

Региональный конкурс РФФИ «Урал»  
Свердловская область

**Результаты научных работ,  
полученные за 2007–2009 гг.**

Аннотационные отчеты

Екатеринбург  
2010

Российский фонд фундаментальных исследований  
Уральское отделение Российской академии наук  
Правительство Свердловской области  
Региональный научно-технический центр

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС РФФИ «УРАЛ»  
Свердловская область**

Результаты научных работ, полученные за 2007—2009 гг.

*Аннотационные отчеты*

Екатеринбург  
2010

Вашему вниманию предлагается сборник научных отчетов по инициативным проектам и проектам ориентированных фундаментальных исследований, выполнявшимся в Свердловской области в рамках регионального конкурса «РФФИ—Урал» в 2007—2009 гг., по направлениям: математика, информатика, механика; физика и астрономия; химия; биология и медицинская наука; науки о человеке и обществе; информационные технологии и вычислительные системы.

© Российский фонд фундаментальных исследований,  
Уральское отделение Российской академии наук,  
Правительство Свердловской области,  
Региональный научно-технический центр.  
2010 г.

## **РАЗРАБОТКА ОСНОВ ФЕНОГЕНЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ УРАЛА**

Большаков В.Н., Васильев А.Г., Васильева И.А.,  
Евдокимов Н.Г., Захарова Е.Ю., Чибирик М.В.,  
Синева Н.В., Баранов В.Ю., Городилова Ю.В.

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

В рамках данного проекта создается система популяционного феногенетического мониторинга с использованием различных видовых компонентов водных и наземных экосистем Уральского региона.

Цель проекта — разработка основ феногенетического мониторинга состояния наземных и водных экосистем Урала в локалитетах с разной степенью и длительностью техногенного воздействия. Феногенетический мониторинг опирается на изучение закономерностей нарушения морфогенеза в популяциях фоновых видов животных и растений, подвергшихся хроническому техногенному воздействию различной природы, и оценку стабильности индивидуального развития на популяционном уровне.

Основной задачей данного проекта является создание экспресс-технологии оценки состояния и обнаружения отдаленных морфогенетических последствий техногенных инцидентов у различных видовых компонентов наземных и водных экосистем Урала, с использованием общих закономерностей феногенетических преобразований в популяциях фоновых видов, подвергающихся хроническому техногенному воздействию. Развиваемый «экосистемный» подход использует идею синхронного и синтопного популяционно-феногенетического анализа ключевых модельных видов растений и животных, характеризующих экосистемы типичных региональных ландшафтов, включая территории и акватории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), Теченского каскада водоемов (ТКВ) и интактных экосистем-аналогов в градиентах техногенного загрязнения среды. В результате использования данного подхода становится потенциально возможным выявить уровни дестабилизации индивидуального развития в популяциях различных видовых компонентов наземных и водных биоценозов, определить наиболее уязвимые элементы экосистем и оценить их состояние в целом.

В 2009 году продолжен анализ встречаемости крупных и мелких аномалий морфогенеза и получены новые материалы об уровнях флуктуирующей асимметрии метрических, меристических и неметрических билатеральных признаков у модельных видов растений и животных на 20 ключевых площадках на территории Уральского региона, включая озерные и речные участки. На основе этих количественных данных получены групповые оценки стабильности индивидуального развития контрольных и импактных группировок модельных форм организмов. Продолжена отработка методов количествен-

ной оценки дестабилизации индивидуального развития, включая методы геометрической морфометрии, на примере ценопопуляций березы повислой и пушистой в градиенте воздействия техногенных поллютантов на экосистемы Висимского биосферного природного заповедника со стороны Кировградского медеплавильного комбината (КМК). Юстировка метода проведена в зонах техногенного влияния медеплавильных комбинатов (КМК и Среднеуральского медеплавильного завода — СУМЗ) на Среднем Урале. Для оценки уровня воздействия использовали индекс техногенного загрязнения (ИТР), характеризующий в пробах снега суммарную концентрацию 15 растворимых техногенных поллютантов.

В импактном участке СУМЗа и наиболее загрязненных локалитетах вблизи КМК усиливается дисперсия направленной асимметрии двеллярной структуры листьев для каждого листа в целом  $DA^2_R$  (дисперсия направленной асимметрии по отдельным признакам  $DA^2_C$  при этом почти не изменяется), т.е. возрастает согласованность морфогенеза двеллов внутри половин листовой пластинки, но параллельно снижается согласованность их развития на разных сторонах, поскольку дисперсии флуктуирующей асимметрии  $FA^2_R$  и  $FA^2_C$  увеличиваются. Различия проявляются и по ростовым реакциям. В зоне влияния КМК не наблюдается угнетения роста листьев, в отличие от СУМЗа. Опираясь на использование дисперсии флуктуирующей асимметрии двеллярной структуры листьев березы повислой, разработана шкала, указывающая уровень нестабильности развития отдельного дерева. Превышение критической величины  $FA^2_R = 0,40$  свидетельствует о неблагоприятных условиях морфогенеза конкретного дерева, а значения выше 0,70–0,80 — о том, что растение произрастает в зоне сильного техногенного воздействия. Разработаны аналогичные методы феногенетического анализа двеллярной изменчивости листовых пластинок для двух травянистых видов растений: земляники *Fragaria vesca* и клубники *Fragaria viridis*. Показано, что более чувствительной в феногенетическом отношении к радиационному облучению является клубника.

Основное внимание уделено изучению отдаленных феногенетических последствий техногенных выбросов уральских предприятий медеплавильной и алюминиевой промышленности, а также влияния радиоактивного загрязнения экосистем в зоне ВУРСа и ТКВ. Проведен дополнительный сбор коллекционного материала в импактных и интактных экосистемах-аналогах в популяциях 10-и фоновых модельных видов позвоночных и беспозвоночных животных, а также древесных растений (отловлено более 700 экз. грызунов и землероек, 230 экз. рыб, 1200 экз. насекомых разных отрядов, созданы и оцифрованы гербарии 1500 листьев древесных и травянистых растений). Созданы серии оцифрованных изображений нижних челюстей грызунов и насекомоядных млекопитающих, билатеральных костей рыб, крыльев чешуекрылых, двукрылых, жесткокрылых и перепончатокрылых насекомых, а также гербарных образцов листьев растений на CD для проведения морфогенетических исследований с помощью методов геометрической морфометрии. У всех объектов изучена встречаемость аномалий развития, оценены индексы флуктуирующей асимметрии билатеральных структур, а также размерные характеристики и изменчивость формы. Продолжено выявление морфогенетических реакций разных компонентов экосистем на воздействие техногенных поллютантов, оценены их адаптивные морфогенетические изменения в техногенной среде.

Завершен сбор количественных данных об оценке специфики сообществ беспозвоночных и позвоночных животных на техногенно загрязненных территориях в зоне влияния ВУРСа на Южном и Среднем Урале. Проведена индивидуальная оценка содержания фторидов у грызунов контрольных и импактных популяций на Южном Урале в зоне влияния Южно-Уральского криолитового завода (ЮУКЗ), а также изучено воздействие этого фактора на морфогенез животных. В результате исследований на основе использования методов геометрической морфометрии оцифрованных изображений частей скелета двух модельных видов грызунов выявлена значимая однонаправленная морфогенетическая реакция на уровень накопления фторидов в скелете животных. Она проявилась в сходных деформациях нижней челюсти в импактных популяциях рыжей полевки и малой лесной мыши вблизи ЮУКЗа. Завершен сбор данных о концентрации  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в в организмах ряда модельных видов грызунов и беспозвоночных животных в импактных участках ВУРСа, а также рыб в водоемах зоне влияния ВУРСа и ТКВ. Выявлены морфогенетические aberrации (фены) в строении скелета речного окуня как в контрольных водоемах, так и в импактных водоемах ТКВ. Получены доказательства исторически быстрых популяционно-феногенетических перестроек окуня при длительном изолированном обитании в условиях радиоактивного облучения в ТКВ.

Разработаны и опубликованы концептуальные основы и технология регионального феногенетического мониторинга при оценке трансформации видовых компонентов наземных и водных экосистем на примере Уральского региона. Совместно с фирмой «SIAMS-Photolab» проведены работы по развитию экспресс-технологии «ФЕН-ЭКОТЕСТ-3» для оценки состояния наземных и водных экосистем Уральского региона, основанной на использовании методов популяционного феногенетического анализа модельных видов, которая может быть рекомендована для организации феногенетического мониторинга. Полученные материалы позволят приблизиться к решению фундаментальной проблемы устойчивости наземных и водных экосистем в условиях хронического техногенного воздействия на природные ландшафты. Проект нацелен на решение фундаментальных и прикладных проблем экологии Уральского региона и Свердловской области, но его результаты могут быть использованы и в Челябинской области, а также в процессе подготовки студентов биологических специальностей уральских вузов по специальностям «Экология», «Радиобиология» и «Экотоксикология». В рамках проекта по материалам исследований подготовлено и издано университетское учебное пособие «Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения (17,4 п.л.) [1].

*Основные публикации по проекту*

1. Васильев А. Г., Васильева И. А., Большаков В. Н. Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения: Учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Уральского государственного университета, 2007. 280 с.
2. Баранов В. Ю. Анализ изменчивости неметрических признаков скелета речного окуня (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) в водоемах Уральского региона // Современное состояние водных биоресурсов: материалы Международной конференции. Новосибирск, 2008. С. 122—127.
3. Баранов В. Ю. Разнообразие формы тела речного окуня в водоемах Уральского региона // Всероссийская конференция с международным участием «Северные территории России: проблемы и перспективы развития». Архангельск, 23—26 июня 2008 г. Электронный носитель CD-Rom.

4. Васильев А.Г., Васильева И.А. Новые методы феногенетического мониторинга импактных популяций растений и животных // Экологические системы: фундаментальные и прикладные исследования. Ч. I.: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции (Нижний Тагил, 24—27 марта 2008 г.). Нижний Тагил, 2008. С. 47—52.
5. Васильев А.Г., Васильева И.А. Основы феногенетического мониторинга популяций растений и животных в антропогенно трансформированной среде // Живые объекты в условиях антропогенного пресса: материалы X Международной научно-практической экологической конференции (Белгород, 15—18 сентября 2008 г.). Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. С. 39.
6. Васильев А.Г. Популяционная мерономия и проблема визуализации эпигенетического ландшафта // XXII Люблишевские чтения. Современные проблемы эволюции: сборник докладов. Т. 2. Секция экологии и биологии. Ульяновск, 2008. С. 6—14.
7. Захарова Е.Ю. Сезонная изменчивость крылового рисунка *Erebia ligea* L. (Lepidoptera: Satiridae) на Среднем Урале // Там же. С. 30—38.
8. A.G. Vasil'ev, I.A. Vasil'eva, Yu.F. Marin, Phenogenetic monitoring of the Weeping birch (*Betula pendula* Roth.) in the Middle Urals: Testing a new method for assessing developmental stability in higher plants // Russian Journal of Ecology, 2008. Vol. 39. № 7. P. 25—31.
9. Баранов В.Ю. Изучение изменчивости неметрических признаков скелета речного окуня из загрязненных радионуклидами водоемов Южного Урала // Материалы конференции молодых ученых «Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее». Екатеринбург, 21—25 апреля 2008 г. С. 12—16.
10. Крашанинина Ю.В., Чибиряк М.В. Структура населения мелких млекопитающих Восточно-Уральского радиоактивного следа // Там же. С. 107—118.
11. Васильев А.Г. Феногенетическая изменчивость и популяционная мерономия // Журнал общей биологии, 2009. Т. 70. № 3. С. 195—209.
12. Васильев А.Г., Васильева И.А. Феногенетический мониторинг импактных популяций растений и животных в условиях антропогенного пресса // Научные ведомости Белгородского государственного университета, 2009. № 3 (58). Вып. 8. С. 5—12.
13. Захарова Е.Ю., Иванов А.В. Географическая изменчивость числа и размеров глазчатых пятен в природных популяциях *Coenonympha oedippus* (Fabricius, 1787) (Lepidoptera: Satyridae) // Вестник Томского государственного университета, 2009. № 323. С. 358—364.
14. Васильев А.Г., Васильева И.А., Городилова Ю.В., Чибиряк М.В. Динамика морфопространства и морфологического разнообразия таксоценов грызунов в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа на Южном Урале // Животный мир горных территорий. М., 2009. С. 234—239.