

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНВАЗИИ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**В.К. ТОХТАРЬ,
С.А. ГРОШЕНКО**

*Белгородский государственный
университет*

e-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

В статье проведен анализ проблемы распространения и успешности инвазии адвентивных видов растений. Отмечены наиболее сложные методологические вопросы, требующие системного анализа данных. Увеличение количества заносных видов, найденных в Белгородской области в последнее время делают эту проблему достаточно актуальной. Предложены наиболее перспективные методы исследования адвентивных видов для выявления закономерностей их распространения. К ним, в первую очередь, относятся методы многомерной статистики, позволяющие выявить и визуализировать абиотические и биотические факторы, влияющие на успешность инвазии в регионе.

Влияние неаборигенных организмов на флору, фауну и, в целом, на общество приобретает глобальное значение, поскольку в настоящее время проблемы, связанные с их распространением в мире, могут быть решены лишь на международном уровне. Локальные меры не могут принести позитивные результаты и требуют усилий международных организаций. Экспансия неаборигенных организмов происходит вне всяких границ. О важности решения вопросов распространения и инвазий адвентивных видов свидетельствует их обсуждение на конференции ООН, посвященной сохранению биологического разнообразия по проблемам устойчивого развития (Рио-де-Жанейро, Бразилия, 1992). В последнее время эти вопросы обсуждались на конференциях разного ранга, а также на многочисленных специальных форумах по фитоинвазиям: «Biological pollution: the control and impact of invasive exotic species» (1993), «Harmful non-indigenous species in the United States» (1993), «Plant Invasions. General aspects and special problems» (1995), «International conference on the ecology of invasive alien plants» (1997), «Biological invasions of ecosystems by pests and beneficial organisms» (1997), «Plant invasions: studies from North America and Europe» (1997), «Адвентивная и синантропная флора России и стран ближнего зарубежья: состояние и перспективы» (Ижевск 2006) и других. Формирование адвентивных фракций флор различных регионов приводит к сближению флор, развивающихся в различных природно-климатических условиях.

Актуальность изучения неаборигенных видов определяется тем, что они являются либо хозяйственно-ценными либо вредными инвазийными видами, вытесняющими местные аборигенные [1, 2]. Занос антропохорных видов в различные регионы и их дальнейшая натурализация способствуют перестройке естественного хода флорогенеза.

По оценкам экспертов ущерб от инвазий адвентивных видов растений в мировом масштабе составляет миллиарды долларов ежегодно. Степные виды растений становятся агрессивными сорняками-захватчиками территорий в прериях США, и, наоборот, американские виды, занесенные в Европу, вытесняют редкие, исчезающие и реликтовые виды [3, 4, 5]. Занос и распространение чужеродных видов несет прямую угрозу существованию местных видов, а потери урожая от сорных видов, многие из которых являются адвентивными – составляют от 9-ти до 19-ти процентов.

Усиление антропогенного воздействия на растительный покров приводит к постепенному стиранию естественных границ между экологически своеобразными флорами различных природных зон [6, 7, 8]. Именно поэтому в последнее время возникло большое количество как государственных, так и негосударственных организаций, которые занимаются развертыванием и координацией исследований, созданием механизмов эколого-экономического регулирования, законодательной основы, просветительских программ и мер по контролю и мониторингу инвазий адвентивных видов.

В настоящее время в США практически все штаты разработали местные планы действий и мониторинга распространения заносных видов, которые должны стать основой для общегосударственной программы. Указом Президента США Б. Клинтона



на (Executive order of 02 February 1999) было выделено около 28 млн. долларов на предотвращение инвазий, их контроль и создание Межведомственного совета по инвазийным видам (Interagency Species Council). Необходимость принятия подобных решений в глобальном масштабе диктуется интенсификацией процессов интерконтинентальных миграций во всем мире.

Материалы и методика

В настоящее время ученые, исследующие процессы успешности миграций адвентивных видов растений используют широкий арсенал традиционных методов ботаники, начиная от морфологических и заканчивая классическими методами генетического анализа.

Однако в научных публикациях последних лет происходит упорядочивание используемых методов и выделение нескольких основных направлений, которые формируют определенные парадигмы со своей методологией и арсеналом методов. Это приводит к стандартизации исследований, имеющих одну и ту же структуру, методы и, порой, похожие выводы и заключения. Использование этих методов обусловлено в первую очередь развитием и появлением новых научных приборов, разработок и программного обеспечения. Это, все более широко применяемые, статистические методы исследования, методы космического мониторинга, GIS – технологии, новейшие методы анализа генетических маркеров. Их использование определяется главной задачей этого направления в ботанике – выявить закономерности миграции и инвазии различных неаборигенных организмов, построить прогнозную модель распространения видов, в том числе хронологическую и экологическую (то есть обусловленную этими двумя факторами) и достичь практических результатов по предотвращению и контролю биологических инвазий.

Одним из наиболее распространенных и перспективных практических методов, успешно используемых экологами в последнее время, является поиск природных врагов-фитофагов из нативного ареала конкретного вида растения [9]. Считается, что именно отсутствие естественных врагов в местах заноса адвентивных видов приводит к бесконтрольному распространению и натурализации занесенных в новые локалитеты видов. Поэтому совместные международные исследовательские проекты ботаников и зоологов по поиску таких перспективных для борьбы с адвентивными видами методов являются наиболее финансируемыми в настоящее время в США и Западной Европе.

Несомненно, что все эти методы позволяют гораздо глубже проникнуть в суть вопроса, установить новые факты и механизмы, касающиеся распространения адвентивных видов. Вместе с тем, данные, полученные этими методами, нуждаются в правильной трактовке и существенно зависят от уровня «классической» подготовки специалиста-ботаника. Поэтому, несмотря на некоторую стандартизацию и специализацию методов исследования, наметившуюся в последнее время, изучение миграций адвентивных видов требует поиска новых возможностей для анализа закономерностей и предотвращения распространения опасных адвентивных и карантинных видов в новые местообитания.

Результаты и их обсуждение

Наиболее важной теоретической задачей в исследовании адвентивных видов является прогнозирование экспансии конкретного вида, успеха его инвазии и создание предпосылок для управления процессами миграций растений с целью сохранения биоразнообразия.

На решение этих задач направлены усилия ученых США, Англии, Германии, Дании, Голландии, Чехии, Польши. Их работа финансируется в пределах специальных правительственных программ и грантов. В последнее время исследование проблемы миграций адвентивных видов в мире проводится в следующих направлениях: изучение философских аспектов распространения адвентивных видов; прикладные исследования вредных карантинных видов с целью контроля их распространения, в том числе сорных видов; экология отдельных видов и история их распространения; изучение процессов видообразования и микроэволюционных явлений, которые сопровождают миграции растений в новые местообитания; исследование особенностей инвазий и натурализации адвентивных видов и их адаптивного потенциала в новых условиях произрастания; поиск и изучение биологических врагов заносных видов.

Результаты изучения процессов адвентизации растительности (внедрения в ее состав заносных видов) подтверждают теоретическую платформу современной экологии – отрицание всеобщих законов. В разных экологических условиях и в разном мас-

штабе пространства и времени различные признаки адвентивных видов играют разную роль, а потенциал инвазibility сообществ в разных условиях определяется сочетанием разных абиотических и биотических барьеров. Выявление синдрома "идеального адвентивного вида" и "идеального инвазивного сообщества" или выведение алгоритма процесса внедрения инвазивного вида в сообщество затруднено, а получаемые результаты часто противоречивы. Закономерности адвентизации растительного покрова проявляются достаточно четко в глобальном масштабе.

Признаки, способствующие внедрению вида в новое для него сообщество, определяются достаточно легко, однако до сих пор не был выявлен какой-либо один или несколько общих для всех видов признаков, которые бы детерминировали успешность инвазии. При этом в разных условиях конкретные преимущества видам дают совершенно разные признаки. Иногда вид успешно расселяется благодаря всего лишь одному признаку, а виды, которые обладают почти всем набором таких признаков, оказываются неспособными к инвазии и не приживаются в новых условиях. В итоге адвентивная флора любого региона весьма разнообразна. Основные составляющие признака инвазивности – репродуктивная сфера. Закрепиться на новой территории могут только виды с эффективной системой размножения. Анализ типа опыления, семенной продуктивности, размера семян, роли вегетативного размножения, пластичности, отношения к фитофагам, стратегии и различных функциональных параметров видов лишь подтверждает отсутствие четких общих закономерностей для оценки и прогнозирования распространения адвентивных видов.

Несмотря на высокий технологичный уровень современных методов, используемых при изучении адвентивных видов, полученные с их помощью результаты требуют правильной интерпретации. В случае с применением генетических маркеров следует отметить, что при анализе генов методами амплификации, как правило, изучается лишь ограниченный набор генов, который не может репрезентативно представлять весь генотип. Любой морфологический, особенно диагностический признак таксона является результатом деятельности тысяч генов и, вполне вероятно, несет гораздо большую информацию о виде, нежели незначительное количество обычно анализируемых с помощью современных методов генетических маркеров. Таким образом, несмотря на общепринятость и «моду» на применение методов ПЦР-анализа с применением различных генетических маркеров необходимо крайне осторожно относиться к интерпретации полученных результатов. Классический морфологический анализ так же как и опыт и знания специалиста-систематика не может быть полностью заменен этими современными методами.

В ходе изучения адвентивных видов в пределах флор, развивающихся в техногенных экотопах Европы, были опробованы как традиционные методы флорогенетического анализа, так и методы многомерной статистики, в частности, дискриминантный, факторный анализ, анализ главных компонент, анализ соответствий и анализ соответствия канонических корреляций [5]. Использовались также оригинальные методы визуализации данных структур флор и процедуры классификации флор. Данные обрабатывались с помощью современных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel XP, Statistica 4.7, Statistica 6.0, Canoco for Windows 4.02, CanoDraw 3.1., CanoPost 1.0. Использование методов многомерной статистики позволило выявить характерные черты и основные факторы, детерминирующие распространение адвентивных видов в различных антропогенно трансформированных экотопах. Установлено, что применение методов многомерной статистики для изучения крайне мозаичных, антропогенно трансформированных флорокомплексов, имеет явное преимущество перед другими классическими методами анализа флор и их адвентивных элементов. Последний дает лишь возможность общей оценки систематической, экологической, эколого-ценотической структуры адвентивной флоры. Такой подход позволяет говорить только об общих тенденциях в формировании адвентивных элементов флор и, часто, не является эффективным для выявления причин, механизмов, факторов и закономерностей изучаемых видов растений. Именно поэтому, по нашему мнению, следует внедрять и широко использовать комплекс методов многомерной статистики. Эти методы не только достаточно точно аппроксимируют мозаичные, неоднородные данные о крайне динамичных и нестабильных антропогенно трансформированных флорокомплексах, но и дают возможность проводить успешный поиск статистических факторов, влияющих на формирование адвентивных флорокомплексов и характер распространения инвазивных видов. Впоследствии



статистические факторы могут быть отождествлены с комплексом биологических, экологических и антропогенных факторов.

Использованные для изучения адвентивного элемента флоры статистические методы многомерного анализа, некоторые из которых были разработаны впервые [5], позволяют получить комплексную информацию о характере распространения конкретного вида вдоль широтного и долготного градиентов, выявить основные факторы, детерминирующие распространение конкретного вида, установить закономерности миграций и степень инвазивности различных жизненных форм в зависимости от природно-климатической зоны, выявить экологические ниши видов, определить морфологические различия географически обособленных видов и формирующихся рас растений. Такой комплексный подход позволяет создавать модели развития адвентивных флорокомплексов, которые, в зависимости от целей исследования могут быть классификационными, историческими и прогностическими. Они должны строиться с учетом всего комплекса полученных с помощью использованных методов данных.

Одной из наиболее актуальных проблем современности является разработка новых способов предотвращения биологического загрязнения окружающей среды заносными растениями, которые предусматривают создание системы мониторинга окружающей среды.

Вопросы, касающиеся распространения и инвазий адвентивных видов становятся все более актуальными для Белгородской области, где в последнее время резко возросло количество заносных видов. Здесь впервые для региона отмечены: *Lolium multiflorum* Lam., *Atriplex oblongifolia* Waldst. et Kit, *Corispermum hyssopifolium* L., *Kochia densiflora* (Moq.) Aell., *Gypsophila perfoliata* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Abutilon theophrasti* Medik., *Impatiens parviflora* DC., *Polygonum bellardii* All. s str. и др.

Решение проблемы биологического загрязнения адвентивными видами требует привлечения значительных человеческих и бюджетных ресурсов в случае, если распространение вида уже произошло. Но в случае, если адвентивный вид выявлен довольно рано - он не успевает закрепиться в составе местной флоры. Для его уничтожения на этой фазе распространения не нужны те большие средства, которые используются в борьбе с уже распространенными сорняками.

Учитывая все эти факты, считаем важным и необходимым разработать концепцию эффективной региональной системы мониторинга биологического загрязнения окружающей среды. Она должна включать новейшую информацию о появлении и локалитетах первичного распространения адвентивного вида, полный анализ его биологических, экологических, морфологических особенностей, известные меры борьбы с этим видом, предполагаемые пути и способы заноса, прогноз дальнейшего распространения, данные об основных источниках заноса видов в регионе, практические рекомендации для предотвращения их распространения и разработку эффективных экспресс методов мониторинга. Специального исследования требуют сложнейшие вопросы, связанные с выделением адвентивных видов из группы аборигенных. В этом отношении важным подспорьем может стать разработка постоянно пополняемой централизованной компьютерной базы данных по адвентивным видам, которая объединена с региональными по иерархическому принципу.

Поэтому разработка эффективной сети регионального мониторинга, включающая информацию о появлении и распространении в Белгородской области потенциально опасных видов, выявление их основных мест заноса и прогнозирование инвазии конкретных видов в отдельных локалитетах, будет способствовать успешной борьбе с этими видами. Создание такой сети даст возможность не только сэкономить средства, которые теряются на борьбу с инвазийными видами, но и сохранить значительную часть урожая в будущем и позволит предотвратить распространение адвентивных видов растений в регионе.

Выводы

Опыт исследования проблемы инвазивности видов позволяет констатировать, что для раскрытия внутренних взаимосвязей между абиотическими и биотическими факторами крайне необходимо введение новейших статистических исследовательских приемов в сравнительную флористику. Это дает огромные возможности для понимания сути явлений, а не только констатирования тех или иных фактов. В этом отноше-

нии очень перспективным представляется использование методов создания экологических прогностических моделей, основанных на методах многомерной статистики.

Для углубленного изучения адвентивных флор необходимо более широкое внедрение современных методов многомерной статистики и разработка новых методов анализа на основе создания прогностических экологических моделей развития флор. Перспективность предложенных методов определяется возможностью установления взаимосвязей между флористическими данными и характеристиками окружающей среды, которые могут быть легко визуализированы. Методы факторного, дискриминантного анализа, анализа соответствия корреляций дают возможность анализировать огромные объемы неоднородных мозаичных данных с помощью современных пакетов компьютерных программ и определять главные факторы, способствующие успешности распространения и инвазии адвентивных видов.

Учитывая все изложенные в статье факты, считаем важным и необходимым разработать концепцию эффективной региональной системы мониторинга биологического загрязнения окружающей среды. Она должна включать новейшую информацию о появлении и локалитетах первичного распространения адвентивного вида, полный анализ его биологических, экологических, морфологических особенностей, известные меры борьбы с этим видом, предполагаемые пути и способы заноса, прогноз дальнейшего распространения, данные об основных источниках заноса видов в регионе, практические рекомендации для предотвращения их распространения и разработку эффективных экспресс методов мониторинга.

Список литературы

1. Тохтарь В.К. Флора техногенных экотопов и их развитие. Автореф. дис. д-ра биологических наук. – Киев: Институт ботаники, 2005. – 36 с.
2. Tokhtar V.K. Regularities of emergence, distribution and invasion of alien species in the south-east of Ukraine// 4th Int. Symp. on the Ecology of Invasive alien plants (Berlin, September, 1997). – P. 46-48.
3. Тохтарь В.К. Флора железных дорог Юго-восток Украины. Автореферат диссертации кандидата биологических наук. - Киев, 1993.-17 с.
4. Burda R.I., Tokhtar V.K. Invasion, distribution and naturalization of plants along railroads of the Ukrainian South-East// Укр. ботан. журн. - 1992. - 49, N5.- С. 14-18.
5. Tokhtar V.K. Synanthropisation of rural settlements vegetation cover by invasion of adventive species// Proc. Int. Conf. (Kosice, August, 1994).- P. 184-187.
6. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. - Киев: Наук. думка, 1991.- 169 с.
7. Тохтарь В.К., Петрик С.П. Одновременное появление адвентивных видов в разных регионах Украины // Укр. ботан. журн. – 1993. – 50, N1. – С. 110-112.
8. Тохтарь В.К. Дополнение к адвентивной флоре Юго-востока Украины// Укр. ботан. журн. – 1996. – 53, N6. – С. 687-690.
9. Tokhtar V.K., Khomyakov M.T. Symbiotic interaction of alien plant species and lower fungi in Ukraine // 3 Int. Congr. on Symbiosis (Marburg, August, 2000).- P. 219.

GLOBAL ALIEN SPECIES INVASIONS: RESEARCH PROBLEMS AND PERSPECTIVES

The analysis of invasion success and distribution of alien plant species has been done. The most complicated methodological questions, which demand system analysis of data set, are discussed. The problem of distribution of adventive species is very important for the Belgorod Region because the new alien species have been recently found there. Original experience of the problem allows to propose an effective regional monitoring system for aliens and its structure. The most perspective methods for study of alien plant distribution and their regularities as well as for prognostication of their spread have been proposed by authors. These are, first of all, methods of multivariate analysis, which give an opportunity to reveal abiotic and biotic factors affected invasion in a region.

Key words: alien species, invasion, methodological problems, methods.

**V.K. Tokhtar,
S.A. Groshenko**

Belgorod State University

e-mail: tokhtar@bsu.edu.ru