Российский фонд фундаментальных исследований
Уральское отделение Российской академии наук
Правительство Свердловской области
Министерство промышленности, науки и технологий РФ
Региональный научно-технический центр

РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС РФФИ «УРАЛ» СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Результаты научных работ, полученные за 2003 г.

Аннотационные отчеты

ЕКАТЕРИНБУРГ
2004

Вашему вниманию предлагается заключительный сборник научных отчетов по проектам, выполнявшимся в Свердловской области в рамках регионального конкурса РФФИ—«Урал» в 2001—2003 гг. по семи направлениям: математика, информатика, механика; физика и астрономия; химия; биология и медицинская наука; науки о Земле; науки о человеке, природе и обществе; создание и развитие ИВТР для фундаментальных исследований.

© Российский фонд фундаментальных исследований,
Уральское отделение Российской академии наук,
Правительство Свердловской области,
Министерство промышленности, науки и технологии РФ,
Региональный научно-технический центр.
2004 г.

Грант РФФИ «Урал» № 02-04-96434

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ УРАЛА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ФЕНОГЕНЕТИКИ

Большаков В.Н., Васильев А.Г., Евдокимов Н.Г., Васильева И.А., Захарова Е.Ю., Синева Н.В., Кузнецова И.А.

Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202.
E-mail: Vladimir.Bolshakov@ipae.uran.ru

Цель проекта. Анализ состояния наземных экосистем Урала на основе применения методов популяционной феногенетики, базирующихся на изучении нарушений морфогенеза и популяционном анализе стабильности индивидуального развития.

В рамках проекта предполагалось разработать новые теоретические подходы и технологию экспресс-оценки состояния наземных экосистем Уральского региона. Планировалось изучить

фундаментальную природу флуктуирующей и направленной асимметрии билатеральных структур при популяционном анализе проявлений внутрииндивидуальной изменчивости на примере различных групп животных и растений в естественных условиях с разной степенью антропогенной нагрузки на экосистемы.

Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта. В основу исследований в рамках данного проекта положено сочетание методов популяционно-экологического, популяционно-морфологического и феногенетического анализа.

В последние годы, как в нашей стране, так и за рубежом, после крупных достижений в области биологии развития и феногенетики резко возрос интерес к различным, в том числе эволюционным, аспектам эпигенетики. Особую роль в развитии этих представлений сыграли исследования, связанные с открытием транспозиций генома, выяснением роли метилирования ДНК в процессах эпигенетической наследственности, а также выявлением роли эпигенетических процессов в явлениях доминантности-рецессивности. В то же время в мировой практике широко обсуждается лишь связь онтогении и филогении на основе эпигенетических механизмов эволюции и их роли в морфологической диверсификации. Популяционный уровень рассмотрения при этом, как правило, традиционно остается без внимания, хотя именно он является узловым при изучении не только репаративных адаптивных откликов популяций на природные и техногенные факторы, но и связанных с ними механизмов устойчивости экосистем. Поэтому необходимость и важность разработки эпигенетических и феногенетических представлений понимания явлений развития, формирующихся на популяционном уровне, представляется нам очевидной и крайне перспективной.

Развиваемый авторами проекта подход к решению данной проблемы является принципиально новым, поскольку использует идею синхронного и синтопного популяционно-феногенетического анализа ключевых модельных видов растений и животных, характеризующих экосистемы типичных региональных ландшафтов. Такой «экосистемный» подход потенциально позволяет на основе феногенетического анализа выявить уровни дестабилизации индивидуального развития в популяциях различных видовых компонентов биоценозов, определить наиболее уязвимые элементы экосистемы и оценить ее состояние в целом. Важно и то, что такая технология позволяет выявить негативную реакцию тех или иных компонентов экосистем на техноген-

ную нагрузку. Поэтому можно заключить, что развитие целого ряда теоретических аспектов популяционной феногенетики в сочетании с решением проблем экологии сообществ, развиваемых в рамках данного проекта, носит пионерный характер и отличается высокой степенью новизны [1—6].

В настоящее время в мировой литературе по данной проблеме известно большое число работ, в той или иной степени использующих явление флуктуирующей асимметрии при оценке стабильности развития и выявлении стрессирующих факторов, влияющих на процесс морфогенеза. В России подобные исследования в области популяционной феногенетики также хорошо известны. В рамках проекта проведен детальный анализ флуктуирующей асимметрии билатеральной структуры листьев с учетом внутрииндивидуальной (метамерной) и индивидуальной компонент изменчивости показателей стабильности развития. Использованы оригинальные методические и методологические подходы к анализу неметрических пороговых признаков для модельных видов. При статистической обработке материала, наряду с рутинными подходами, используются методы многомерной статистики. Использование этих методов в их совокупности позволяет получить принципиально новые результаты при анализе механизмов устойчивости наземных экосистем Урала.

Важнейшие результаты, полученные за отчетный период. В рамках проекта были расширены возможности предложенной экспресс-технологии феногенетического анализа с использованием спектра модельных видов растений, беспозвоночных и позвоночных животных. Выполнено феногенетическое изучение коллекционного и гербарного материала по популяциям модельных видов растений и животных — важнейших компонентов наземных экосистем Урала. Проанализированы материалы из популяций индикаторных видов, населяющих заповедные территории (Висимский и Ильменский заповедники), а также зоны техногенного загрязнения в Свердловской области и участки Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Модифицированы существующие и разработаны новые методики популяционного феногенетического анализа применительно к ряду индикаторных видов позвоночных и беспозвоночных животных, а также древесных и травянистых растений. Новым решением также является применение многомерных методов геометрической морфометрии к изучению морфогенетических трансформаций структуры жилок листьев модельных видов растений.

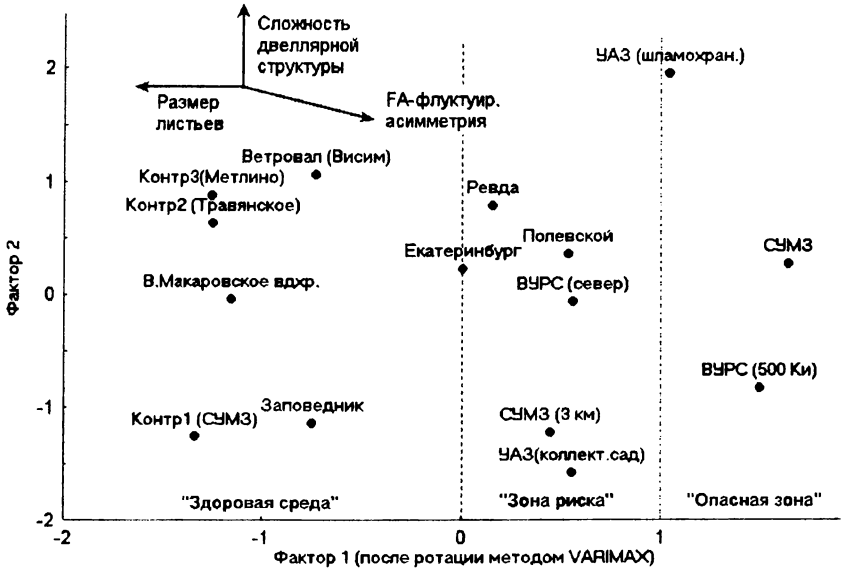

Рис. Результаты факторного анализа состояния уральских ценопопуляций березы повислой

Важные результаты были получены при проведении факторного анализа влияния техногенных поллютантов на морфогенетические процессы, включая размеро-, структуро- и формогенез листьев растений. Для решения этой задачи были изучены ценопопуляции березы повислой (*Betula pendula*) в Свердловской области (2002—2003 гг.). В качестве переменных использованы 20 метрических и 12 меристических признаков, показатели сложности дверлярной структуры и индивидуальные показатели уровня флуктуирующей асимметрии (FA). После процедуры ротации факторных осей методом VARIMAX проведена ординация изученных выборок березы (см. рис.).

На графике стрелками указаны направления изменчивости размерной и структурной переменных и индекса феногенетической дестабилизации (FA_{nm}). Анализ показывает, что слева по отношению к оси первого фактора располагаются все контрольные пробы, включая выборки заповедных территорий, характеризующиеся крупными размерами листьев и низким уровнем дестабилизации структурогенеза. Напротив, справа на графике расположены все выборки, взятые в наиболее загрязненных зо-

нах Среднего Урала (СУМЗ, ВУРС, УАЗ). Для них характерны максимальные уровни дестабилизации при резком угнетении ростовых процессов. Промежуточное положение занимают выборки березы, полученные из промышленных городов (Ревда, Полевской, Екатеринбург и др.). Поскольку низкий уровень дестабилизации билатеральных структур обычно интерпретируют как показатель обитания в «здоровой среде», то условно можно отнести первую группу контрольных проб к отрезку значений фактора, характеризующих зону «здоровой среды». Промежуточная группа выборок расположена в «зоне риска», а крайние правые пробы на графике — в зоне «опасной среды». Аналогичные эффекты получены на выборках березы пушистой, лесной земляники, рыжих муравьев, бабочек-бархатниц, лещей, малой лесной мыши в зонах техногенного и радиационного загрязнения.

Возможность практического использования полученных результатов. Созданы основы экспресс-технологии ФЕН-ЭКОТЕСТ для обеспечения регионального феногенетического мониторинга состояния наземных экосистем Урала в условиях их антропогенной трансформации, на базе использования методов популяционной феногенетики. В основе технологии лежит анализ встречаемости мелких и крупных аберраций морфогенеза, получение оценок уровня дестабилизации индивидуального развития по проявлению направленной и флуктуирующей асимметрии билатеральных структур у серии модельных видов растений и животных — важнейших компонентов наземных экосистем региона. Совместно с фирмой SIAMS разработан программный модуль «Фен-ЭКОТЕСТ», позволяющий осуществлять процедуры ввода в полуавтоматическом режиме по отсканированным оцифрованным изображениям биологических образцов. Модуль может быть использован при решении аналогичных прикладных задач оценки состояния экосистем в РФ.

Публикации по проекту

1. Евдокимов Н.Г. Колебания численности и популяционной структуры обыкновенной слепушонки (первичный анализ) // Экология, 2003. № 3. С. 234—242.
2. Васильева И.А., Васильев А.Г., Любашевский Н.М. и др. Феногенетический анализ популяций малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pall.) в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология, 2003. № 6. С. 325—332.

3. Любашевский Н.М., Стариченко В.И., Гилева Э.А и др. Новые материалы по популяционно-генетической радиоадаптации мелких млекопитающих на ВУРСе // Материалы Международной научной конференции «Экологические проблемы горных территорий» (18—20 июня 2002 г.). Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 244—249.
4. Васильев А.Г., Синева Н.В. Горные и равнинные популяции обыкновенной слепушонки на Южном Урале и в Зауралье: многомерный морфометрический анализ // Материалы Международной научной конференции «Экологические проблемы горных территорий» (18—20 июня 2002 г.) / ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 137—142.
5. Васильев А.Г., Васильева И.А., Любашевский Н.М. и др. Популяционная феногенетика малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pall.) в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа // Вопросы радиационной безопасности, 2003. № 4. С. 20—32.
6. Vasil'eva I.A., Vasil'ev A.G., Lubashevski N.M. et al. Non-metric variation in small wood mouse (*Apodemus uralensis* Pall) populations within the East Ural Radioactive Track (EURT) zone // 4th European Congress of Mammology. Brno. Czech Republic, 2003. P. 234.