

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

**Региональный конкурс  
РФФИ «Урал»  
Свердловская область**

**Результаты научных работ,  
полученные за 2006 г.**

**Аннотационные отчеты**

Екатеринбург  
2007

Вашему вниманию предлагается сборник итоговых научных отчетов по проектам, выполнявшимся в Свердловской области в рамках регионального конкурса РФФИ «Урал» в 2004—2006 гг. по семи направлениям: математика, информатика, механика; физика и астрономия; химия; биология и медицинская наука; науки о Земле; науки о человеке и обществе; создание и развитие ИВТР для фундаментальных исследований.

© Российский фонд фундаментальных исследований,  
Уральское отделение Российской академии наук,  
Правительство Свердловской области,  
Министерство образования и науки РФ,  
Региональный научно-технический центр.  
2007 г.

Грант РФФИ «Урал» № 04-04-96100

**ФЕНОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТДАЛЕННЫХ  
ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИАЦИОННЫХ ИНЦИДЕНТОВ  
В ЭКОСИСТЕМАХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Евдокимов Н.Г., Васильева И.А., Захарова Е.Ю.,  
Лукьянова Л.Е., Синева Н.В., Чибиряк М.В.

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

*Цель проекта* — оценка отдаленных морфогенетических последствий радиационных инцидентов в Уральском регионе на основе феногенетического анализа состояния наземных и водных экосистем с разной степенью радиационного загрязнения, включая изучение нарушений морфогенеза и стабильности индивидуального развития в популяциях фоновых видов.

*Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта.* Развиваемый подход использует идею синхронного и синтопного популяционно-феногенетического анализа ключевых модельных видов растений и животных, характеризующих как наземные экосистемы типичных региональных ландшафтов на примере Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), так и водные — Теченский каскад водоемов (ТКВ), в градиенте радиоактивного загрязнения среды. В основу исследований в рамках данного проекта положено сочетание традиционных ме-

тодов популяционных исследований, таких как метод морфофизиологических индикаторов и методы определения возрастных и иных структурно-функциональных групп в популяциях, с новыми методами популяционно-морфологического и феногенетического анализа. Для индикации эффектов радиационного воздействия использованы методы выявления различных нарушений морфогенеза: морфогенетических аберраций и уродств. В ходе выполнения проекта авторами разработаны новые оригинальные методы многомерного анализа встречаемости неметрических пороговых признаков, основанные на использовании явлений флуктуирующей и направленной асимметрии билатеральных морфологических структур для оценки стабильности индивидуального развития. Для сравнения формы биологических объектов использованы самые современные методы геометрической морфометрии. Все расчеты выполнены на базе пакетов прикладных статистических программ, включая оригинальные авторские разработки.

*Важнейшие результаты, полученные за отчетный период.* Установлено, что концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в костях ряда модельных видов грызунов в импактных участках ВУРС'а на два порядка, а у рыб, в частности, у речного окуня в зоне ТКВ на четыре порядка выше, чем в контрольных группировках [1, 2]. Проведен корреляционный анализ между степенью радиоактивного загрязнения объектов, их видовой принадлежностью и морфофизиологическими характеристиками. Полученные результаты позволяют признать, что в поселениях грызунов разных видов (обыкновенная слепушонка, красная полевка, малая лесная мышь) на изученной территории ВУРС'а независимо от плотности загрязнения за срок, прошедший с момента Кыштымской аварии (до 135 поколений зверьков), идет почти параллельный процесс направленной перестройки эпигенетической системы импактных популяций [3, 4]. Проведена оценка стабильности развития импактных группировок модельных видов растений позвоночных и беспозвоночных животных, основанная на проявлении флуктуирующей асимметрии билатеральных структур. Показано, что флуктуирующая асимметрия, как правило, возрастает у импактных групп растений и животных, обитающих на осевой линии ВУРС'а. Наиболее отчетливо этот феномен проявился на листьях березы повислой и в строении черепа малой лесной мыши [1, 3]. На основе анализа серий оцифрованных изображений нижних челюстей грызу-

нов, тел рыб, крыльев чешуекрылых, жесткокрылых и перепончатокрылых насекомых, а также гербарных образцов листьев растений проведены морфогенетические исследования формы с помощью методов геометрической морфометрии [5, 6]. У разных групп беспозвоночных, принадлежащих разным трофическим звеньям экосистем (перепончатокрылые, жесткокрылые, чешуекрылые насекомые), выявлены небольшие, но статистически значимые морфогенетические изменения в структуре и форме крыльев, связанные с длительным обитанием насекомых на импактных участках. Методами геометрической морфометрии показано, что форма тела окуней из популяционных группировок ТКВ, подверженных длительному (около 50 лет) радиоактивному воздействию, и из контрольных водоемов существенно различается, и эти различия коррелируют с градиентом содержания  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в тканях рыб [2]. Окунь из импактной теченской популяции отличаются от контрольных группировок замедленным ростом и характерными пропорциями тела. Установлено, что более 25 % изменчивости формы тела окуня связано с обитанием в условиях хронического облучения разной интенсивности. В итоге исследований сформулирован «экосистемный» подход, потенциально позволяющий на основе феногенетического анализа выявить уровни дестабилизации индивидуального развития в популяциях ключевых видовых компонентов биоценозов, определить наиболее уязвимые элементы экосистемы и оценить ее состояние в целом, а также приблизиться к решению фундаментальной проблемы оценки устойчивости экосистем в условиях хронического радиационного воздействия [3, 7].

*Возможность практического использования.* Совместно с фирмой «SIAMS-Photolab» проведены работы по совершенствованию экспресс-технологии «ФЕН-ЭКОТЕСТ» для оценки состояния наземных экосистем в радиационной среде, которая основана на популяционно-феногенетическом анализе оцифрованных изображений фоновых модельных видов растений, беспозвоночных и позвоночных животных. Разработанный программный комплекс «ФЕН-ЭКОТЕСТ-2» повышает эффективность количественной обработки оцифрованных данных и может быть рекомендован для внедрения при проведении феногенетического мониторинга экосистем Уральского региона, подверженных хроническому радиоактивному воздействию.

### Основные публикации по проекту

1. Васильева И.А., Васильев А.Г., Чибирияк М.В. Феногенетический мониторинг популяций грызунов в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология промышленного региона и экологическое образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции (30 ноября — 1 декабря 2004 г.) Нижний Тагил, 2004. С. 135—137.
2. Баранов В.Ю., Смагин А.И., Чибирияк М.В. Исследование изменчивости формы тела речного окуня (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) из загрязненных радионуклидами водоемов методами геометрической морфометрии // Известия Челябинского научного центра, 2006. Вып. 3 (33). С. 104—108.
3. Васильев А.Г., Васильева И.А. Эпигенетические перестройки популяций как вероятный механизм наступления биоценологического кризиса // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биол., 2005. № 1(9). С. 27—38.
4. Евдокимов Н.Г. Сравнительный анализ цветковых морф полиморфной популяции обыкновенной слепушонки // Экология, 2005. № 6. С. 438—445.
5. Захарова Е.Ю., Кулакова О.И., Татаринцов А.Г. Географическая изменчивость *Coenonympha tullia* (Muller, 1764) (Lepidoptera, Satyridae) на Европейском Северо-Востоке России // Евразийский энтомологический журнал, 2006. Т. 5. № 2. С. 165—182.
6. Крашанинина Ю.В., Чибирияк М.В. Исследование особенностей нижней челюсти малой лесной мыши, обитающей в зоне ВУРСа, методами геометрической морфометрии // Экология в меняющемся мире: материалы конференции молодых ученых (24—28 апреля 2006 г.). Екатеринбург, 2006. С. 103—109.
7. Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Экологически дестабилизированная среда: влияние на население мелких млекопитающих // Экология, 2004. № 3. С. 210—217.

Всего по теме проекта за 2004—2006 гг. опубликовано 26 работ.