

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРБАНОФЛОР В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ

В.К. Тохтарь

О.В. Фомина

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Исследование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях европейской части России и Украины, методом факторного анализа позволяет говорить о том, что их сложение происходит при взаимодействии природно-климатических и антропогенных факторов, степень влияния которых различна. Важными природно-климатическими факторами, оказывающими влияние на структуру урбанофлор, является фактор широтности, тесно связанный с температурными условиями и нормой осадков. Среди антропогенных факторов, которые сближают структуру географически удаленных урбанофлор, выделены факторы размера города и количества его населения. Действие этих факторов приводит к стиранию границ между флорами, обусловленными природно-климатическими факторами, за счет сходства адвентивной и апофитной фракций флор. Эти данные подтверждают точку зрения на урбанофлору как на некий универсальный тип антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты формирования и сходные флорогенетические процессы, детерминированные, в большей степени, антропогенными факторами.

Ключевые слова: урбанофлора, природно-климатические, антропогенные факторы, факторный анализ.

Введение

В настоящее время утверждение о том, что в мире сейчас практически не осталось природных флор, не подвергшихся в той или иной мере антропогенному воздействию, принимается большинством исследователей. К одному из типов антропогенно трансформированных флор относится урбанофлора, которая формируется в условиях городских агломераций, имеет специфичную структуру и характерные для нее флорогенетические процессы. Необходимость исследования урбанофлоры определяется тем, что в этом типе антропогенно трансформированных флор «сосуществуют» разные типы флор (флоры агрофитоценозов, техногенных экотопов, окультуренные флоры, и др.). Поэтому изучение урбанофлор позволяет моделировать процессы антропогенной трансформации флоры. Так, например, в городах процессы натурализации заносных видов несколько опережают таковые в сельской местности и в малоизмененных природных территориях. Поэтому поведение адвентивных видов в городе можно расценивать как своеобразный «прогноз» их инвазионной активности на остальной территории того или иного региона [6, 12].

Влияние антропогенных факторов постоянно усиливается, что приводит к возникновению нового типа антропогенной трансформации флоры – урбанофлоры, которая, по мнению ряда авторов, имеет общие черты формирования в различных природно-климатических зонах [3]. Вместе с тем существуют разные точки зрения на степень общности характеристик структур флор, формирующихся в различных природно-климатических условиях. Обсуждаются зональные особенности флорогенетических процессов, которые происходят во флорах, выдвигаются гипотезы о вкладе природно-климатических и антропогенных факторов в развитие урбанофлор. С одной стороны, формирование флор происходит при доминирующем воздействии антропогенных факторов, которые сглаживают зональные различия между ними за счет сходства адвентивной и апофитной фракций флор. С другой, рассматривая урбанофлоры на глобальной географической шкале, нельзя не отметить контрастность природно-

климатических условий, которые, несомненно, будут оказывать воздействие на фитобиоту. Анализ зональных особенностей формирования урбанофлор проводился рядом исследователей [3, 6, 7]. При этом полученные разными авторами результаты и построенные пространственные модели формирования урбанофлор не всегда совпадали [9, 16, 17]. Необходимо отметить, что авторами обычно используются традиционные методы сравнительной флористики, фитоценологии и, в Западной Европе, – фитосоциологии. Поэтому нами была предпринята попытка анализа флористических данных с помощью методов многомерной статистики, которые позволяют визуализировать многочисленные данные по флорам, провести их сравнительный статистический анализ и выделить факторы, влияющие на их структуру.

Целью данного исследования было изучение влияния зональных и антропогенных факторов на формирование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были списки урбанофлор европейской части России и Украины [1, 2, 4, 5, 8, 9, 15]: Донецка, Луганска, Славянска, Мариуполя, Кривого Рога, Ужгорода, Каменец-Подольского, Нетешина, Нижнего Новгорода, Мурманска, Брянска, Воронежа, Петрозаводска, Олонца, Пудожа, Медвежьегорска, Сегежи, Костомукши, Мурманска. Для сравнительного анализа использовались также собственные данные [10, 11] по различным типам антропогенно трансформированных флор, формирующихся вдоль урбанистических градиентов Белгородской городской агломерации.

В нашем исследовании использовались: традиционные методы сравнительной флористики для анализа структур флор и статистические методы исследования: метод построения максимального корреляционного пути [14], сравнение флор с помощью коэффициентов сходства Жаккара (при анализе полных списков урбанофлор) и ранговой корреляции Кэндэлла (при анализе систематической структуры урбанофлор, формализованной в рангах семейств). Они дают возможность сравнить флоры, визуализировать их взаимоотношения и с помощью факторного анализа выделить факторы, дифференцирующие флоры вдоль различных градиентов в факторном пространстве. Для этого, по методу Т.С. Чибрик [13], были получены коэффициенты Жаккара по всем изученным урбанофлорам. Корреляционная матрица коэффициентов Жаккара или Кэндэлла помещалась в факторное пространство для анализа и визуализации данных. Данные анализировались с помощью современных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel XP, Statistica 4.7, Statistica 6.0.

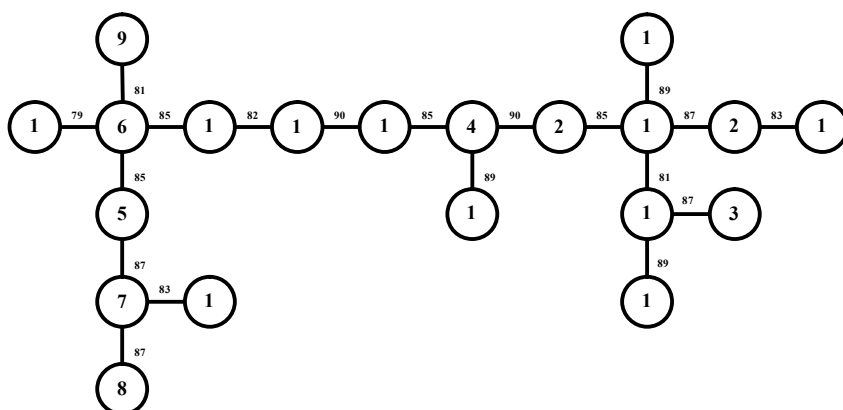
Результаты и обсуждение

Для изучения систематической структуры урбанофлор анализировались спектры ведущих семейств в урбанофлорах различных географических территорий. Дендрит, отражающий взаимосвязи изученных систематических структур урбанофлор, был построен по методу максимального корреляционного пути (рис. 1). Его анализ не позволяет нам сделать какие-либо важные выводы о степени взаимосвязи таксономических структур, поскольку многие флоры связаны друг с другом опосредованно, через другие. Поэтому достаточно сложно провести оценку степени сходства флор, удаленных на дендрите друг от друга. Использование этого метода для наших целей недостаточно информативно.

Изучение спектров ведущих семейств анализируемых урбанофлор с помощью факторного анализа позволяет нам визуализировать общую картину их взаимосвязей (рис. 2). При этом исследование полных списков урбанофлор методом факторного анализа приводит к получению похожих результатов (рис. 3). На диаграммах 2 и 3 видно, что вдоль первого фактора флоры городов расположились в зависимости от их географической широты.

В левой части диаграммы находятся урбанофлоры, формирующиеся на Украине. Они достаточно четко сгруппированы и образуют кластеры, связанные по регио-

нальному признаку: урбанофлоры Донецкой области, Кривого Рога, «западно-украинские» урбанофлоры). В правой части размещены «северные урбанофлоры».



7 – Луганск, 8 – Славянск, 9 – Мариуполь, 10 – Ужгород, 11 – Каменец, 12 – флоры техногенных экотопов юго-востока Украины, 13 – Нетешин, 14 – Воронеж, 15 – Олонец, 16 – Петрозаводск, 17 – Пудож, 18 – Медвежьегорск, 19 – Сегежа, 20 – Костомукша. Цифры у линий – значения коэффициентов ранговой корреляции Кендэлла (ноль целых везде отброшен)

Рис. 1. Дендрит («максимальный корреляционный путь»), связывающий наиболее сходные по систематической структуре флоры городов: 1 – Белгород, 2 – Нижний Новгород, 3 – Мурманск, 4 – Брянск, 5 – Донецк, 6 – Кривой Рог, 7 – Луганск, 8 – Славянск, 9 – Мариуполь, 10 – Ужгород, 11 – Каменец, 12 – флоры техногенных экотопов юго-востока Украины, 13 – Нетешин, 14 – Воронеж, 15 – Олонец, 16 – Петрозаводск, 17 – Пудож, 18 – Медвежьегорск, 19 – Сегежа, 20 – Костомукша. Цифры у линий – значения коэффициентов ранговой корреляции Кендэлла (ноль целых везде отброшен)

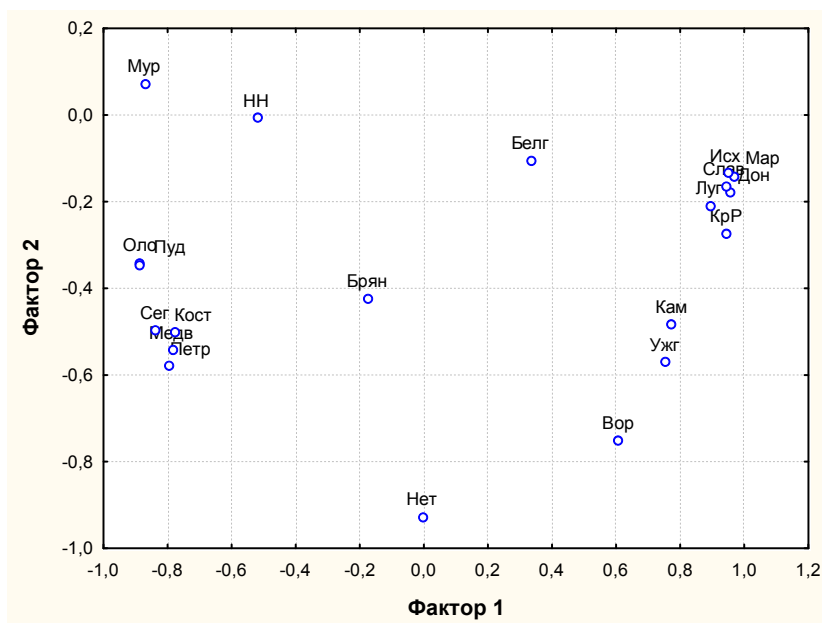


Рис. 2. Расположение систематических структур урбанофлор 10-ти ведущих семейств в факторном пространстве (диаграмма построена на основе использования коэффициентов Кэнделла): Мур – Мурманск, Сег – Сегежа, Кост – Костомукша, Медв – Медвежьегорск, Петр – Петрозаводск, Пуд – Пудож, Ол – Олонец, Нет – Нетешин, Кам – Каменец-Подольский, Вор – Воронеж, Ужг – Ужгород, Луг – Луганск, КрР – Кривой Рог, Мар – Мариуполь, Слав – Славянск, Д – Донецк, Бря – Брянск, НН – Нижний Новгород, Белг – Белгород

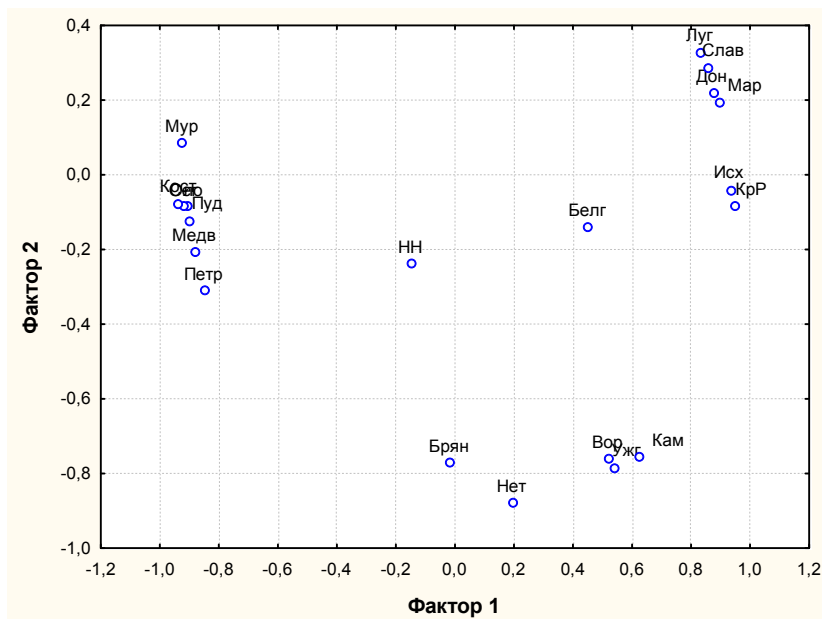


Рис. 3. Расположение урбанофлор в факторном пространстве двух факторов (диаграмма построена на основе использования коэффициентов Жаккара): Мур – Мурманск, Сег – Сегежа, Кост – Костомукша, Медв – Медвежьегорск, Петр – Петрозаводск, Пуд – Пудож, Ол – Олонец, Нет – Нетешин, Кам – Каменец-Подольский, Вор – Воронеж, Ужг – Ужгород, Луг – Луганск, КрР – Кривой Рог, Мар – Мариуполь, Слав – Славянск, Д – Донецк, Бря – Брянск, НН – Нижний Новгород, Белг – Белгород

Анализ нагрузок (табл. 1), которые вкладывают урбанофлоры в формирование первого статистического фактора, позволяет трактовать его как широтный, зональный фактор. По отношению к нему урбанофлоры объединились в группы в факторном пространстве: «донецкие степные», «западно-украинские», «среднерусские», «северные». Исследование структур урбанофлор городов Белгорода, Воронежа, Нижнего Новгорода свидетельствует о том, что их сближение происходит за счет сходства жизненных форм, входящих в их состав видов.

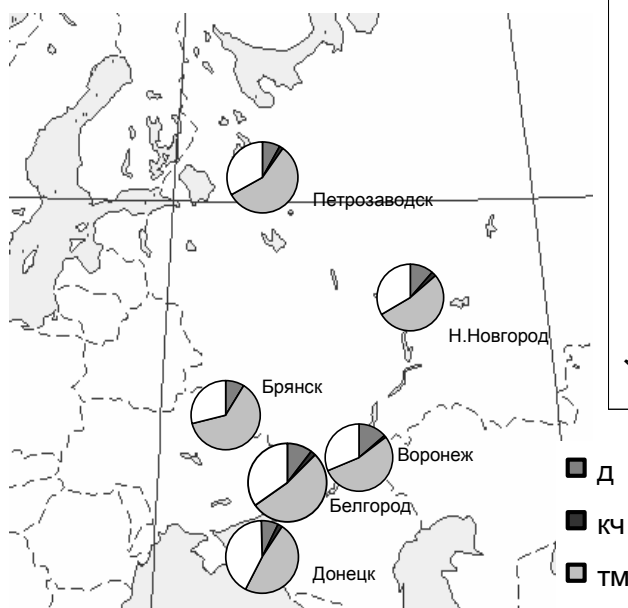
Таблица 1
Факторные нагрузки на изученные урбанофлоры

Урбанофлора	Фактор 1	Фактор 2
Белгород	0,33185	-0,104034
Нижний Новгород	-0,52154	-0,005700
Мурманск	-0,87073	0,074031
Брянск	-0,17624	-0,422124
Донецк	0,95275	-0,177313
Кривой Рог	0,94217	-0,272348
Луганск	0,89476	-0,208705
Славянск	0,94142	-0,164689
Мариуполь	0,96789	-0,139429
Ужгород	0,75203	-0,568667
Каменец-Подольский	0,77157	-0,483769
Нетешин	-0,00550	-0,925466
Воронеж	0,60699	-0,749502
Олонец	-0,88688	-0,340736
Петрозаводск	-0,79431	-0,579209
Пудож	-0,88763	-0,344056
□ Медвежьегорск	-0,78590	-0,542577
Сегежа	-0,83937	-0,495355
Костомукша	-0,78024	-0,501635

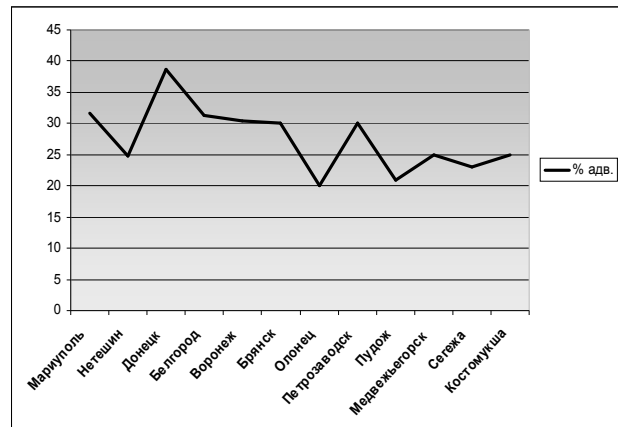
Примечание: жирным шрифтом выделены значимые нагрузки, вносимые урбанофлорами в статистический фактор

рования вне зависимости от действия зональных факторов.

Таким образом, исследование урбанофлор по сходству таксономической структуры и по полным спискам флор с помощью факторного анализа свидетельствует о том, что природно-климатические факторы играют существенную роль в формировании различий между ними. Вместе с тем, изучение структур урбанофлор различных географических территорий по жизненным формам (рис. 4) подтверждает значимость влияния антропогенных факторов. Спектры жизненных форм в различных природно-климатических условиях похожи. Несмотря на то, что количество адвентивных видов в спектре флор закономерно снижается в урбанофлорах в направлении с юга на север, общее их количество остается достаточно высоким и характерным для этого типа антропогенной трансформации флоры. Эти данные подтверждают точку зрения об урбанофлоре как некоем универсальном типе антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты форми-



а)



б)

Рис. 4. Соотношения жизненных форм (а) и количество адвентивных видов (б) в урбанофлорах различных географических территорий: д – деревья и кустарники, кч – кустарнички, полукустарники и полукустарнички, тм – травянистые многолетники, то – однолетники и двулетники

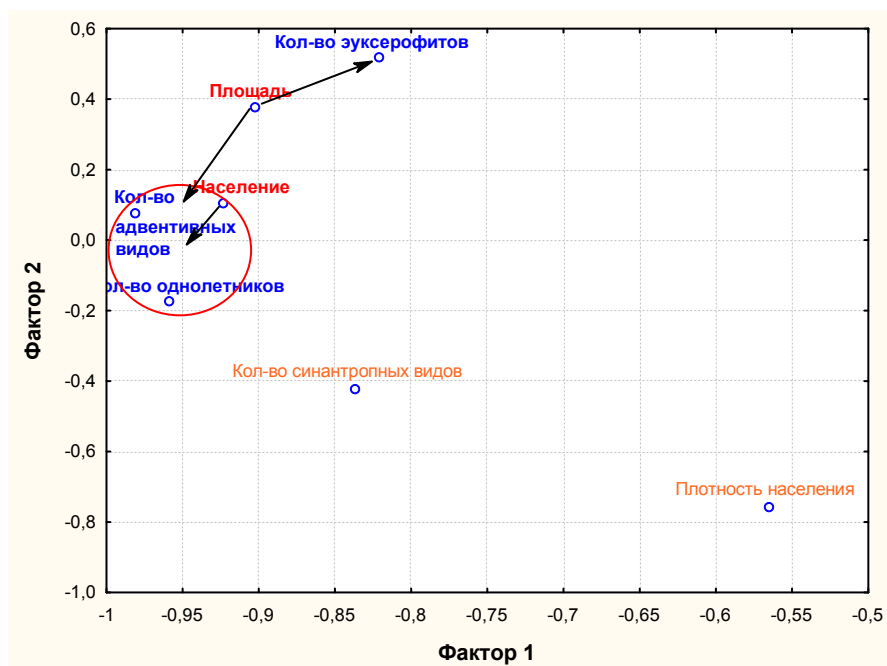


Рис 5. Факторный анализ, визуализирующий взаимодействие антропогенных факторов и некоторых характеристики структур урбанофлор

Сопряженный анализ и визуализация характеристик урбанофлор и городов в факторном пространстве позволил сделать интересные выводы (рис. 5). Факторные нагрузки свидетельствуют о том, что наиболее важными для формирования структур урбанофлор факторами по изученным характеристикам являются население городов и занимаемая ими площадь. Именно эти характеристики оказывают наибольшее влияние на количество адвентивных видов и однолетников в урбанофлорах.

Количество эуксерофитов в урбанофлорах различных географических территорий также зависит от площади города, что связано, очевидно, с количеством подходящих для них местообитаний (рис 5). Количество населения города оказывает меньшее влияние на произрастание в урбанофлоре эуксерофитов, чем его площадь. Изученные характеристики антропогенно трансформированных флор в малой степени связаны с плотностью населения. Это, по-видимому, объясняется тем, что площадь и население городов находятся в прямой зависимости с количеством и разнообразием местообитаний и свободных экологических ниш в них, которые пригодны для произрастания растений.

Заключение

Исследование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях европейской части России и Украины позволяет говорить о том, что их сложение происходит при взаимодействии природно-климатических и антропогенных факторов, степень влияния которых различна. Влияние природно-климатических факторов существенно выше, в случае, если флоры формируются вдоль широкого градиента условий среды. Наиболее важными из рассмотренных природных факторов, которые оказывают влияние на формирование структур урбанофлор являются широтный фактор, несомненно связанный с температурными условиями и нормой осадков. Вместе с тем изучение структур урбанофлор различных географических территорий по жизненным формам подтверждает значимость влияния антропогенных факторов. Спектры жизненных форм в различных природно-климатических условиях похожи. Несмотря на то, что количество адвентивных видов в спектре флор закономерно снижается в урбанофлорах в направлении с юга на север, общее их количество остается достаточно высоким и характерным для этого типа ан-

тропогенной трансформации флоры. Эти данные подтверждают точку зрения об урбанофлоре как некоем универсальном типе антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты формирования вне зависимости от действия зональных факторов.

Важными антропогенными факторами, которые влияют на формирование структур урбанофлор, являются население городов и занимаемая ими площадь. Именно эти характеристики оказывают наибольшее влияние на количество адвентивных видов и однолетников в урбанофлорах. Количество населения города оказывает меньшее влияние на произрастание в урбанофлоре эуксерофитов, чем его площадь. Изученные характеристики антропогенно трансформированных флор в малой степени связаны с плотностью населения. Это, по-видимому, объясняется тем, что площадь и население городов находятся в прямой зависимости с количеством и разнообразием местообитаний и свободных экологических ниш, пригодных для растений.

Исследования поддержаны грантом Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», ГК № 16.740.11.0053 от 01.09.2010.

Список литературы

1. Р.І. Бурда Анотований список флори промислових міст на Південному сході України. – Донецьк: Б. в., 1997. – 49 с.
2. Антипина Г.С. Урбанофлора Карелии. – Петрозаводск, 2002. – 200 с.
3. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Наукова думка, 1991. – 168 с.
4. Григорьевская А.Я. Флора города Воронежа. – Воронеж, 2000. – 200 с.
5. Губарь Л.М. Урбанофлора южной части Малого Полесья: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Киев, 2006. – 20 с.
6. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края): Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. – С.-Пб., 1993. – 36 с.
7. Ишбирдин А.Р. Эколого-географические закономерности формирования синантропных флор и растительности селитебных территорий России: Дисс... д-ра биол. наук. – М., 2001. – 294 с.
8. Кагало О.О., Скiбiцька Н.В., Любiнська Л.Г., Гузiк Я., Протопопова В.В., Шевера М.В. Судиннi рослини м. Кам'янець-Подiльський // Бiорiзноманiття Кам'янця-Подiльського. Попереднiй критичний iнвентаризацiйний конспект рослин, грибiв i тварин / За ред. О.О. Кагало, М.В. Шевери, А.А. Леванця. – Львiв: Лiга-Прес, 2004. – С. 82-134.
9. Панасенко Н.Н. Флора города Брянска. – Брянск: РИО БГУ, 2009. – 136 с.
10. Тохтарь В.К., Фомина О.В., Петин А.Н., Шевера М.В., Губарь Л.М. Сравнение урбанофлор различных природно-климатических зон методом факторного анализа. // Проблемы региональной экологии. – 2009. – №1. – С. 27-30.
11. Фомина О.В., Тохтарь В.К. Исследование структуры урбанофлоры Белгорода // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2010. - № 21 (92), вып. 13. – С. 28-32.
12. Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. – С-Пб.: Наука, 1998. – 328 с.
13. Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях. – Свердловск: Изд-во Ур. ун-та, 1991. – 220 с.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: ЛГУ, 1980. – 176 с.
15. Protopopova V., Shevera M. A preliminary checklist of the urban flora of Uzhgorod. – Kiev: Phytosociocentre, 2002. – 68 p.
16. Sukopp H. On the early history of urban ecology in Europe // Preslia. – 2002. – Т. 74 (4). – P. 373-393.
17. Wittig R., Diesing D., Godde M. Urbanophob - urbanoneutral - urbanophil: Das Verhalten der Arten gegenüber dem Lebensraum Stadt // Flora. – 1985. – Bd. 177. – P. 265-282.

PECULIARITIES OF URBANOFLOTA FORMATION UNDER DIFFERENT NATURAL AND ANTHROPOGENOUS CONDITIONS: FACTOR ANALYSIS AND VISUALIZATION OF DATA

V.K. Tohtar

O.V. Fomina

Belgorod State National Research University

Pobedy-St. 85 Belgorod, 308015, Russia

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Study of urbanofloras, formed under the different natural and anthropogenous conditions of the European part of Russia and Ukraine by the factor analysis method allows to establish that the floras structure depends on the interaction of the natural-and-climatic and anthropogenous factors the degree of influence of which varies. The most important natural-and-climatic factors influencing urbanoflora structure is the latitudinal factor, closely connected with temperature conditions and precipitation norm. Among anthropogenous factors which impact urbanofloras structure the factors of the size of a city and quantity of its population are identified. Action of these factors leads to deleting of borders among the florae caused by natural-and-climatic factors according to adventive and apophyte fractions similarity of urbanofloras. These data confirm the point of view on urbanoflora as on a certain universal type of anthropogenous transformation of flora characterized by common features of formation and similarity of florogenetic processes. The features determined, in a greater degree, by anthropogenous factors.

Key words: urbanoflora, natural-and-climatic, anthropogenous factors, the factor analysis.