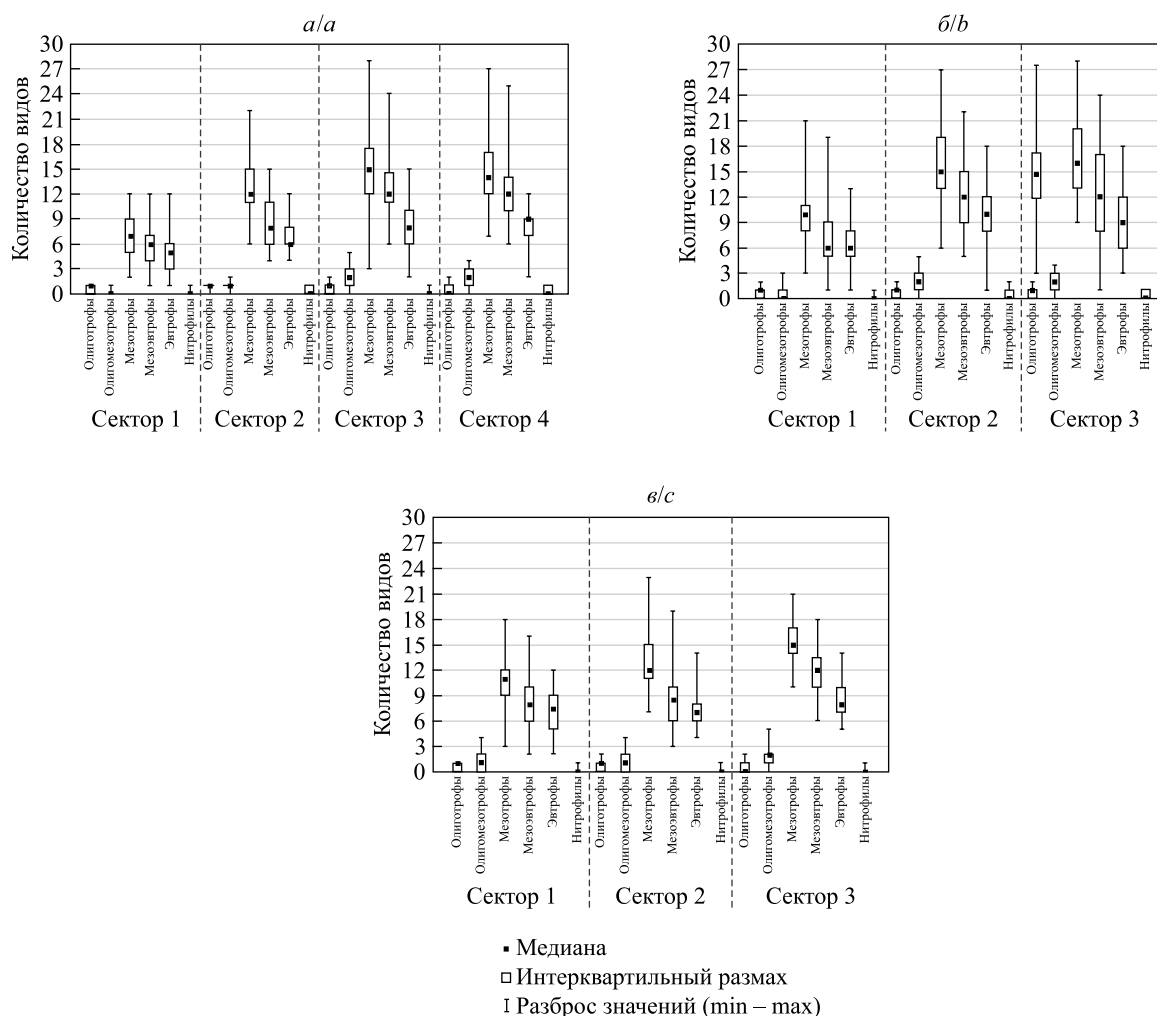


Рис. 5. Количество видов в придорожных фитоценозах по эдафотопическим группам:
а – экспозиция «выемка»; б – экспозиция «насыпь»; в – экспозиция «нулевое положение»

Fig. 5. Number of species in roadside phytocenoses by edaphotopic groups:
a – «notch» exposure; b – «embankment» exposure; c – «zero position» exposure

Среди гидротопических групп доминируют мезофиты (62,2–69,3 %) со сдвигом в сторону ксерофитизации растительности (насчитывается 20,1–23,5 % ксеромезофитов) (рис. 6). Отрицательная корреляция между долей гигромезофитов в секторах 1 и 2 ($r = -0,4$ при $p < 0,05$) обусловлена наличием выраженного кювета, который не позволяет гигромезофитам (*Deschampsia cespitosa*, *Juncus effusus*, *Lysimachia vulgaris* и др.) заселять сектор 1. Эрозия откосов приводит к росту доли ксеромезофитов в данном секторе и ее снижению в кюветах за счет смыва почвогрунта ($r = -0,4$ при $p < 0,05$). Также на откосах отмечен единственный ксерофит *Colutea arborescens*.

По мере удаления от дорожного полотна вместе с ростом видового разнообразия увеличивается количество терофитов и гемикриптофитов в секторах. Доля фанерофитов (*Cotoneaster lucidus*, *Swida alba* и др.) в секторах 3 и 4 возрастала из-за их использования в озеленении откосов или в результате естественного заноса (рис. 7). Положительная корреляция между количеством нанофанерофитов в секторах 2 и 3 и в секторах 2 и 4 ($r = 0,4$ при $p < 0,05$) отражает постепенное зарастание откосов и кюветов древесно-кустарниковыми растениями (*Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Rubus idaeus* и др.) на участках, примыкающих к лесным массивам. Для ряда участков отмечается размытие кюветов (сектор 2) вследствие смыва почвогрунта с откосов, что влияет на рост и развитие геофитов и обуславливает их дальнейшее распространение в секторе 1 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$). Доля гемикриптофитов в секторах 1 и 2 возрастала с 48,9 до 58,0 %, а в секторах 3 и 4 снижалась до 56,3–57,2 % из-за эрозии почвы на откосах и увеличения количества фанерофитов. Доля терофитов уменьшалась с 31,8 до 24,1 % в связи с ростом конкуренции с другими группами растений; минимальный вклад (22,6 %) отмечался в секторе 3 по причине смыва семян с откосов атмосферными осадками. Наибольшая эрозия секторов 1 и 3 проявляется в положительной корреляции между долей терофитов в указанных секторах ($r = 0,4$ при $p < 0,05$) и отрицательной корреляции между их долей в секторах 2 и 3 ($r = -0,3$ при $p < 0,05$). Среди терофитов основной вклад вносят *Chenopodium album*, *Conyza canadensis*, *Lactuca serriola*, *P. arenastrum*, *Setaria viridis* и др.

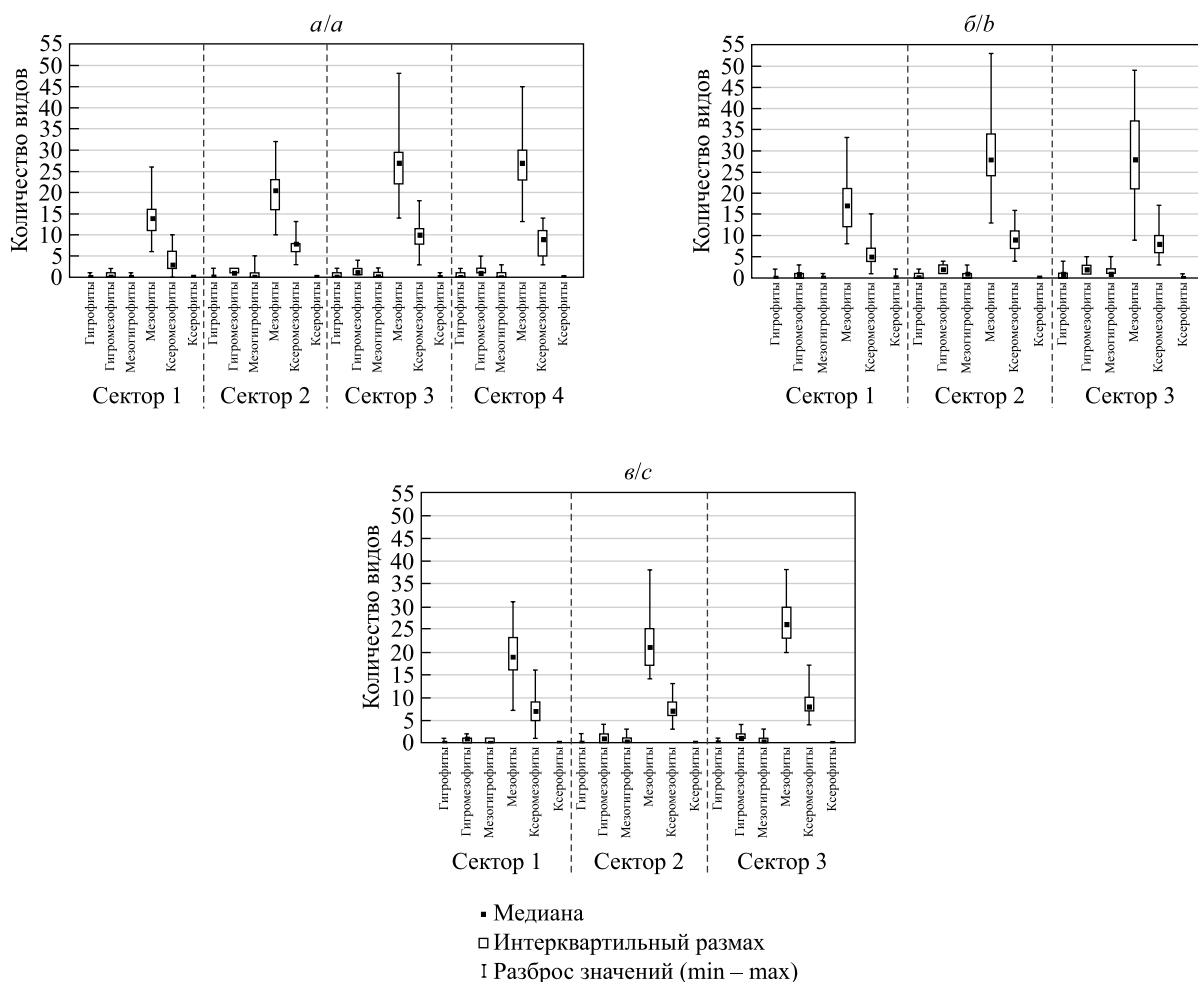


Рис. 6. Количество видов в придорожных фитоценозах по гидротопическим группам:
а – экспозиция «выемка»; б – экспозиция «насыпь»; в – экспозиция «нулевое положение»

Fig. 6. Number of species in roadside phytocenoses by hydrotopic groups:
а – «notch» exposure; б – «embankment» exposure; в – «zero position» exposure

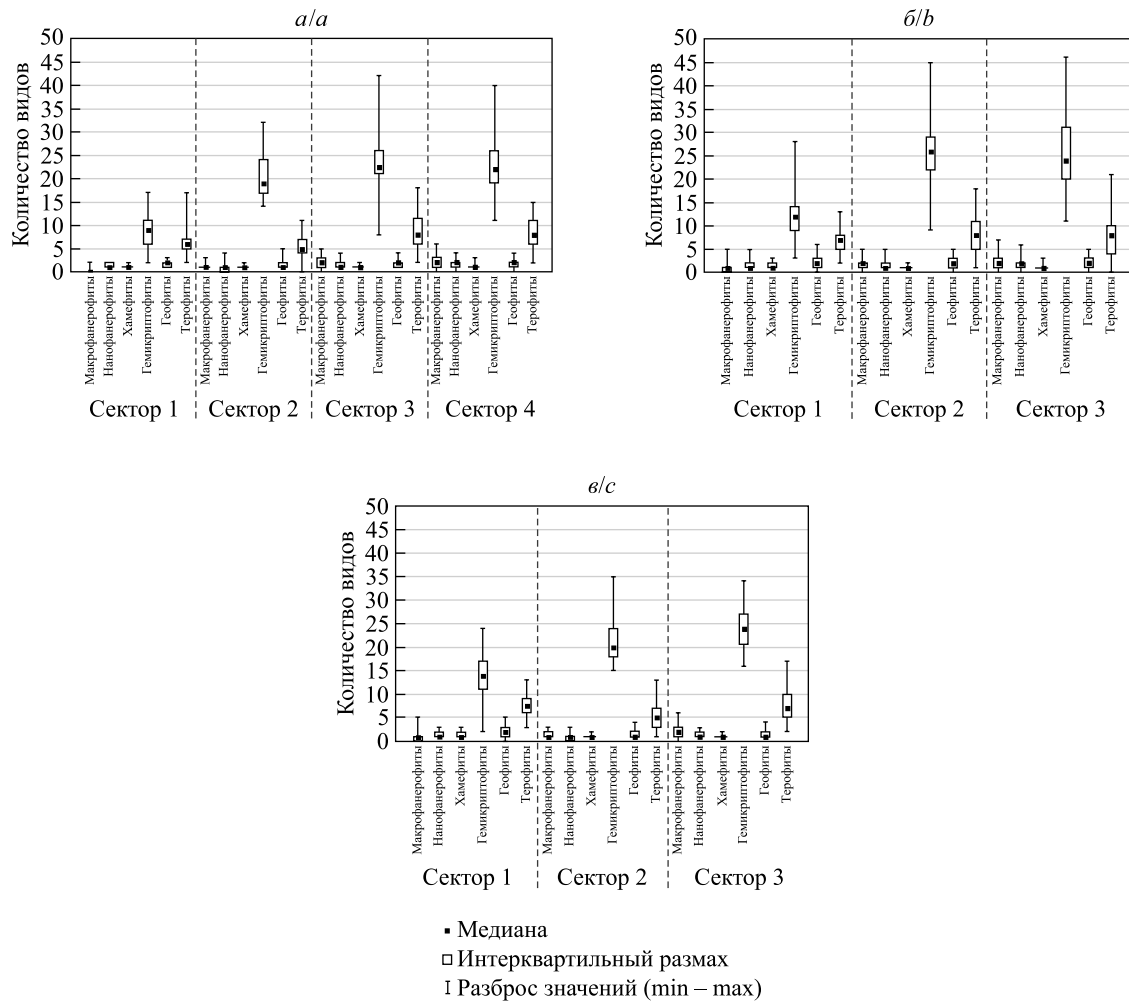


Рис. 7. Количество видов в придорожных фитоценозах по классификации Раункиера:
а – экспозиция «выемка»; б – экспозиция «насыпь»; в – экспозиция «нулевое положение»
Fig. 7. Number of species in roadside phytocenoses according to the Raunkiaer classification:
a – «notch» exposure; b – «embankment» exposure; c – «zero position» exposure

Особенности полосы отвода обусловили доминирование стержнекорневых форм растений и рост их доли по мере приближения к дорожному полотну (с 37,8 % в секторе 4 до 44,3 % в секторе 1) (рис. 8). Среди стержнекорневых форм встречаются *Artemisia campestris*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium campestre* и др. Отмечается положительная корреляция между долей корнеотпрысковых форм (*Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* и *Linaria vulgaris*) в секторах 3 и 4 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$).

Различия в периодичности сезонного кошения полосы отвода между исследуемыми участками проявляются в общей положительной корреляции ($r = 0,4$ при $p < 0,05$) между долей кистекорневых и длиннокорневищных форм растений в секторах 1 и 3, а также между долей длиннокорневищных форм растений в секторах 3 и 4. Высокая периодичность сезонного кошения приводит к деградации почвенного покрова, что обуславливает рост вклада кистекорневых форм, тогда как на участках с более низкой интенсивностью ухода отмечается увеличение количества длиннокорневищных форм. Наиболее благоприятные условия для формирования растительности наблюдаются в секторе 2 (кювет): происходит рост доли длиннокорневищных форм до 25,0 % относительно их доли в секторе 1. По мере удаления от дорожного полотна доля длиннокорневищных форм уменьшается, достигая 18,2 % в секторе 4 вследствие увеличения количества короткорневищных и рыхлодерновинных форм, что служит показателем дальнейшего снижения степени антропогенного воздействия по мере удаления от автодороги. В сообществах длиннокорневищные формы представлены видами *B. inermis*, *C. epigeios*, *E. repens* и др. По мере удаления от дорожного полотна также возрастает вклад короткорневищных форм (*A. vulgaris*, *Centaurea jacea*, *Hypericum perforatum*, *Rumex confertus* и др.) с 12,7 до 20,3 % (в 1,6 раза).

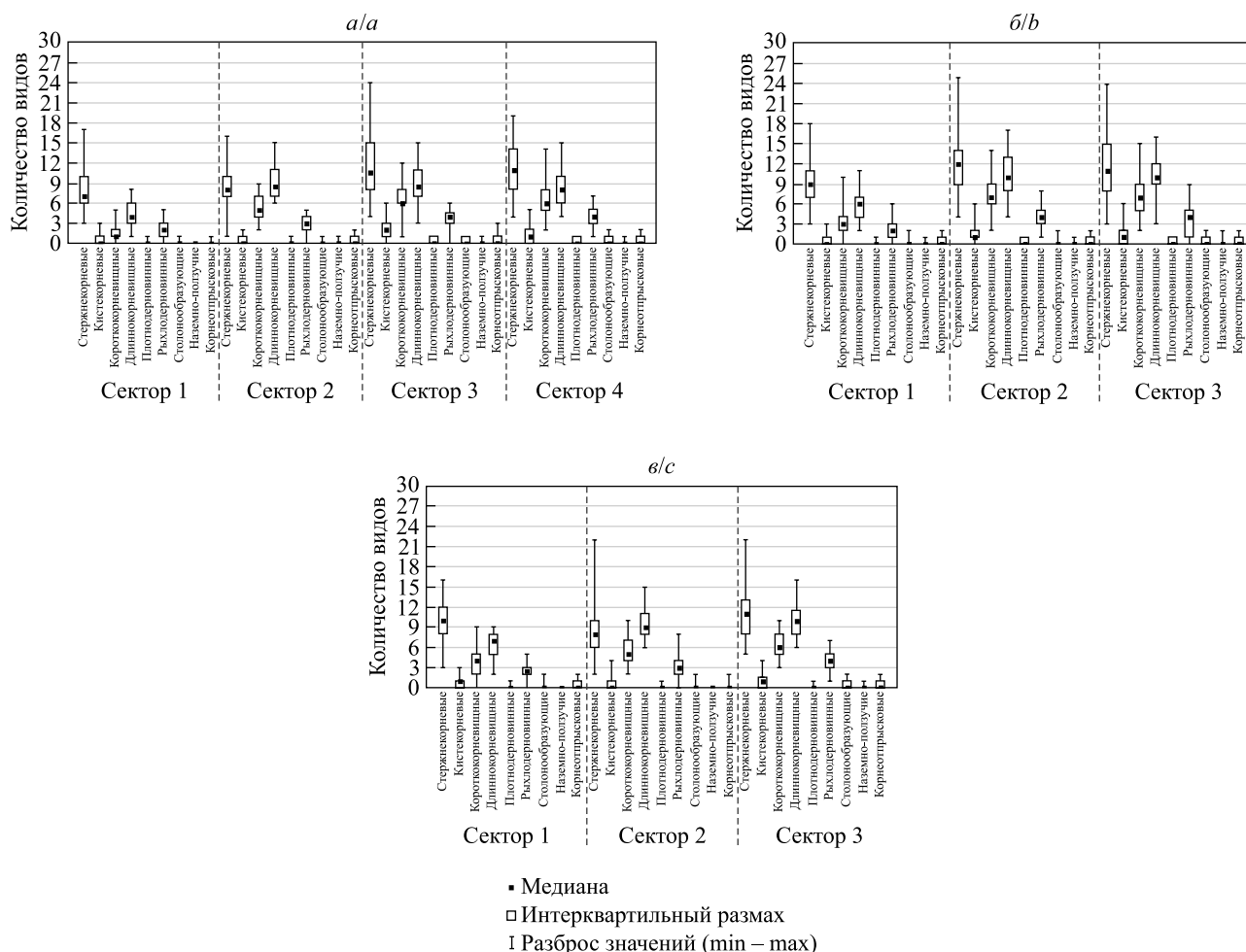


Рис. 8. Количество видов в придорожных фитоценозах по классификации Серебрякова:
а – экспозиция «выемка»; б – экспозиция «насыпь»; в – экспозиция «нулевое положение»
Fig. 8. Number of species in roadside phytocenoses according to the Serebryakov classification:
а – «notch» exposure; б – «embankment» exposure; в – «zero position» exposure

Экспозиция «насыпь». В эдафотопической структуре экспозиции «насыпь» очевидно доминируют мезотрофы (34,9–37,1 %), мезоэвтрофы (30,8–33,2 %) и эвтрофы (22,8–25,3 %) (см. рис. 5). Широко встречается мезоэвтроф *Arrhenatherum elatius*. Процессы эрозии в секторах 1 и 2 схожи: отмечается слабая положительная корреляция между долей мезоэвтрофов ($r = 0,2$ при $p < 0,05$) и долей эвтрофов ($r = 0,3$ при $p < 0,05$). Отрицательная корреляция между долей мезоэвтрофов в секторах 2 и 3 ($r = -0,2$ при $p < 0,05$) указывает на накопление почвогрунта у подножия насыпи вследствие его смыва с откосов, а также рост количества видов древесно-кустарникового яруса (*Salix purpurea*, *Tilia cordata* и др.). Количество олиготрофов, олигомезотрофов и нитрофилов изменялось минимально, количество мезотрофов и мезоэвтрофов по мере удаления от дорожного полотна возрастало в 1,5 раза, количество эвтрофов – в 1,2 раза.

Среди гидротопических групп преобладают мезофиты (61,4–66,4 %) и ксеромезофиты (20,4–23,4 %) (см. рис. 6). Отмечена положительная корреляция между долей мезофитов в секторах 1 и 2 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$) и в секторах 1 и 3 ($r = 0,2$ при $p < 0,05$). На некоторых участках наблюдалось длительное переувлажнение почвогрунта в секторе 3, что привело к росту количества гигрофитов и мезогигрофитов в 2,5 и 3,3 раза соответственно по сравнению с их количеством в секторе 1. В результате локального подтопления доминируют гигрофит *Phragmites australis* и мезогигрофит *Phalaroides arundinacea*.

Характерна общая тенденция к увеличению доли гемикриптофитов с 51,4 до 55,4 % и уменьшению доли терофитов с 30,0 до 22,9 % по мере удаления от дорожного полотна (см. рис. 7). Частое отсутствие кошения склона и подножия приводит к проникновению в сектор 1 фанерофитов: отмечается положительная корреляция между долей макрофанерофитов в секторах 1 и 3 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$). На большинстве участков происходит равномерная эрозия почвы в секторах 1 и 2, что подтверждается положительной корреляцией между долей терофитов ($r = 0,2$ при $p < 0,05$) и долей гемикриптофитов ($r = 0,4$ при $p < 0,05$).

Как и в случае с экспозицией «выемка», снижается вклад стержнекорневых форм (с 42,5 до 38,8 %) по мере увеличения расстояния до автодороги (см. рис. 8). Рост доли корневищных форм по мере удаления от дорожного полотна обуславливается снижением интенсивности деградации почвы и общего антропогенного воздействия: вклад короткокорневищных форм увеличивался с 15,7 до 18,2 %, вклад длиннокорневищных форм – с 18,9 до 20,0 %. Относительно равномерное антропогенное воздействие определяет вклад стержнекорневых и длиннокорневищных форм в секторах 1 и 2 ($r = 0,2$ при $p < 0,05$) и вклад рыхлодерновинных и столонообразующих форм в секторах 1 и 3 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$). Отрицательная корреляция между долей кистекорневых и короткокорневищных форм наблюдалась в секторах 2 и 3 ($r = -0,2$ при $p < 0,05$).

Экспозиция «нулевое положение». В эдафотопической структуре экспозиции «нулевое положение» доминируют мезотрофы (34,1–37,5 %), мезоэвтрофы (30,3–31,9 %) и эвтрофы (23,6–27,3 %) (см. рис. 5). Простая конструкция полосы отвода (отсутствие откосов и кюветов) обуславливает минимальные различия эдафотопических групп между секторами. Обнаружен единственный нитрофил *Amaranthus retroflexus*. Увеличение количества мезотрофов и мезоэвтрофов в секторах 1–3 минимально (в 1,1–1,2 раза).

Среди гидротопических групп доминируют мезофиты (62,5–68,2 %) и ксеромезофиты (19,4–24,3 %) (см. рис. 6). Положительная корреляция между долей мезофитов в секторах 1 и 3 ($r = 0,4$ при $p < 0,05$) обусловлена отсутствием кюветов и откосов. Положительная корреляция между долей гигромезофитов в секторах 2 и 3 ($r = 0,4$ при $p < 0,05$) указывает на более благоприятные условия для развития растительности в этих секторах, а отсутствие кювета способствует равномерному распространению данной группы растений.

Характерна общая тенденция к увеличению вклада гемикриптофитов с 53,7 до 58,3 % и уменьшению вклада терофитов с 30,3 до 22,2 % по мере удаления от дорожного полотна (см. рис. 7). Отмечены положительная корреляция между долей нанофанерофитов и гемикриптофитов в секторах 1 и 2 ($r = 0,3$ при $p < 0,05$) и отрицательная корреляция между долей геофитов в секторах 1 и 3 ($r = -0,4$ при $p < 0,05$).

Вклад стержнекорневых форм в структуре фитоценозов по мере удаления от дорожного полотна уменьшался с 41,3 до 36,6 % (см. рис. 8). Сектор 2 показал снижение доли короткокорневищных форм до 14,4 % и рост доли длиннокорневищных форм до 24,6 % относительно их доли в секторах 1 и 3.

Сравнение экспозиций. Эдафотопическая структура растительности в полосе отвода определялась различиями в деградации почвенного покрова: разрушение почвогрунта вдоль откосов в экспозициях «выемка» и «насыпь» привело к снижению вклада мезотрофов и мезоэвтрофов при росте их вклада в кюветах. Эрозия почвы на откосах сопровождалась увеличением количества олигомезотрофов в 2,4 раза по сравнению с таковым в кювете для экспозиции «выемка». Высокая доля мезоэвтрофов и эвтрофов, вероятно, обусловлена примыканием автодорог к агрофитоценозам.

Доминирование мезофитов объясняется широкой экологической пластичностью и приспособляемостью видов данной группы в условиях антропогенного воздействия, а высокий вклад ксеромезофитов – эрозийными процессами в полосе отвода⁸. Количество ксеромезофитов на откосах и количество гигрофитов, гигромезофитов и мезогигрофитов в кюветах определялось условиями удержания атмосферных осадков. В экспозиции «насыпь» рост доли гигрофитов, гигромезофитов и мезогигрофитов в 2,5; 1,7 и 3,3 раза соответственно по мере удаления от дорожного полотна также связан с длительным переувлажнением почвогрунта в секторе 3.

Во всех экспозициях отмечались снижение вклада терофитов и рост доли гемикриптофитов по мере удаления от дорожного полотна. Особые различия наблюдались в экспозиции «выемка»: количество гемикриптофитов увеличилось в 2,3 раза, а количество терофитов уменьшилось в 1,5 раза. В экспозиции «насыпь» доля гемикриптофитов выросла в 1,5 раза. Влияние древесно-кустарникового яруса привело к увеличению количества макро- и нанофанерофитов на откосах в экспозиции «выемка» в 2,1 раза по сравнению с их количеством в кюветах; в экспозиции «насыпь» в нижней части откосов и у подножия насыпей количество фанерофитов возрастает в 1,8 раза, в экспозиции «нулевое положение» – в 1,9 раза.

Кроме того, во всех экспозициях отмечалось снижение доли стержнекорневых форм растений по мере удаления от автодороги. В экспозициях «выемка» и «насыпь» их количество на откосах в 1,5 и 1,3 раза соответственно превышало количество стержнекорневых форм в секторе 1. В экспозиции «выемка» вклад корневищных и дерновинных форм растений в секторе 4 был в 2,0 раза больше их вклада в секторе 1. В экспозиции «насыпь» эрозия почвы характеризовалась меньшей интенсивностью: количество корневищных и дерновинных форм в секторах 1 и 3 возросло в 1,5 и 1,4 раза соответственно. В экспозиции «нулевое положение» вследствие отсутствия откосов количество данных форм существенно не изменилось. Таким образом, по мере приближения к дорожному полотну увеличивается роль синантропных видов, свойственных терофитам и стержнекорневым формам растений.

⁸Степановских А. С. Общая экология : учеб. для вузов по экол. специальностям. М. : Юнити-дана, 2000. 510 с.

Краткие рекомендации по сохранению придорожного газона (в пределах полосы отвода вдоль автомобильных дорог). Предлагаются следующие мероприятия по уходу за полосой отвода.

1. Для снижения доли терофитов и стержнекорневых форм растений в структуре придорожных фитоценозов на протяжении последующего вегетационного сезона следует проводить раннее скашивание в полосе отвода. Периодичность кошения должна составлять не более 3–5 раз за сезон.

2. В состав придорожных травосмесей должны входить длиннокорневищные (*B. inermis*, *E. repens*) и рыхлодерновинные (*D. glomerata*, *Festuca pratensis*, *F. rubra*, *L. perenne*, *Poa pratensis*) злаки, способные формировать придорожный газон в условиях интенсивного антропогенного воздействия вдоль автодорог.

3. Постоянное и интенсивное антропогенное воздействие приводит к постепенной деградации придорожного газона, что вызывает необходимость периодического подсеивания семян предлагаемых видов растений и подсыпания почвогрунта на участках с частотой кошения от 5 и более раз за сезон. Дополнительно данные участки рекомендуется засеивать семенами *C. epigeios* из-за устойчивости и экологической пластичности вида.

Заключение

Состав придорожной флоры вдоль автодорог г. Минска и Минской области насчитывает 267 видов, включая 7 видов мохообразных и 37 видов древесно-кустарниковых растений.

В эдафотопической структуре полосы отвода преобладают мезотрофы и мезоэвтрофы (69,6 % от общего числа видов). В экспозиции «выемка» наблюдается рост количества олигомезотрофов на откосах в 2,4 раза (7,5 %). Степень увлажненности почвогрунта обусловила доминирование мезофитов (61,5 %) с переходом к ксеромезофитам (21,2 %). Общий анализ не выявил существенных различий экологических групп между секторами и экспозициями.

С точки зрения гидротопических условий придорожная флора относится к гемикриптофитно-терофитному типу. По мере приближения к дорожному полотну вклад гемикриптофитов в фитоценозах уменьшается (в 2,3 раза в экспозиции «выемка» и в 1,5 раза в экспозиции «насыпь»), а вклад терофитов увеличивается (в 1,5 раза в экспозиции «выемка»). В экспозиции «нулевое положение» доля терофитов минимальна вследствие отсутствия откосов и полноценно функционирующих выраженных кюветов. По сравнению с секторами 1 всех экспозиций отмечается рост количества фанерофитов на откосах (в экспозициях «выемка» и «насыпь» в 2,1 и 1,8 раза соответственно, в экспозиции «нулевое положение» в 1,9 раза) благодаря использованию древесно-кустарникового яруса в озеленении и (или) естественному заносу.

Стержнекорневые формы растений преобладают вдоль всей полосы отвода со снижением их доли по мере удаления от дорожного полотна. На откосах полосы отвода с наибольшей деградацией почвы доля стержнекорневых форм возрастает в 1,5 раза в экспозиции «выемка» и в 1,3 раза в экспозиции «насыпь». Количество корневищных и дерновинных форм растений по мере удаления от дорожного полотна увеличивалось в 2,0 раза в экспозиции «выемка» и в 1,4–1,5 раза в экспозиции «насыпь». В экспозиции «нулевое положение» различия биоморф между секторами были минимальными.

Учитывая доминирование в составе придорожной растительности терофитов и стержнекорневых форм растений, предлагается проводить раннее скашивание в полосе отвода для снижения их доли в структуре фитоценозов и использовать для озеленения наиболее устойчивые виды длиннокорневищных и рыхлодерновинных злаков, способных формировать дернину и сохранять конструкцию полосы отвода.

Библиографические ссылки

1. Sudnik AV, Voznyachuk IP. On the impact of road construction and maintenance on roadside vegetation. *Science and Innovations*. 2021;11:34–41. Russian. DOI: 10.29235/1818-9857-2021-11-34-41.
2. Шадрин ВА. Орбитоценозы: понятие, структура, особенности. В: Баранова ОГ, Пузырев АН, редакторы. *Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья. Материалы IV Международной научной конференции; 4–7 декабря 2012 г.; Ижевск, Россия*. Ижевск: Институт компьютерных исследований; 2012. с. 227–232.
3. Преображенский ВС, Александрова ТД, редакторы. *Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования*. Москва: Наука; 1989. 144 с.
4. Arepieva LA. On new syntaxa of synanthropic vegetation in the city of Bryansk. *Diversity of Plant World*. 2019;2:18–37. Russian. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-2-18-37.
5. Telesnina VM, Semenyuk OV. The indicative role of the grass tier in soil-ecological research in the conditions of caring for the green areas of Moscow (case study of the MSU territory). *Bulletin of the Moscow State University. Series 17, Soil Science*. 2022;1:42–51. Russian. EDN: KNGIEG.
6. Telesnina VM, Semenyuk OV, Bogatyrev LG, Benediktova AI. Features of a ground cover and forest litter of artificial lime plantations depending on the nature of care. *Bulletin of the Moscow State University. Series 17, Soil Science*. 2018;2:3–11. Russian. EDN: YSEOHL.

7. Kokorina NV, Bezdenezhnykh IV. Recreative load capacity value on forest stands of natural park «Samarovsky chugas» on field layes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009;12:89–91. Russian. EDN: LALTGH.

8. Khmelev KF, Berezutsky MA. State and tendencies in development of floras of man-transformed ecosystems. *Journal of General Biology*. 2001;62(4):339–351. Russian. EDN: MPHZHN.

9. Kurskoy AY, Tokhtar VK. The analysis of synanthropic flora of especially protected natural territories of the southwest of Central Russian Upland. *Fundamental Research*. 2013;11(part 6):1177–1180. Russian. EDN: RUDDUB.

10. Khromova TM. An overview of the flora of the cities of Orel Region and recommendations for improving its condition. *Contemporary Horticulture*. 2018;3:154–162. Russian. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10320.

Получена 08.05.2024 / исправлена 10.05.2024 / принята 13.09.2024.

Received 08.05.2024 / revised 10.05.2024 / accepted 13.09.2024.