

В.К. Тохтарь

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРУПП В ЛОКАЛЬНОЙ ФЛОРЕ СТАЦИОНАРА ПО ИЗУЧЕНИЮ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

антропогенная трансформация флоры, агрофитоценозы, структура, динамика, визуализация данных

Введение

В настоящее время в мире практически не осталось природных флор, не подвергшихся в той или иной мере антропогенному воздействию [1, 10]. Антропогенная трансформация растительного покрова затрагивает все территории, где в той или иной степени проявляется деятельность человека. Особенное значение в последнее время приобретает исследование биоразнообразия агроэкосистем, поскольку закономерности функционирования и особенности взаимодействия их компонентов все еще до конца не раскрыты [10–12].

На юго-западе Среднерусской возвышенности, который мы рассматриваем в пределах административных границ Белгородской области (Россия), сохранилось не более 15 % природных территорий. В этих условиях растительный покров подвергся существенной антропогенной трансформации, закономерности которой изучены недостаточно. В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства особую роль в формировании региональных флор играют флоры агрофитоценозов, отнесенные Р.И. Бурдой к одному из типов антропогенной трансформации флоры [1–3].

Цель и задачи исследований

Целью исследования было выявление особенностей формирования флоры агрофитоценозов в модельных экотопах на территории стационара на юго-западе Среднерусской возвышенности.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были эколого-ценотические группы флоры агрофитоценозов в модельных агроландшафтах, расположенных в юго-восточной части Белгородской области, Красногвардейского района, северо-западнее г. Бирюч, на территории стационара, где проводилось изучение ландшафтных систем земледелия.

Район исследования расположен в степной зоне и относится к Потуданьско-Тихососненскому природно-территориальному комплексу. Среднегодовая величина испаряемости на 140 мм превышает сумму осадков (ГТК – 0,8–0,9). Засухи средней интенсивности наблюдаются каждые 3–4 года. В этих условиях на склонах балок и залежах, имеющих возраст более 10–12 лет, формируются зональные ковыльно-разнотравные степные сообщества.

До начала освоения на стационаре ландшафтной системы земледелия с закреплением рабочих участков лесными полосами его видовое разнообразие соответствовало уровню видового разнообразия залежи, а на некоторых участках – растительности поля. Посадка контурных лесополос, мероприятия по сплошному облесению участков, наиболее опасных в эрозионном отношении, привело к существенным изменениям видового разнообразия в пределах территории стационара.

При полевых исследованиях фитобиоты применяли методики маршрутного флористического обследования с полевой документацией, сбором гербария и последующей критико-систематической камеральной обработкой собранного материала. При изучении видового

разнообразия флорокомплексов и растительных сообществ применяли морфолого-эколого-географический метод. Научно-теоретической базой критического анализа видового состава была монотипическая концепция вида как географической расы. Этот подход позволяет более точно отразить специфику небольшой по объему региональной или локальной флоры.

В основе всех использованных в нашем исследовании методов лежат методы сравнительной флористики, позволяющие оценивать флоры и флорокомплексы, формирующиеся в различных экологических условиях [1, 4, 5, 7, 8]. При сборе материала были сделаны геоботанические описания растительного покрова своеобразных микроэкотопов и типичных ландшафтов, которые обследовались в пределах изученных объектов.

Данные сравнивали методом, предложенным ранее для изучения флор техногенных отвалов [9]. Суть этого метода состоит в расположении сравниваемых корреляционных матриц, полученных на основе коэффициентов Жаккара, в факторном пространстве, что позволяет визуально оценить степень их сходства и различия, выделить статистические факторы и нагрузки, вносимые в их формирование эколого-ценотическими группами. Для визуализации данных использовали методы многомерной статистики: анализ главных компонент и кластерный анализ. Данные обрабатывали с помощью современных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel XP, Statistica 4.7, Statistica 6.0.

Изучение флоры, формирующейся в пределах стационара, в 2003 г. и критический анализ ее структуры, проведенный в 2012 г., позволили нам выявить особенности и тенденции формирования фитобиоты в условиях изученных агроландшафтов.

Результаты исследований и их обсуждение

До начала освоения на стационаре ландшафтной системы земледелия с закреплением рабочих участков лесными полосами в 2003 г. его видовое разнообразие соответствовало уровню видового разнообразия залежи. Посадка контурных лесополос, мероприятия по сплошному облесению участков, наиболее опасных в эрозионном отношении, и видовое разнообразие растительности стационара привели к ряду изменений во флоре. Нами отмечено резкое возрастание видового разнообразия растительного покрова и его дифференциация в зависимости от условий экотопов.

Для изучения особенностей формирования флоры агрофитоценозов, как одного из выделенных нами в регионе типов антропогенно трансформированных флор, был проведен сравнительный анализ эколого-ценотических групп флор в 2003 г. и 2012 г. в пределах экотопов стационара.

Согласно нашим данным, в 2003 г. на изучаемой территории насчитывалось 92 вида из 27 семейств [6]. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в дубовой лесной полосе старшего возраста, которая прилегает вплотную к участку естественного леса.

В результате исследований, проведенных нами в 2012 г., в модельном агрофитоценозе насчитывалось 246 видов высших сосудистых растений (на 8,3 % больше по сравнению с 2003 г.), относящихся к 161 роду и 48 семействам. За годы наблюдений нами выявлено 19 новых видов. В основном это сорные и адвентивные виды: *Amaranthus retroflexus* L., *Polygonum aviculare* L., *Filago arvensis* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Portulaca oleracea* L. и др. На участках сплошного облесения и в дубовой лесополосе выявлены редкие для региона *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. f., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Platanthéra bifolia* (L.) Rich., *Convallaria majalis* L. В дубовой лесополосе ранее не были отмечены *Galium odoratum* (L.) Scop., *G. ruthenicum* Willd., *Veronica chamaedrys* L., *Linaria vulgaris* Mill., *Melampyrum nemorosum* L., *Urtica dioica* L., вместе с тем здесь исчезли *Falcaria vulgaris* Bernh., *Aegopodium podagraria* L., *Asarum europaeum* L., *Borago officinalis* L. В молодых лесополосах в 2012 г. появились *Galium aparine* L., *Verbascum lychnitis* L., *Veronica chamaedrys*, *Urtica dioica* L. Более не были отмечены в этих условиях *Sonchus arvensis* L., *Echium vulgare* L., *Stellaria holostea* L. На залежных территориях ранее не отмечали *Galium aparine*, *G. mollugo* L., *Veronica spicata* L., *Odontites vulgaris* Moench и др. Исчезли *Matricaria inodora* L., *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit., *Onobrychis arenaria* (Kit.) Ser.

Установлено, что за изучаемый период времени с 2003 г. по 2012 г. β -разнообразие фитобиоты исследованной территории повысилось на 8,3 %, а α -разнообразие в молодых лесополосах и при сплошном облесении повысилось до 22,1 %.

На участках степной растительности выделены следующие растительные сообщества: пырейно-типчаково-разнотравное, кострецово-разнотравное, шалфейно-кострецово-разнотравное, ракитниково-кострецово-разнотравное.

В овражно-балочном комплексе преобладают формации безостокострецовая, вейниковая, пырейная, шалфейная, ракитниково-разнотравная. Из сопутствующих видов здесь доминируют: *Poa pratensis* L., *Trifolium repens* L., *Vicia cracca* L., *Bromus arvensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Medicago falcata* L., *Securigera varia* (L.) Lassen., *Salvia verticillata* L., *Lathyrus pratensis* L. Наибольшим числом видов представлены семейства: Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Lamiaceae, Brassicaceae. Остальные семейства имеют небольшое число видов.

Опушечно-лесные виды встречаются в основном в лесополосах и на участках сплошного облесения, а также единично или небольшими отдельными группами в межполосном пространстве. Луговая и лугово-степная растительность доминирует в овражно-балочном комплексе на участках естественных сенокосов и пастбищ. На сильно эродированных склонах встречаются кальцефильные виды.

Наибольший интерес вызывает сравнение между сообществами, сформированными в старой лесной полосе закладки 1947 г. и системой лесных полос, заложенных на пашне после 1981 г. в ходе последующих мероприятий при освоении ландшафтной системы земледелия и межполосного пространства, отведенного под возделывание сельскохозяйственных культур (табл. 1). Обращает на себя внимание очень высокий коэффициент сходства (KJ) между молодыми лесополосами и межполосным пространством (KJ=0,74), тогда как сравнение молодых лесополос и межполосного пространства со старой лесополосой дает значение KJ в пределах 0,42–0,46 [6]. Флорокомплексы рудерально-сегетальной растительности агроценозов формируются в пределах полей, на которых выращиваются зерновые (см. табл. 1).

Таблица 1. Распределение видов растений модельного участка по эколого-ценотическим группам флорокомплексов в 2003 г. и 2011 г.

Эколого-ценотическая структура флоро-комплексов	Годы исследования	Количество видов растений в различных местообитаниях					
		дубовая лесополоса	молодые лесополосы	залежь	поля пшеницы	сплошное облесение	овражно-балочный комплекс
Лесной	2003	23	11	2	0	16	4
	2012	23	11	2	0	16	4
Лугово-степной	2003	22	5	15	4	13	39
	2012	24	8	18	5	14	43
Луговой	2003	15	7	8	3	9	22
	2012	15	8	9	3	9	24
Степной	2003	16	13	23	6	13	53
	2012	16	18	25	6	13	54
Сорно-рудеральный	2003	17	18	22	9	7	23
	2012	17	18	24	12	8	24
Сорно-сегетальный	2003	17	10	17	11	5	15
	2012	18	12	19	14	6	15
Опушечно-лесной	2003	14	5	5	2	16	17
	2012	14	6	5	2	16	17

Сообщества лесополос и овражно-балочного комплекса обеспечены почвенной влагой лучше степных сообществ. Большинство произрастающих здесь растений – мезофиты. Ксерофиты и ксеромезофиты, имея большую долю участия видов в травостое (41,58 %), характеризуются меньшим числом особей и меньшим проективным покрытием. Они, в основном, располагаются на участках в средних частях и вершинах склона.

Близость лесополос оказывает влияние на распределение жизненных форм растений всего стационара в целом. На залежных участках в межполосном пространстве отмечается семенное возобновление древесной растительности (вяз мелколистный, клен ясенелистный, ясень зеленый, клен татарский) и ее размножение вегетативным способом (робиния лжеакация). Наиболее сильно возобновление древесной растительности происходит на залежах в микропонижениях и водотоках, имеющих наибольшую влагообеспеченность. Здесь древесная растительность эффективно конкурирует с травянистой.

Отсутствие использования участков естественных кормовых угодий приводит к постепенному прогрессирующему закустариванию, что на фоне общего увеличения видового разнообразия снижает хозяйственную ценность сенокосов и пастбищ. Кустарники (около 5,7 % от всего количества жизненных форм) представлены такими видами, как ракитники русский и австрийский, виды шиповника, бересклет бородавчатый, б. европейский. Они встречаются спорадически по всей территории.

Многолетние травы составляют самую многочисленную группу – 81,0 %. В укосах злаки составляют от 11,1 до 25,0 % по массе абсолютно сухого вещества, бобовые – 16,5–42,1 %, остальная фитомасса приходится на разнотравье.

Проведенные нами сравнительный факторный и кластерный анализы сходства структур флорокомплексов по эколого-ценотическим группам растений Красногвардейского стационара в 2003 г. и 2012 г. свидетельствуют об их незначительных различиях, произошедших во времени. Факторный анализ позволяет визуализировать эти изменения. Меньше всего по эколого-ценотическим группам изменились флорокомплексы, сформированные в дубовых лесополосах, и на залежах. Наибольшие изменения по структуре флорокомплексов произошли в молодых лесопосадках и в пределах пшеничных полей (рис.).

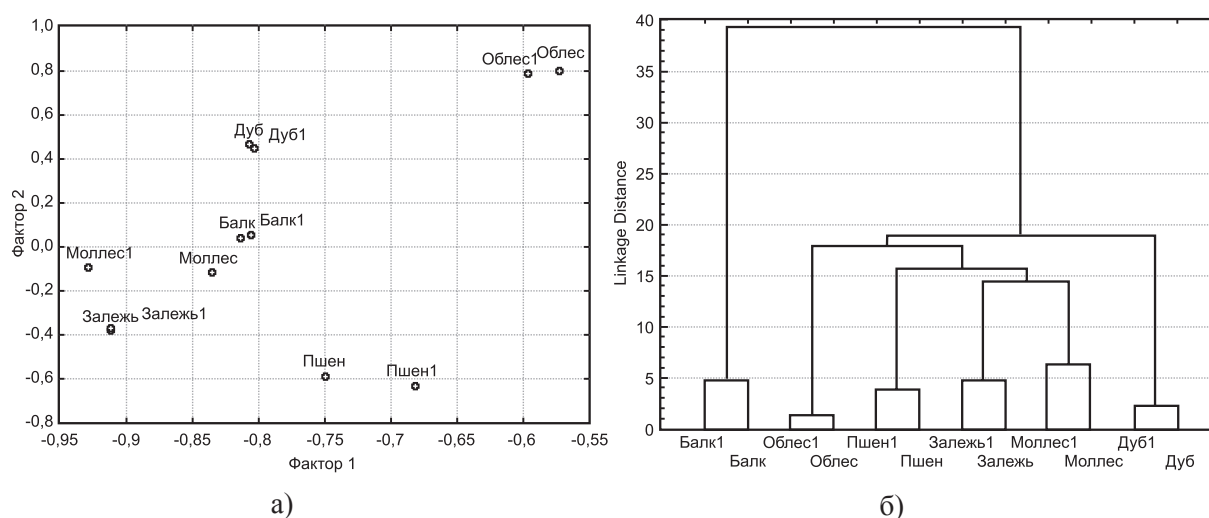


Рис. Сравнительный факторный (а) и кластерный анализы (б) сходства структур флорокомплексов по эколого-ценотическим группам растений модельной агроэкосистемы в Красногвардейском районе в 2003 г. и 2011 г.

Условные обозначения: Дуб – дубовые лесополосы, Моллес – молодые лесополосы, Пшен – поля пшеницы, Облес – сплошное облесение, Балк – овражно-балочный комплекс. Группы, отмеченные «1», характеризуют их состояние в 2012 г., остальные – в 2003 г.

Факторные нагрузки приведены в таблице 2. Из рисунка видно, что дифференциация флорокомплексов по эколого-ценотическим группам происходит вдоль второго статистического фактора, который можно трактовать как фактор различия между древесно-кустарниковой растительностью и травянистыми сообществами.

Таблица 2. Факторные нагрузки, вносимые эколого-ценотическими группами

Эколого-ценотические группы	Статистический фактор 1	Статистический фактор 2
	нагрузки	
2003 г.		
Дубовые лесополосы	-0,806952	0,463755
Молодые лесополосы	-0,835299	-0,112783
Залежь	-0,912219	-0,377432
Поля пшеницы	-0,749491	-0,587731
Сплошное облесение	-0,573022	0,798201
Овражно-балочный комплекс	-0,81362	0,041587
2012 г.		
Дубовые лесополосы	-0,813623	0,041587
Молодые лесополосы	-0,804263	0,447314
Залежь	-0,911487	-0,372570
Поля пшеницы	-0,682660	-0,629434
Сплошное облесение	-0,911418	0,783769
Овражно-балочный комплекс	-0,806612	0,052903

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что основным фактором, определяющим различия между флорокомплексами, которые происходят во времени, являются различия между экотопическими условиями, в которых они формируются. Изучение формирования во времени различных эколого-ценотических групп свидетельствует о том, что наибольшие изменения в структуре флорокомплексов произошли в молодых лесопосадках и в пределах пшеничных полей. Дифференциация флорокомплексов по эколого-ценотическим группам происходит вдоль фактора различия между древесно-кустарниковой растительностью и травянистыми сообществами.

Выводы

Таким образом, исследования локальной флоры, формирующейся в пределах стационара по изучению различных систем земледелия с помощью традиционных методов анализа и визуализации данных, свидетельствуют о том, что видовой состав растений не только увеличился, но и качественно изменился с течением времени. Результаты исследований показали, что внедрение ландшафтных систем земледелия способствует увеличению биологического разнообразия антропогенно сформированных агроландшафтов. К культурам, выращиваемым в севооборотах до освоения ландшафтных систем земледелия, добавляется древесно-кустарниковая растительность, формирующая лесные полосы. Кроме того, в травянистом покрове лесных полос отмечено 92 вида из 27 семейств [6].

Использование факторного анализа позволило установить, что различия, произошедшие во флорах в период с 2003 г. по 2012 г. обусловлены в первую очередь формированием специализированных групп растений во вновь созданных в ходе испытания ландшафтных систем земледелия экотопах: лесополосах, полях, эродированных склонах. Очевидно, именно этот фактор является наиболее важной причиной, способствующей дифференциации во времени флорокомплексов

в пределах изученных территорий. Наибольшим сукцессионным статусом, по результатам наших исследований, обладают сеgetальные сообщества пшеничных полей, в которых важную роль играют сорные и адвентивные виды.

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2013 год (проект № 5.2614.2011).

1. **Бурда Р.И.** Антропогенная трансформация флоры / Раиса Ивановна Бурда. – Киев: Наук. думка, 1991. – 169 с.
Burda, R.I., *Antropogennnaya transformatsiya flory* (Anthropogenous Flora Transformation), Kiev: Naukova Dumka, 1991.
2. **Бурда Р.И.** Биологическое разнообразие фитобиоты в антропогенно преобразованных ландшафтах (проблема и опыт изучения) / Р.И. Бурда // Ботаника и микология на пути в третье тысячелетие. – Киев: Изд-во Института ботаники им. Н.Г. Холодного, 1996. – С. 119 – 126.
Burda, R.I., Biodiversity of Phytobiota in Anthropogenous Transformed Landscapes (A Problem and an Experience of Studying), in *Botanika i mikologiya na puti v tretie tysyacheletie* (Botany and Mycology on the Way to the Third Millennium), Kiev: Izd. Instituta botaniki N.G. Kholodnogo, 1996, pp. 119–126.
3. **Бурда Р.И.** Критерии адаптации региональной флоры к антропогенному влиянию / Р.И. Бурда // Матер. 4-го раб. совещ. по сравнит. флорист. – СПб., 1998. – С. 260–272.
Burda, R.I., *Kriterii adaptatsii regionalnoi flory k antropogennomu vozdeistviyu: Mater. 4-go rab. soveshch. po sravnit. florist.* (The Criteria of Regional Flora Adaptation to the Anthropogenic Influence: Proc. 4th Workshop on Comparative Floristics), St. Petersburg, 1998, pp. 260–272.
4. **Ильминских Н.Г.** Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края): автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра биол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаника» / Н.Г. Ильминских. – СПб, 1993. – 36 с.
Iliminskikh, N.G., Florogenesis in Urban Environments (on example of the towns in Viatka-Kama region), *Extended Abstract of Doc. Sci. (Bot.) Dissertation*, St. Petersburg, 1993.
5. **Ишбирдин А.Р.** Эколого-географические закономерности формирования синантропных флор и растительности селитебных территорий России: дис. на соискание уч. степени д-ра биол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаника» / А.Р. Ишбирдин. – М., 2001. – 294 с.
Ishbirdin, A.R., Ecological and Geographical Formation Patterns of Synanthropic Flora and Vegetation in the Residential Areas of Russia, *Doc. Sci. (Bot.) Dissertation*, М., 2001.
6. **Котлярова Е.Г.** Динамика растительного покрова агроландшафтов модельных территорий красногвардейского стационара Белгородской области / Е.Г. Котлярова, В.К. Тохтарь, В.И. Чернявских, Е.В. Думачева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: www.science-education.ru/109-9427 (дата обращения: 29.10.2013).
Kotliarova, Ye.G., Tokhtar, V.K., Cherniavskikh, V.I., and Dumacheva, E.V., The Vegetation Dynamics of Agricultural Landscapes in Model Areas of Krasnogvardeiskii Study Plot in Belgorod Region), In *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* (Contemporary Problems of Science and Education), 2013, no. 3. <http://www.science-education.ru/109-9427>. Cited 29.10.2013.
7. **Протопопова В.В.** Синантропная флора и пути ее развития / Вера Викторовна Протопопова. – Киев: Наук. думка, 1991. – 204 с.
Protoporova, V.V., *Sinantropnaya flora i puti eio razvitiya* (Synanthropic Flora and the Ways of Its Development), Kiev: Naukova Dumka, 1991.
8. **Тохтарь В.К.** Прогнозирование формирования флор техногенных экотопов в степной зоне / В.К. Тохтарь // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – № 15 (86). – 2010. – Вып. 12. – С. 13–19.
Tokhtar, V.K., Prognosticating the Florae Formation in Steppe Technogenous Ecotopes, *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennon universiteta. Seriya Estestvennye nauki* (Scientific Reports of the Belgorod State University, Nature Science Series), 2010, vol. 12, no. 15 (86), pp. 13–19.
9. **Чибрик Т.С.** Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях / Т.С. Чибрик, Ю.А. Елькин. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. – 220 с.
Chibrik, T.S., and Elkin, Yu.A., *Formirovanie fitotsenozov na narushennykh promyshlennostiye zemliakh* (Formation of Plant Communities in Disturbed Industrial Land), Sverdlovsk: Izd. Ural. Univ., 1991.
10. **Benton, T.G.**, Vickery, T.G., and Wilson, J.D., Farmland Biodiversity: Is Habitat Heterogeneity the Key? *Trends Ecol. Evol.*, 2003, vol. 18, pp. 182–188.

11. **Moonen, A.C.** and Bärberi, P., (Functional Biodiversity: An Agroecosystem Approach, in *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, vol. 127, nos. 1–2, pp. 7–21.
12. **Bambaradeniya, C.N.B.**, and Amarasinghe, F.P., Biodiversity Associated with the Rice Field Agro-ecosystem in Asian Countries: A Brief Review, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2003. http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Working_Papers/working/WOR63.pdf.

Белгородский государственный
национальный исследовательский университет

Получено 12.09.2013

УДК 581.9(470.325)

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ОСНОВНИХ ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНИХ ГРУП
У ЛОКАЛЬНІЙ ФЛОРИ СТАЦІОНАРУ ПО ВИВЧЕННЮ ЛАНДШАФТНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НА ПІВДЕННОМУ ЗАХОДІ СЕРЕДНЬОРУСЬКОЇ ВИСОЧИНИ
В.К. Тохтарь

Белгородський державний національний дослідний університет

Дослідження флори, що формується в межах стаціонару по вивченню різних систем землеробства, за допомогою традиційних методів аналізу і візуалізації даних методами багатовимірної статистики, свідчать про те, що видовий склад за десять років не лише збільшився, але і змінився за складом. Встановлено, що відмінності, які відбулися у флорі в період з 2003 по 2012 роки, зумовлені в першу чергу формуванням спеціалізованих груп рослин у новоутворених в ході випробування ландшафтних систем екотопах.

UDC 581.9(470.325)

RESEARCH OF FORMATION FEATURES OF THE MAIN ECOLOGICAL-AND CENOTYPICAL GROUPS
IN LOCAL FLORA OF PERMANENT ESTABLISHMENT ON STUDY OF LANDSCAPE SYSTEMS
IN THE SOUTHWEST OF CENTRAL RUSSIAN UPLAND
V.K.Tokhtar

Belgorod State National Research University

Researches of the flora which is forming within a special learning plot on studying of various systems of agriculture by means of traditional methods of the analysis and data visualization (using multi-dimensional statistics), testify that the specific structure not only increased, but also changed eventually over the last decade. It is established that the distinctions which occurred in flora over the period from 2003 to 2012, were caused first of all by formation of specialized groups of plants in again created, during tests of landscape systems of agriculture, ecotopes.